

**CAROLINE FERNANDA ALBUQUERQUE**

**SECAGEM INTERMITENTE DE *Lippia origanoides*: INFLUÊNCIA DO  
PROCESSO NA QUALIDADE DO EXTRATO**

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

Orientador: Evandro de Castro Melo

Coorientadores: Luís César da Silva  
Maíra C. Marques Fonseca  
Antônio P. Souza Carneiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

A345s  
2021  
Albuquerque, Caroline Fernanda, 1995-  
Secagem intermitente de *Lippia origanoides* : influência do  
processo na qualidade do extrato / Caroline Fernanda Albuquerque. -  
Viçosa, MG, 2021.  
61 f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Evandro de Castro Melo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 48-58.

1. Plantas medicinais. 2. Alecrim-pimenta. 3. Compostos  
fenólicos. 4. Antioxidantes. 5. Alecrim-pimenta - Secagem - Efeito  
da temperatura . I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de  
Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 633.88396

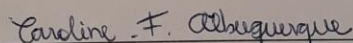
CAROLINE FERNANDA ALBUQUERQUE

SECAGEM INTERMITENTE DE *Lippia origanoides*: INFLUÊNCIA DO  
PROCESSO NA QUALIDADE DO EXTRATO

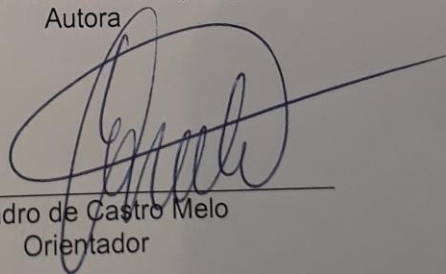
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2021.

Assentimento:



Caroline Fernanda Albuquerque  
Autora



Evandro de Castro Melo  
Orientador

*Aos meus pais e irmãs  
Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por sempre guiar e iluminar meu caminho.

Aos meus pais, Romualdo e Sirlei e as minhas irmãs Aline e Patrícia, por todo o amor, carinho, educação, apoio, confiança e por sempre me incentivarem em todos os momentos de minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) pela oportunidade de estudo, infraestrutura, corpo docente e apoio.

Ao Professor Evandro de Castro Melo, pela orientação, confiança, amizade, ensinamentos e pelas oportunidades concedidas.

A Naiara Cristina Zotti Sperotto pela ajuda, amizade e fornecimento de materiais para a execução deste experimento.

A Mariane Borges de Ávila pela paciência, apoio, confiança, amizade, orientações, observações, sugestões e conselhos que contribuíram para a efetivação deste trabalho e para meu crescimento pessoal. Além da atenção e disponibilidade sempre que solicitei e pelo manuseio de equipamentos do laboratório necessários para a materialização deste trabalho.

Aos professores e pesquisadores Maira Christina Marques Fonseca, Luís César da Silva e Antônio Policarpo de Souza Carneiro por toda a ajuda e ensinamentos.

Ao meu namorado Alfredo, por seu amor, apoio, companheirismo e paciência nesta fase de desafios e conquistas, e por sempre acreditar em mim.

Aos amigos Camilla e Cristiane pelo apoio, amizade e momentos de descontração.

A todos que, de alguma forma, colaboraram com a realização deste trabalho e que torceram por mim.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## **BIOGRAFIA**

CAROLINE FERNANDA ALBUQUERQUE, filha de Romualdo Albuquerque e Sirlei Amaro da Silva Albuquerque, nasceu em São Carlos - SP, em 12 de setembro de 1995. Em março de 2014, ingressou no curso de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados - MS. De agosto de 2016 a julho de 2017, foi bolsista de Iniciação Científica na mesma Universidade. Em março de 2019 graduou-se em Engenharia Agrícola pela UFGD. Neste mesmo mês, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, na área de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa sob orientação do Professor Evandro de Castro Melo, submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2021.

*“O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”.*

(Albert Einstein)

## RESUMO

ALBUQUERQUE, Caroline Fernanda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2021. **Secagem intermitente de *Lippia organoides*: influência do processo na qualidade do extrato.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Coorientadores: Maira Christina Marques Fonseca, Luís Cesar da Silva e Antônio Policarpo de Souza Carneiro.

*Lippia organoides* é uma espécie listada na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) muito utilizada no tratamento de resfriados, gripes, asma, bronquite, tosse, entre outros. Plantas medicinais utilizadas como matéria-prima para a indústria farmacêutica ou comercialização devem ser armazenadas até o processamento e uso. Nesse contexto, a secagem é a operação mais adequada para garantir a preservação da qualidade pós-colheita desses produtos. No entanto, este processo tem o inconveniente da possibilidade de destruição ou volatilização de componentes termos sensíveis, como os compostos fenólicos, influenciando na qualidade final do produto. Uma alternativa para minimizar esse risco é o uso de secagem intermitente, em que períodos de secagem constante e períodos de repouso são intercalados. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes relações de intermitências no rendimento de extrato bruto, no teor de compostos fenólicos totais, teor de flavonoides totais e na atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato bruto de folhas de *L. organoides*. Para isso, os ensaios de secagem foram conduzidos em esquema fatorial  $3 \times 4$  com três temperaturas do ar de secagem (50, 60 e 70 °C) e com dois métodos de secagem: secagem contínua e secagem intermitente (com três relações de intermitência entre secagem e repouso em minutos: 10/20, 15/15 e 20/10), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições cada, totalizando 36 unidades experimentais. O extrato bruto foi obtido pelo método da extração com solventes etanólicos. A quantificação dos teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais foi realizada por espectrofotometria. A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Os maiores rendimentos de extrato bruto de folhas de *L. organoides* foram obtidos mediante a aplicação da secagem com relação de intermitência 10/20 à 60 e 70 °C. Os maiores teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais foram obtidos por meio da aplicação

da secagem com relação de intermitência 10/20 à 50, 60 e 70 °C. A atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato bruto de folhas de *L. vii* originoides não foi afetada por nenhum dos procedimentos de secagem em nenhuma das temperaturas do ar de secagem avaliadas.

Palavras-chave: Plantas medicinais. Alecrim-pimenta. Compostos fenólicos. Atividade antioxidante. Temperatura.

## ABSTRACT

ALBUQUERQUE, Caroline Fernanda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2021. **Intermittent drying of lippia organoides: influence of the process on the quality of the extract.** Adviser: Caroline Fernanda Albuquerque. Co-advisers: Maira Christina Marques Fonseca, Luís Cesar da Silva and Antônio Policarpo de Souza Carneiro.

*Lippia organoides* is a species listed, listed in the (RENISUS), a list of medicinal plants of SUS's interest widely used in the treatment of colds, flu, asthma, bronchitis, cough, among others. Medicinal plants used as raw material for the pharmaceutical industry, or marketing in the form of teas, should be stored until processing and use. In this context, drying is the most appropriate operation to guarantee the preservation of the postharvest quality of these products. However, this process has the inconvenient of the possibility of destruction or volatilization of thermosensitive components, such as essential oil, influencing the product quality. An alternative to minimize this risk is the use of intermittent drying, in which periods of constant drying and rest periods are intercalated. In this way, this study had as objective evaluate the effect of different intermitente ratios on the yield of crude extract, the content of total phenolic compounds, the content of total flavonoids and the antioxidant activity of the phenolic compounds present in the crude extract of *L. organoides* of leaves. For this, drying tests were conducted in a 3 × 4 factorial scheme with three drying temperatures (50, 60 and 70 ° C) and with two drying methods: continuous drying and intermittent drying (with three intermittent relations between drying and rest in minutes: 10/20, 15/15 and 10/20), in the a completely randomized design, with three replicates, totaling 36 experimental units. The crude extract established by the method of extraction with ethanol solvents. The quantification of the contents of total phenolic compounds and total flavonoids was performed by spectrophotometry. An antioxidant activity provided by the radical capture method 2,2-diphenyl-1-picrilhhydrazyl (DPPH). The highest magnifications of crude extract of leaves of *L. organoides* were sought by applying drying with intermittent ratio 20/10 at 60 and 70 ° C. The highest levels of total phenolic compounds and total flavonoids were obtained by applying the drying in relation to intermittence 10/20 at 50, 60 and 70 ° C. The antioxidant activity of the phenolic

compounds does not present crude extract of the leaves of *L. origanoides* was not affected by any of the drying procedures in any of the evaluated drying functions.

Keywords: Medicinal plants. Alecrim-pimenta. Phenolic compounds. Antioxidant activity. Temperature.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química do flavonoide (Fonte: InfoEscola).....	23
Figura 2 – Detalhes das folhas e flores de <i>Lippia origanoides</i> (Fonte: Autora). .....	25
Figura 3 – Secadores utilizados na secagem de folhas de <i>L.origanoides</i> (Fonte: Autora). .....	31
Figura 4 – Período de repouso para a secagem intermitente das folhas de <i>L. origanoides</i> , com as repetições 1, 2 e 3 (Fonte: Autora). .....	32
Figura 5 – Folhas de <i>L. origanoides</i> secas e acondicionadas em embalagens de polietileno e envoltos em embalagens de papel Kraft, prontas para serem armazenadas (Fonte: Autora). .....	32
Figura 6 – Esquema da metodologia de obtenção do extrato etanólico bruto das folhas de <i>Lippia origanoides</i> secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora). .....	33
Figura 7 - Esquema da metodologia de quantificação de compostos fenólicos de extrato de folhas de <i>Lippia origanoides</i> secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora). .....	34
Figura 8 – Soluções de extrato vegetal de folhas de <i>Lippia origanoides</i> utilizadas para a quantificação de compostos fenólicos totais em espectrofotometria (Fonte: Autora). .....	34
Figura 9 – Esquema da metodologia de quantificação de flavonoides de extrato de folhas de <i>Lippia origanoides</i> secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora). .....	35
Figura 10 – Soluções de extrato vegetal de folhas de <i>Lippia origanoides</i> utilizadas para a quantificação de flavonoides totais em espectrofotometria (Fonte: Autora). .....	36
Figura 11 – Esquema da metodologia de determinação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes em extratos etanólicos de folhas de <i>Lippia origanoides</i> secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora). .....	37
Figura 12 – Rendimento de extrato bruto de folhas de <i>Lippia origanoides</i> em função da temperatura do ar para cada procedimento de secagem. x: temperatura do ar de secagem (°C), y: rendimento de extrato bruto, R <sup>2</sup> : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%). .....	39
Figura 13 – Curva padrão de calibração utilizada para a quantificação dos compostos fenólicos totais (A.) e flavonoides totais (B.). R <sup>2</sup> : coeficiente de determinação. ....	41
Figura 14 – Teor de compostos fenólicos totais (A.) e flavonoides totais (B.) de folhas de <i>Lippia origanoides</i> , em função da temperatura do ar para cada procedimento de secagem. x: temperatura do ar de secagem (°C), R <sup>2</sup> : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%). .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Procedimentos de secagem utilizados para a secagem de folhas de <i>L. organoides</i> .....	30
Tabela 2 – Rendimento de extrato bruto em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura. ....	38
Tabela 3 – Teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais presentes no extrato etanólico bruto de folhas de <i>L. organoides</i> em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura. ....	42
Tabela 4 – Atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato etanólico bruto de folhas de <i>L. organoides</i> em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura. ....	47

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

SUS Sistema Único de Saúde.

OMS Organização Mundial da Saúde.

RENISUS Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS.

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem.
CV	Coeficiente de variação
R <sup>2</sup>	Coeficiente de determinação ajustado

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 Plantas medicinais .....	18
2.2 Metabólitos secundários.....	19
2.2.1 Compostos fenólicos .....	20
2.2.2 Flavonoides .....	22
2.3 <i>Lippia origanoides</i> .....	24
2.4 Secagem intermitente.....	27
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
3.1 Material Vegetal .....	29
3.2 Secagem .....	30
3.3 Extrato bruto.....	32
3.4 Quantificação do teor de compostos fenólicos totais .....	33
3.5 Quantificação do teor de flavonoides totais.....	35
3.6 Atividade antioxidante .....	36
3.7 Análises estatísticas .....	37
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
4.1 Rendimento de extrato bruto .....	38
4.2 Teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais.....	40
4.3 Atividade antioxidante .....	46
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Utilizada desde os primórdios da civilização humana, as plantas medicinais, atualmente, ainda são uma das principais opções para o tratamento de diversas enfermidades. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 25% dos medicamentos prescritos em todo o mundo são derivados de plantas. Além de apresentarem menos efeitos colaterais que os medicamentos sintéticos, sua grande utilização é devido a facilidade de acesso pela população (WACHTEL-GALOR e BENZIE, 2011).

Uma das espécies vegetais com ação terapêutica é a *Lippia origanoides* Kunth. Pertencente à família Verbenaceae, a *Lippia origanoides* constitui umas das 71 espécies listadas na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) (BRASIL, 2009). De acordo com o Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira, o farmacógeno da espécie é a folha (BRASIL, 2011). Seus efeitos terapêuticos se devem à presença de compostos químicos (princípios ativos). Dentre eles, há o óleo essencial e os compostos fenólicos (BENELLI et al., 2013). Os compostos fenólicos apresentam elevado potencial antioxidante e podem ajudar na prevenção do câncer (CAO, 2001), desordens cardiovasculares, doença de Alzheimer, doença de Parkinson, catarata e diabetes (CODY et al., 1986).

A *Lippia origanoides* também têm sido muito utilizada como antisséptico tópico para o tratamento de problemas de pele e feridas; tratamento de distúrbios gastrointestinais, como dor de estômago, náuseas, indigestão e redução de gases intestinais; como anti-séptico bucal e relaxante muscular e no tratamento de resfriados, gripes, bronquites, asma e tosse (GOMES et al., 2011; PASCUAL et al., 2001; MENEZES et al., 2009; MESA et al., 2011; VERAS et al., 2012; CALPOUZOS, 1954; ARCILA-LOZANO et al., 2004; LORENZINI e MATOS, 2008).

O modo de uso de plantas medicinais mais prevalente pela população é a planta fresca ou *in natura* (RODRIGUES et al., 2011). Contudo, o fato das plantas frescas apresentarem alto teor de água e este conteúdo de água, favorecer a proliferação de microrganismos e reações enzimáticas, que deteriora a biomassa vegetal e a degrada os princípios ativos de interesse, os procedimentos de estocagem e a comercialização tornam-se inviáveis. Deste modo, com o objetivo de solucionar este problema, a secagem artificial com altas temperaturas têm sido a técnica mais

empregada para a manutenção da qualidade (MARTINAZZO et al., 2007; PRATES et al., 2012; MARTINS et al., 2015).

De acordo com Villela (1991), a secagem consiste em um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o ar de secagem e o produto úmido. O objetivo deste processo nas espécies medicinais é promover, através da redução do teor de água das plantas, a preservação dos princípios ativos e a preparação destas plantas para um armazenamento seguro e prolongado, com o intuito de atender as necessidades da indústria farmacêutica de fitoterápicos e dos programas de Farmácias Vivas (PIMENTEL et al., 2012).

Sendo a secagem artificial com altas temperaturas uma operação que demanda alto consumo energético e favorece a volatilização e/ou degradação dos princípios ativos, faz-se necessário estudar técnicas que aprimorem a transferência de calor e massa, afim de otimizar a eficiência energética e a manutenção da qualidade do produto (KOWALSKI e PAWŁOWSKI, 2011; MARTINS et al., 2015). Uma alternativa para a otimização desse processo é utilizar a secagem intermitente (KOWALSKI E PAWŁOWSKI, 2011).

A secagem intermitente trata-se de um método em que o processo de secagem é realizado em intervalos regulares de tempo (CHUA et al., 2003; KOWALSKI e PAWŁOWSKI, 2011; KUMAR et al., 2014). O tipo mais comum de intermitência é a estratégia de ligar/desligar a fonte de calor, alternando períodos de secagem com períodos de descanso (KUMAR et al., 2014). Esta estratégia permite no período de descanso, a redistribuição da água nas camadas superficiais do produto, o que reduz os gradientes de pressão de vapor e temperatura, facilitando a secagem quando o processo é retomado. A redução nesses gradientes além de promover a redução do tempo efetivo de secagem, evita o superaquecimento dos tecidos celulares, o que afeta a minimamente a qualidade dos produtos após a secagem (BARBOSA DE LIMA et al., 2015; KOWALSKI e PAWŁOWSKI, 2011).

No entanto, como as plantas medicinais são diferentes quanto ao teor de água, composição fitoquímica e morfologia, a otimização dos métodos e parâmetros de secagem para cada espécie, tornam-se ferramentas essenciais para a obtenção de uma biomassa vegetal seca de alto valor medicinal (BARITAUX et al., 1992; ORPHNIDES et al., 2015b). Pesquisas avaliando a influência da secagem intermitente na qualidade das espécies medicinais são incipientes. Portanto, o objetivo do presente estudo é avaliar o efeito da secagem intermitente sobre o rendimento de extrato bruto,

teor de compostos fenólicos totais, teor de flavonoides totais e atividade antioxidante dos compostos fenólicos totais presentes no extrato bruto de folhas de *L. origanoides* Kunth.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Plantas medicinais**

Considerada como um importante recurso terapêutico, as plantas medicinais têm sido utilizadas pela civilização humana, desde os primórdios de sua história. O consumo dessas plantas tem como base a tradição familiar (BADKE et al., 2011). As primeiras civilizações ao perceberem, empiricamente, que as plantas continham em sua essência princípios ativos com poder curativo, passaram a utilizar diversas espécies no tratamento de enfermidades. Assim, disseminou-se o conhecimento das ervas locais e de seus usos, de geração em geração (BADKE et al., 2011; CARVALHO e SILVEIRA, 2010).

De acordo com Conceição et al. (2011), planta medicinal é toda planta ou parte dela aplicada ao tratamento de um problema de saúde do homem, sendo este efeito terapêutico e sua eficácia, comprovada cientificamente. Embora a medicina moderna esteja bem estabelecida mundialmente, a busca por hábitos saudáveis e o conhecimento relacionado ao uso de plantas medicinais, encontram-se em desenvolvimento (ROSA et al., 2011). O fato destas plantas apresentarem menos contraindicações e efeitos colaterais, e de serem tão eficazes quanto os medicamentos sintéticos, têm incentivado pesquisadores e a indústria farmacêutica à investirem nas pesquisas de novos medicamentos fitoterápicos (LORENZI e MATOS, 2008).

No Brasil, tanto a flora nativa quanto a exótica, são amplamente usadas. O estado que concentra a maior produção de plantas medicinais e aromáticas é o Paraná, com destaque para camomila, gengibre, espinheira santa e menta (MONTEIRO, 2009). Apesar do país possuir a maior biodiversidade do mundo contando com mais de 20% do número total de espécies de plantas, com cerca de 55.000 espécies catalogadas, 16,5 bilhões de genes e um rico conhecimento cultural associado ao uso dessas plantas, estudos relacionados ao potencial de espécies

vegetais na síntese de novos medicamentos ainda é pouco explorado (CALIXTO, 2000; VEIGA-JUNIOR, 2008).

Entretanto, com a eficácia comprovada cientificamente de diversas espécies medicinais, o governo brasileiro passou a incentivar o uso destas plantas através da criação de algumas regulamentações (MARTINAZZO, 2006). Em 03 de maio de 2006, por meio da Portaria nº 971 (BRASIL, 2006a), o governo federal aprovou a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde (SUS). Este decreto ampliou as opções terapêuticas aos usuários do SUS para tratamentos com fitoterapia, homeopatia, acupuntura e outros que fazem parte da medicina alternativa, com garantia de acesso a plantas medicinais, a fitoterápicos e a serviços relacionados à fitoterapia, com segurança, eficácia e qualidade, na perspectiva da integralidade da atenção à saúde.

Outro incentivo foi o Decreto nº 5813, de 22 de junho de 2006 (BRASIL, 2006b), que aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Este decreto visou promover e reconhecer as práticas populares e tradicionais de uso de plantas medicinais, fitoterápicos e remédios caseiros, garantindo à população brasileira acesso seguro e uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, promovendo o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional.

Houve também, a aprovação do Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e a criação do Comitê Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, no ano de 2008. Oriundo da Portaria Interministerial nº 2960, ambos os programas abriram caminhos para a prática de pesquisas nessa área e possibilitaram a inserção de plantas medicinais, fitoterápicos e serviços relacionados à fitoterapia no SUS (BRASIL, 2008). Aliado a isso, o Ministério da Saúde criou a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS), que reúne atualmente 71 espécies com potencial medicinal (RENISUS, 2014).

## **2.2 Metabólitos secundários**

As espécies medicinais produzem compostos químicos que dividem-se em metabólitos primários e metabólitos secundários (CARVALHO e SILVEIRA, 2010). Metabólitos primários são os compostos químicos que não conferem nenhuma

atividade biológica às plantas, como por exemplo o amido, celulose, fibras e etc (KABERA et al., 2014).

Os metabólitos secundários são compostos que asseguram a sobrevivência da planta, sintetizados pela mesma mediante ação de controle genético e, ou interação da planta com o meio que a envolve, que conferem ação terapêutica das plantas sobre outros organismos vivos (SAVITHRAMMA et al., 2011). Estes compostos, em virtude da sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, disponibilidade de nutrientes, altitude, poluição atmosférica, estímulos mecânicos ou ataque de patógenos, podem estar concentrados nas raízes, rizomas, ramos, caules ou folhas (GOBBO-NETO e LOPES, 2007). Diferem dos metabólitos primários por não desempenharem um papel crucial no crescimento, desenvolvimento e reprodução da planta (CARVALHO e SILVEIRA, 2010).

Estima-se que sejam sintetizados pelo reino vegetal, milhares de centenas de metabólitos secundários diferentes (SAVITHRAMMA et al., 2011). Mediante a natureza química, esses metabólitos podem pertencer a diferentes classes: terpenoides, compostos nitrogenados, compostos acetilênicos e compostos fenólicos, dos quais, podem ser utilizados para a descoberta de novos medicamentos, aromatizantes, corantes, estimulantes e inseticidas (PAL et al., 2014; BALASUNDRAM et al., 2006; SAVITHRAMMA et al., 2011).

### **2.2.1 Compostos fenólicos**

Formados naturalmente quando a planta se encontra em situação de estresse fotossintético, sofre danos mecânicos ou é atacada por herbívoros, os compostos fenólicos representam um dos maiores grupos de metabolitos secundários produzidos pelas plantas (CHUNG et al., 2001). De acordo Balange e Benjakul (2009), os compostos fenólicos, quimicamente, são compostos caracterizados pela presença de pelo menos um anel aromático ligado à um ou mais grupos hidroxila.

Apesar dos compostos fenólicos estarem presentes em todas as partes dos vegetais, a natureza e a distribuição em quantidade destes compostos em cada uma das partes, pode ser diferente em populações de uma mesma espécie em virtude dos fatores bióticos e abióticos (TAIZ e ZEIGER, 2009). Os fatores bióticos incluem a espécie botânica, o genótipo, as diferentes partes morfológicas da planta, estágio de desenvolvimento, dentre outros. Os fatores abióticos incluem o teor de nutrientes no

solo, incidência solar, temperatura, pH do solo, disponibilidade da água, entre outros (CHUNGLONG et al. 2008; SHETTY, 2004).

Segundo Vaquero et al. (2007), os compostos fenólicos, de acordo com substituições específicas em sua estrutura básica, podem variar entre uma simples molécula fenólica à polímeros complexos de elevada massa molecular. De um modo geral, estes compostos podem ser classificados em cinco grupos principais: fenólicos simples, ácidos fenólicos, cumarinas, taninos e flavonoides (MANACH et al., 2004).

A estrutura química dos compostos fenólicos define também, suas atribuições medicinais. No corpo humano, os compostos fenólicos em virtude da riqueza de grupos hidroxilas em seu esqueleto básico e de suas propriedades de óxido-redução, apresentam elevado potencial antioxidante (DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004). De acordo com MATSUBARA e FERREIRA (1997), antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação de reações de oxidação em cadeia.

A oxidação é uma importante via para a produção de radicais livres. De acordo com MATSUBARA e FERREIRA (1997), os radicais livres são moléculas que possui um ou mais elétrons desemparelhados, altamente reativos que, no corpo humano, são capazes de atacar biomoléculas. Os radicais livres são formados durante os processos oxidativos biológicos à partir de compostos endógenos ou em circunstâncias patológicas incluindo envelhecimento, reações inflamatórias, câncer, desordens cardiovasculares, doença de Alzheimer, doença de Parkinson, catarata e diabetes (MACHADO et al., 2008).

Um das ações dos radicais livres é a peroxidação lipídica (processo pelo qual os radicais livres capturam elétrons dos lipídios nas membranas celulares). Este processo de captura de elétrons promove alteração na carga líquida da membrana celular, provocando mudanças de pressão osmótica que resultam na destruição da célula (DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004). Os radicais livres também podem provocar mudanças na expressão de genes, produção de proteínas anormais (como por exemplo, a síntese de células cancerosas) e ainda, podem agir sobre vários mediadores inflamatórios contribuindo para uma inflamação geral responsável por danos aos tecidos (DEL RIO *et al.*, 2010; POURMORAD et al., 2006; DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004; NIJVELDT, 2001). Neste sentido, quando uma molécula de

composto fenólico se depara com uma molécula de radical livre, ela doa grupos hidroxila e metila presentes em seu esqueleto básico para a molécula de radical livre (HEIM, et al., 2002). Essa doação faz com que os compostos fenólicos entrem em reação por meio de hidrogenação ou complexação com os radicais livres, inativando os ânions superóxido e o oxigênio singlete, o que neutraliza as moléculas de radicais livres (HEIM, et al., 2002; BIRT, et al., 2001).

A ação antioxidante dos compostos fenólicos também podem ajudar na prevenção do câncer. Isso ocorre porque as células fagocitárias (células essenciais no combate de infecções, que protegem o corpo através da ingestão) produzem radicais livres como parte da defesa do corpo contra a infecção (CAO, 2001). Além disso, os compostos fenólicos ainda podem atuar na proteção dos neurônios contra o estresse oxidativo, no impedimento da aglomeração de plaquetas, na estimulação da vasodilatação e secreção de insulina (DEL RIO et al., 2010; POURMORAD et al, 2006; HARBORNE et al., 2009).

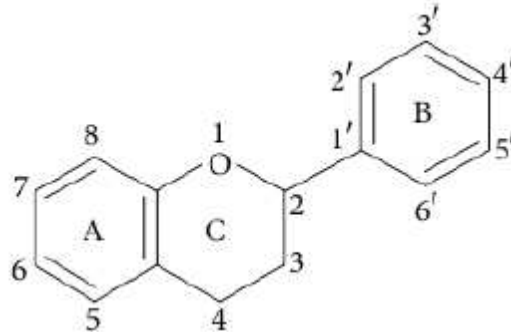
### **2.2.2 Flavonoides**

Os flavonoides pertencem a uma classe de compostos fenólicos que não podem ser sintetizados por humanos, ocorrendo somente através da ingestão dietética (BIRT, et al., 2001). De acordo com Lopes et al. (2010), os flavonoides são basicamente compostos naturais que, nas plantas, desempenham um papel fundamental na proteção do vegetal contra a incidência de raios ultravioleta, proteção contra microrganismos patogênicos, ação antioxidante, ação alelopática e inibição enzimática (SIMÕES et al., 2000; HARBORNE e WILLIAMS, 2000; HEIM et al., 2002).

A distribuição dos flavonóides nos vegetais depende de diversos fatores como a ordem e família do vegetal, bem como também, a variação das espécies. De acordo com Simões et al. (2000), os flavonoides encontrados nas folhas podem ser diferentes dos presentes nas flores, nos galhos, raízes e frutos.

Quimicamente, de acordo com Georgiev et al. (2014) os flavonoides são constituídos por quinze átomos de carbono e dois anéis aromáticos, A e B. O anel aromático A, deriva da via acetato, enquanto o anel B é sintetizado pela via

chiquimato. Ambos os anéis estão interligados via carbono heterocíclico do pirano, denominado anel C, que pode conter um grupo carbonila (Figura 1).



**Figura 1** - Estrutura química do flavonoide (Fonte: InfoEscola).

Os flavonoides, em virtude da presença de átomos de carbono em sua estrutura básica podem sofrer substituições químicas como hidrogenação, hidroxilações, metilações, malonilações, sulfonações e glicosilações (GEORGIEV et al., 2014). Estas substituições proporcionam um grau de oxidação presente no anel C e, conseqüentemente uma enorme diversidade estrutural destes compostos, agrupando-os em classes. Atualmente, mais de 6.000 flavonóides foram descritos (MARCHAND, 2002; YANG et al., 2001). Entretanto, de acordo com Georgiev et al. (2014), os flavonoides podem ser classificados como flavonóis, flavanas, flavanonas, antocianinas e isoflavonóides.

As ações terapêuticas atribuídas aos flavonoides dependem de sua estrutura química. Os flavonóis, com ênfase nas quercetinas e no caempferol, por exemplo, apresentam grande atividade medicinal. Estes dois compostos, em ação conjunta, em virtude de seu grande potencial anti-inflamatório, modulam a ação de componentes celulares envolvidos no mecanismo da inflamação, impedindo a oxidação do colesterol-LDL e a formação de placa aterosclerótica além, da redução à trombose (QUEIROZ et al. 2014; TODOROVA e TRENDALOVA, 2014). Os flavonóis, detém também, efeito anti-hipertensivo, anti-isquêmico e hepatoprotetor ao fígado, protegendo-o contra a falência induzida por isquemia-reperfusão (PIRIE et al. 2014; SHREUDER et al. 2014; DONG et al. 2013; WANG et al. 2013).

Os isoflavonóides também detém um importante potencial medicinal. Essa classe de flavonoides, além de serem grandes doadores de elétrons e apresentarem

grande ação antioxidante, estabilizam radicais livres envolvidos no processo oxidativo. Esta estabilização, diminui os danos ocasionados ao DNA e inibi a formação de várias enzimas envolvidas na formação de tumores, promovendo efeitos anti-iniciais e antipromocionais na carcinogênese de pele, mama, próstata e vários outros tipos de câncer iniciados a partir da ação de radicais livres (PAN et al. 2014; PERICLEOUS et al. 2014; YANG et al. 2013). Os isoflavonoides agem também sobre a espessura do endométrio uterino, acúmulo de gordura tecidual e colesterol HDL sendo eficiente na diminuição dos estoques de gorduras uterina e retroperitoneal, no aumento de HDL e redução da glicemia. Outros estudos relatam a atuação de isoflavonoides nos distúrbios da pós-menopausa, reduzindo o ressecamento vaginal, libido, ansiedade, dores musculares e das articulações, temperatura e doenças cardiovasculares (PERICLEOUS et al. 2014).

Exames laboratoriais e clínicos em organismos-testes, relatam também, a eficácia dos flavonoides na prevenção de doenças cancerígenas, imunológicas e cardiovasculares e ação terapêutica nos sistemas imunológico, circulatório, cardiovascular e nervoso (GEORGIEV et al. 2014). Além disso, ensaios biológicos usando combinações isoladas revelam que os flavonóides exibem uma grande ação sobre os sistemas biológicos demonstrando efeitos antimicrobiano, antiviral, antiulcerogênico, citotóxico, antineoplásico, antioxidante, antihepatotóxico, antihipertensivo, hipolipidêmico, antiinflamatório, antiplaquetário. Também demonstrou aumento na permeabilidade capilar, inibição da exudação protéica e migração de leucócitos (MACHADO et al., 2008).

### **2.3 Lippia origanoides**

Pertencente à família Verbenaceae, a *Lippia origanoides* Kunth, morfológicamente, é caracterizada como um arbusto de folhas ovaladas aromáticas e inflorescências em racemos, axilares e brancas que pode atingir até três metros de altura (Figura 2) (GARCIA-BARRIGA, 1992; VICUÑA et al., 2010).



**Figura 2** - Detalhes das folhas e flores de *Lippia origanoides* (Fonte: Autora).

Segundo De Campos et al. (2011), a família Verbenaceae compreende 36 gêneros que abrange plantas herbáceas, sub-herbáceas e árvores distribuídas em diversos países das Américas do Sul e Central e África tropical, caracterizados pela abundância de tricomas glandulares nos órgãos vegetativos e reprodutivos.

*Lippia* é um dos gêneros pertencentes a família Verbenaceae. Este gênero, possui cerca de 200 espécies de plantas aromáticas, arbustos e pequenas árvores que se destacam por sua floração atrativa, aroma forte e agradável. A maior diversidade de espécies desse gênero, encontra-se no México e no Brasil (GOMES et al., 2011). No Brasil, há aproximadamente 120 espécies que estão distribuídas, majoritariamente, na Cadeia do Espinhaço localizada nos biomas do Cerrado e Caatinga, principalmente nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará (OLIVEIRA et al., 2007).

No Nordeste do Brasil, a espécie também é chamada de alecrim-do-campo, alecrim bravo, alecrim-do-nordeste, alecrim-do-tabuleiro, alecrim-grande e estrepacavalo. Em países como o México, Guatemala, Cuba, Guiana, Venezuela e Colômbia e região norte do Brasil, essa é conhecida como alecrim d'Angola, orégano, orégano-de-monte e salva-de-Marajó (OLIVEIRA et al., 2004; PASCUAL et al., 2001). Acredita-se que, o nome *Lippia origanoides* Kunth pode ser em virtude do aroma da planta ser semelhante ao de orégano (MORAIS et al., 1972).

Alguns usos de preparações obtidas a partir de *L. origanoides* são relatados na literatura. Entre eles, está seu uso na forma de chá ou tintura das folhas, raízes ou talos por via oral ou tópica como antisséptico e antimicrobiano (ALMEIDA et al., 2010; GOMES et al., 2011). A infusão das folhas é utilizada como antisséptico por via oral e tópica no tratamento da acne, de lesões superficiais, rinite, infecções da pele, dores de estômago, cólica de bebês, indigestão, diarreia, azia, náuseas, flatulência,

corrimentos vaginais, dores de origem menstrual, febre, couro cabeludo, boca, garganta, infecções respiratórias e intestinais (LIMA et al., 2011; ZAPATA et al., 2009; FARIAS et al., 2012; MORAIS et al., 2012; MOTA et al., 2012; LEAL et al., 2003; NUNES et al., 2000).

Diversos compostos medicinais são encontrados no extrato vegetal de *L. origanoides*. De acordo com Benelli et al. (2013), foi encontrado um conteúdo de compostos fenólicos totais, expressos em equivalentes de ácido gálico, de  $6,43 \pm 0,16\%$  (extrato fluido) e de  $6,18 \pm 0,20\%$  (m/m) (extrato seco). Sivira et al. (2011), também identificaram através de um ensaio com extrato obtido a partir de folhas secas, alcaloides básicos, sais de amônio quaternário e alcaloides fracamente básicos, flavonoides, fenóis e taninos. Farias et al. (2012), à partir de screening fitoquímico, identificaram a presença de subclasses de flavonoides: flavanóis, flavanonóis, flavonas e flavanonas.

Bara e Vanetti (1988), relataram que o extrato vegetal etanólico de *L. origanoides* apresentou inibição do crescimento de *Staphylococcus aureus*, uma bactéria presente normalmente na pele e na mucosa das pessoas, principalmente boca e nariz que, quando o sistema imunológico está comprometido, pode se proliferar e atingir a corrente sanguínea, provocando a sepse, que corresponde à infecção generalizada, podendo levar à morte. Os autores também relataram efeito inibidor do extrato vegetal ao crescimento *Listeria monocytogenes* (bactéria patogénica causadora de meningite) e a *Yersinia enterocolitica* (bactéria causadora de infecções intestinais).

Fabri et al. (2011), relataram atividade antimicrobiana de extrato vegetal metanólico de *L. origanoides* contra *Bacillus cereus* (bactéria que pode causar intoxicação alimentar) sob uma concentração inibitória mínima de 78 µg/mL. Farias et al. (2012), também relataram atividade antibacteriana do extrato de alecrim-pimenta contra *Klebsiella pneumoniae*, uma das bactérias que mais causam infecções hospitalares e que mais têm desenvolvido resistência à diversos antibióticos.

Além disso, relatos na literatura também demonstram atividade antifúngica do extrato vegetal de *L. origanoides* contra *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* e *Candida parapsilosis*, espécie causadora de infecções vaginais (BETANCUR et al., 2011; FARIAS et al., 2012); ação antígenotóxica contra danos no DNA (VICUÑA et al., 2010); ação antimicrobiana contra *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa* que causam infecções no intestino, pele e garganta (RAMIREZ et al., 2009; VERAS

et al., 2012); ação contra *Corynebacterium xerosis*, *Trichophyllum rubrum* e *T. interdigitale* que causam mau cheiro nas axilas e nos pés a micoses na pele (LACOSTE et al., 1996; BORGES et al., 2012).

Testes in vitro relatam atividade gastroprotetora do uso do extrato etanólico de folhas de *L. origanoides*, administrados em camundongos por via oral (MONTEIRO, 2003). Leite (2003), relatou atividade imunomoduladora e anti-inflamatória sobre um modelo de edema de orelha em camundongos para os extratos hexânico, etanólico e aquoso das folhas de *L. origanoides*. O extrato etanólico das folhas de *L. origanoides* também apresentou atividade cicatrizante sobre um modelo de feridas por excisão cutânea quando testado em coelhos albinos (VIANA, 2011).

Para o extrato etanólico das folhas de *L. origanoides*, também foi encontrada atividade antioxidante significativa frente ao DPPH (método de captura radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil), na qual, uma mistura de flavonoides deste extrato proporcionou neutralização de 99,9% de radicais (ALMEIDA et al., 2010; VIANA, 2011). Frações contendo flavonoides obtidos do extrato etanólico de folhas e raízes de *L. origanoides* também apresentou inibição de 50% da oxidação do radical, quando testadas pelo método do sequestro do radical DPPH em comparação com a vitamina E (ALMEIDA, 2011).

O alecrim-pimenta também possui efeito acaricida contra *Tetranychus cinnabarinus* e *Tetranychus urticae* Koch (SIVIRA et al., 2011; CAVALCANTI et al., 2010); efeito inibitório no crescimento e sobrevivência do parasita causador da doença de Chagas (BORGES et al., 2012); ação moluscida contra o caramujo hospedeiro da esquistossomose *Biomphalaria glabra* (MATOS e OLIVEIRA, 1998); ação antiviral contra o vírus da febre amarela (MENESES et al., 2009); ação biológica contra amastigotas de *Leishmania chagasi* (ESCOBAR et al., 2010); ação inseticida contra *Tribolium castaneum* (CABALLERO-GALLARDO et al., 2012) e ação larvicida contra o mosquito transmissor da dengue *Aedes aegypti* (CARVALHO et al., 2003).

## 2.4 Secagem intermitente

De acordo com Goneli (2014), a secagem de plantas medicinais pode ser descrita como um processo simultâneo de transferência de calor do ar de secagem para a planta úmida e massa de água da planta para o ar de secagem. A secagem de plantas medicinais tem a função de promover, através da redução do teor de água, a

estabilização do metabolismo da planta, redução da atividade microbiana e a inativação da atividade enzimática que podem degradar os princípios ativos existentes, contribuindo para o armazenamento e a disponibilização do material vegetal durante o ano (MATTANA et al., 2015; HARBOURNE *et al.*, 2009).

Há diversos métodos de secagem, tais como secagem com ar natural, com baixas temperaturas (aquecimento do ar em no máximo até 10 °C acima da temperatura ambiente) e altas temperaturas (aquecimento do ar superior à 10 °C acima da temperatura ambiente). No entanto, de acordo com Garcia et al. (2004), os métodos de secagem podem ser classificados quanto ao uso de equipamentos (natural ou artificial), à periodicidade no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente) e à movimentação da massa de produto úmido (estacionário ou contínuo).

Segundo Villela e Peske (1997), a secagem intermitente é caracterizada pela permanência do produto a ser seco em contato com o ar aquecido por períodos curtos, intercalados com períodos de repouso (período sem exposição ao fluxo de ar aquecido). O período de repouso possibilita a redistribuição do teor de água no interior do produto a ser seco, o que reduz os gradientes de pressão de vapor e temperatura presentes no produto (VILLELA e PESKE, 1997). A redução nesses gradientes, além de promover a redução do consumo energético (pois a quantidade de água extraída, por unidade de tempo, é maior quando o processo de secagem é retomado em virtude do deslocamento do conteúdo de água do centro para a periferia do produto, durante o período de repouso), evita o superaquecimento dos tecidos celulares, o que afeta a minimamente a qualidade dos produtos após a secagem (BAUDET et al., 1999, BARBOSA DE LIMA et al., 2015; KOWALSKI e PAWLOWSKI, 2011; VILLELA, 1991).

O não superaquecimento dos tecidos celulares do produto se deve à menor exposição do produto úmido às altas temperaturas do ar de secagem. Apesar da sensibilidade ao dano térmico ser função da espécie vegetal, genótipo, teor de água, temperatura, tempo de exposição e velocidade de secagem, a causa primária do dano produzido por altas temperaturas em tecidos vegetais é a desintegração das membranas celulares. A exposição contínua do produto úmido à temperaturas do ar de secagem excessivamente altas, também podem alterar os sistemas subcelulares, incluindo cromossomas e mitocôndrias, redução de permeabilidade de membranas celulares e taxa respiratória, modificações físicas e químicas, como alteração na aparência (coloração e aroma) e possíveis perdas por volatilização de princípios ativos

termos sensíveis (AGUIRRE e PESKE, 1992; VILLELA e SILVA, 1992; BARITAUX et al., 1992; MARTINS et al., 2015).

A aplicação adequada da técnica de secagem e o conhecimento dos fatores que podem comprometer o processo de secagem, é essencial para que a biomassa produzida pela planta e suas propriedades terapêuticas possam ser preservadas e aproveitadas de forma integral e efetiva (MARTINS et al., 2015). Dentre os principais parâmetros de secagem que podem estar associados à perda de princípios ativos, encontram-se a temperatura do ar de secagem, a umidade relativa do ar externo e interno, a velocidade do ar de secagem, a taxa de secagem da biomassa, temperatura do material, o teor de água inicial e final, o sistema de secagem empregado, o tempo de residência e o fornecimento de ar aquecido.

Devido a sensibilidade de algumas espécies medicinais ao dano térmico e a importância da preservação das propriedades terapêuticas, estudos relacionados a influência do processo de secagem intermitente em diferentes espécies vegetais tem sido realizado por diversos pesquisadores: *Ocimum gratissimum* L (SOUZA et al. 2020), *L. origanoides* Kunth (SPEROTTO, 2020), *Mangifera indica* L. (VÁQUIRO et al., 2009) e *Ilex paraguariensis* (RAMALLO et al., 2010).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Material Vegetal

As plantas de *Lippia origanoides* foram cultivadas em sistema orgânico na Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa-MG/Brasil; 20° 46' 13" S; 42° 52' 23" W). A exsicata da espécie foi depositada no Herbário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) (PAMG 57975) registrada no SISGEN (AB395E2). As folhas foram colhidas entre 8 e 9 h, no mês de junho de 2019. Posteriormente estas foram homogeneizadas e armazenadas em B.O.D. a 3,5 °C, por um período máximo de 3 dias, antes do início dos ensaios de secagem.

O teor inicial de água da espécie foi determinado pelo método gravimétrico, usando 10 g do material vegetal, em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de 103 ± 2 °C, até atingir massa constante.

### 3.2 Secagem

As folhas de *L. origanoides* foram submetidos a 4 procedimentos de secagem: contínua e intermitente (com três relações de intermitência entre secagem e repouso em minutos: 10/20, 15/15 e 20/10) conforme Tabela 1. Considerou-se como período de repouso, o tempo em que as amostras ficaram fora do secador, interrompendo, portanto, sua exposição ao ar aquecido.

**Tabela 1.** Procedimentos de secagem utilizados para a secagem de folhas de *L. origanoides*.

Procedimentos de secagem	Tempo secando (min)	Tempo em repouso (min)
Secagem Contínua	Contínuo	0
Secagem Intermitente 10/20	10	20
Secagem Intermitente 15/15	15	15
Secagem Intermitente 20/10	20	10

Para cada tratamento, 350 g das folhas frescas foram secas em secadores constituídos de bandejas removíveis, de fundo telado. (Figura 3). As temperaturas do ar de secagem foram 50, 60 e 70 °C e a velocidade do ar foi de 1,0 m.s<sup>-1</sup>. A velocidade do ar de secagem foi definida a partir de testes preliminares. Os secadores possuíam sistema de aquecimento do ar por resistências elétricas (três resistências de 7,5 kW cada uma) e movimentação do ar feita por ventilador axial (48 W).



**Figura 3** - Secadores utilizados na secagem de folhas de *L.origanoides* (Fonte: Autora).

O controle da temperatura nos secadores foi automático e a velocidade ajustada manualmente, permanecendo fixa durante todo o ensaio. A medição da velocidade do ar de secagem foi realizada com o auxílio de um anemômetro digital (Prova Instruments Inc, AVM-07, New Taipei City, Taiwan), de pás rotativas. A temperatura e a umidade relativa do ar ambiente foram registradas com um termohigrômetro digital (HOBO datalogger, Onset, Bourne, USA) e a umidade relativa do ar de secagem foi obtida por meio do programa GRAPSI 7.0<sup>®</sup> (MELO et al., 2004), considerando-se razão de mistura constante durante o aquecimento para calcular as propriedades termodinâmicas desse ponto de estado.

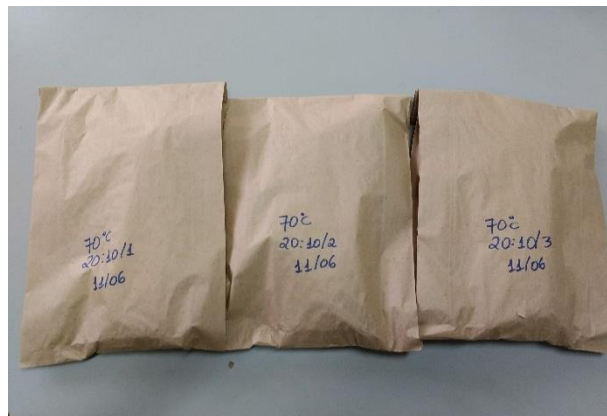
Para acompanhar a redução do teor de água, foram realizadas pesagens regulares a cada cinco minutos em balança semi-analítica e a secagem foi finalizada ao atingir a massa equivalente ao teor de água de 0,11 b.s.

A Figura 4 ilustra as folhas da espécie estudada durante os períodos de repouso dos tratamentos de secagem intermitente.



**Figura 4** - Período de repouso para a secagem intermitente das folhas de *L. origanoides*, com as repetições 1, 2 e 3 (Fonte: Autora).

Finalizada a secagem, as folhas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e envoltos em embalagens de papel Kraft (Figura 5), identificados e armazenados em temperatura ambiente, com o intuito de impedir a reabsorção de umidade, proteger da incidência de luz e, conseqüentemente, evitar a degradação dos metabólitos secundários presentes nas folhas secas da espécie medicinal.

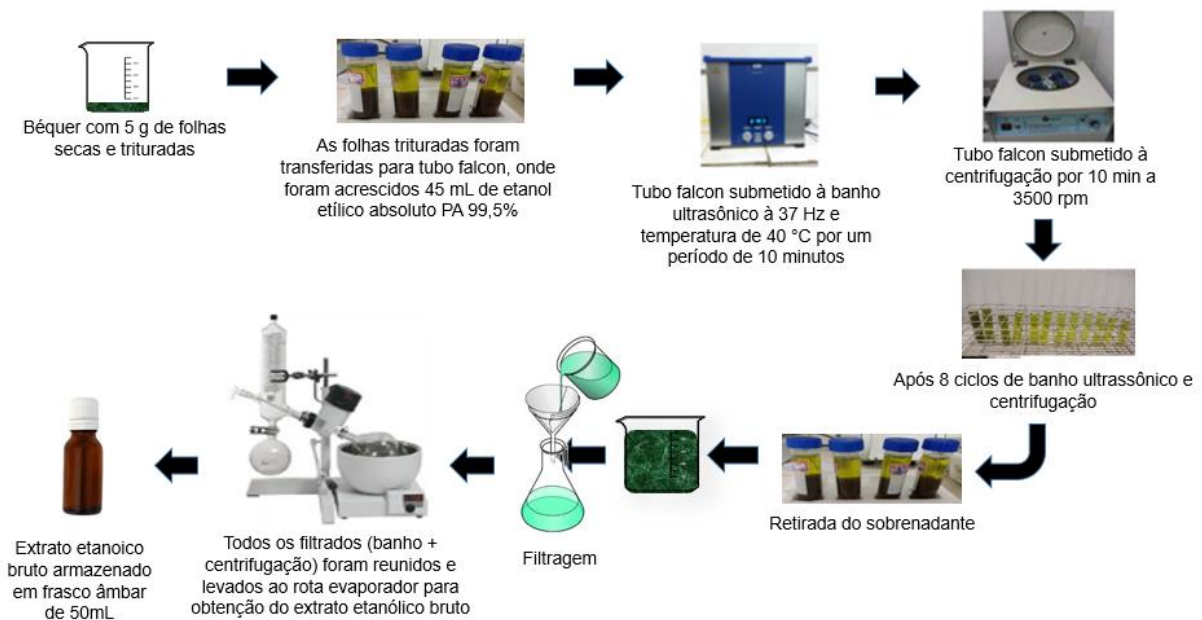


**Figura 5** - Folhas de *L. origanoides* secas e acondicionadas em embalagens de polietileno e envoltos em embalagens de papel Kraft, prontas para serem armazenadas (Fonte: Autora).

### 3.3 Extrato bruto

O extrato bruto foi obtido pelo método da extração com solventes etanólicos, descrito por KHODDAMI et al. (2013). Após secas, trituram-se 5g de folhas da espécie

vegetal. As folhas trituradas foram colocadas em tubo falcon e foram acrescidos 40 ml de etanol etílico absoluto PA 99,5% (marca Dinâmica). Em seguida, submeteu-se a solução à 8 ciclos de banho ultrassônico (10 minutos, a 37 Hz e temperatura de 40 °C), seguida de centrifugação (5 minutos à 3.500 rpm). Os sobrenadantes (extrato e álcool), foram coletados, filtrados e armazenados em um béquer de 500 mL. O solvente (etanol) foi evaporado em evaporador rotativo sob pressão reduzida a 40 °C, resultando no extrato etanólico bruto, posteriormente armazenado em frasco âmbar (Figura 6). O rendimento foi determinado por pesagem direta do extrato etanólico bruto e expresso em porcentagem.



**Figura 6** - Esquema da metodologia de obtenção do extrato etanólico bruto das folhas de *Lippia origanoides* secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora).

### 3.4 Quantificação do teor de compostos fenólicos totais

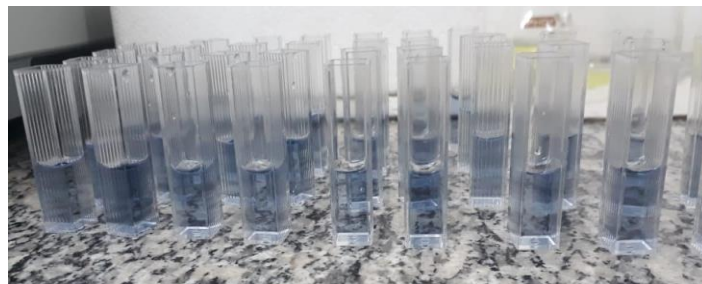
A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada por espectrofotometria, conforme descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), adaptado por Dores et al. (2014). Pesou-se 30 mg do extrato vegetal e adicionou-se 10 mL de etanol etílico absoluto PA 99,5%. Esta solução foi colocada em um agitador. Dessa solução, retirou-se uma alíquota de 1 mL e nessa alíquota, foram adicionados 10 mL de etanol. Posteriormente, retirou-se da solução diluída,

uma alíquota 500  $\mu$ L e nesta alíquota, adicionou-se 2 mL de reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e 1,6 mL de carbonato de sódio a 7,5%. Em seguida, a mistura foi mantida ao abrigo da luz a uma temperatura média de 23 °C, por 30 minutos. Passado o tempo, realizou-se as leituras da absorvância usando espectrofotômetro, Biospectro SP-220, a uma faixa de 765 nm em que, utilizou-se o etanol como branco (Figura 7). Na curva padrão utilizou-se o ácido gálico (0,5 mg / mL) como substância de referência, nas mesmas condições descritas anteriormente para o tratamento. O teor de compostos fenólicos totais presentes no extrato etanólico bruto das folhas de *L. organoides* foi expresso em mg de ácido gálico / g de massa seca.

A Figura 8 ilustra as soluções de extratos vegetais de folhas de *L. organoides* utilizadas para a quantificação de compostos fenólicos totais em espectrofotometria.



**Figura 7** - Esquema da metodologia de quantificação de compostos fenólicos de extrato de folhas de *Lippia organoides* secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora).



**Figura 8** - Soluções de extrato vegetal de folhas de *Lippia organoides* utilizadas para a quantificação de compostos fenólicos totais em espectrofotometria (Fonte: Autora).

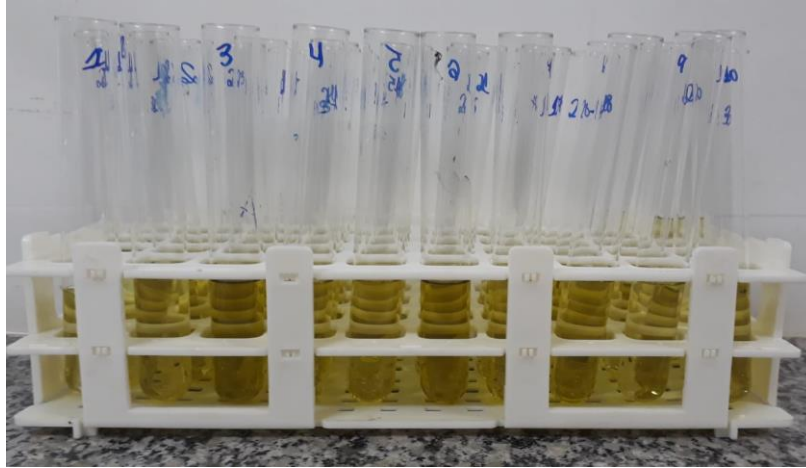
### 3.5 Quantificação do teor de flavonoides totais

A quantificação dos flavonoides totais foi realizada por espectrofotometria, conforme descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), adaptado por Dores et al. (2014). Pesou-se 30 mg do extrato vegetal e adicionou-se 10 mL de etanol etílico absoluto PA 99,5%. Esta solução foi colocada em um agitador. Dessa solução diluída, retirou-se uma alíquota de 70  $\mu$ L e nesta alíquota foram adicionados 1,5 mL de reagente ácido clorídrico à 4,8% e 1,5 mL de vanilina a 1%. Posteriormente, a mistura foi mantida ao abrigo da luz a uma temperatura média de 23 °C, por 30 minutos. Passado o tempo, realizou-se as leituras da absorvância usando espectrofotômetro, Biospectro SP-220, a uma faixa de 420 nm em que, utilizou-se o etanol como branco (Figura 9). Na curva padrão utilizou-se quercetina (1 mg / mL) como substância de referência, nas mesmas condições descritas anteriormente para o tratamento. O teor de flavonoides totais presentes no extrato etanólico bruto das folhas de *L. origanoides* foi expresso em mg de quercetina / g de matéria seca.



**Figura 9** - Esquema da metodologia de quantificação de flavonoides de extrato de folhas de *Lippia origanoides* secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora).

A Figura 10 ilustra as soluções de extratos vegetais de folhas de *L. origanoides* utilizadas para quantificação de flavonoides totais por espectrofotometria.



**Figura 10** - Soluções de extrato vegetal de folhas de *Lippia origanoides* utilizadas para a quantificação de flavonoides totais em espectrofotometria (Fonte: Autora).

### 3.6 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada por meio do método de captura radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), conforme metodologia utilizada por Oliveira et al. (2011). Pesou-se 30 mg de extrato bruto e, nesta massa, adicionaram-se 2 mL de etanol etílico absoluto PA 99,5%. Esta solução foi colocada em um agitador. Desta solução diluída, ao abrigo da luz, retirou-se uma alíquota de 0,5 mL e, nesta alíquota, foram adicionados 0,5 mL de solução etanoica DPPH (0,2 mM). Posteriormente, a mistura foi mantida ao abrigo da luz a uma temperatura média de 23 °C, por 30 minutos. Passado o tempo, realizaram-se as leituras da absorvância usando espectrofotômetro, Biospectro SP-220, a uma faixa de 520 nm em que se utilizou o etanol como branco (Figura 11).



**Figura 11** - Esquema da metodologia de determinação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes em extratos etanólicos de folhas de *Lippia origanoides* secas à 50, 60 e 70 °C (Fonte: Autora).

Para o controle positivo, utilizou-se butilhidroxianisol (BHA 0,5 mg / mL). O percentual de inibição foi obtido pela comparação da absorção da solução contendo amostra, em relação a uma solução controle de DPPH sem amostra, de acordo com a Equação 1.

$$AT\% = [(Abs\ Controle - Abs\ Amostra) / Abs\ Controle] \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

em que,

AT% = Consumo de radicais DPPH, %.

Abs Controle = Absorvância da solução de DPPH, nm.

Abs Amostra = Absorvância da solução de DPPH que contém a amostra, nm.

### 3.7 Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3 × 4 com temperaturas do ar de secagem de 50, 60 e 70 °C, incluindo secagem contínua e secagem intermitente (com três relações intermitência entre secagem e repouso em minutos: 10/20, 15/15 e 20/10) em um delineamento inteiramente casualizado e com três repetições cada uma, totalizando 36 unidades experimentais.

A interação entre os fatores foi testada pela Análise de Variância (ANOVA). O

efeito do fator qualitativo, forma de secagem, foi avaliado através de comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O efeito do fator quantitativo, temperatura do ar de secagem, foi analisado por regressão. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o programa SAS, versão 9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rendimento de extrato bruto

Na Tabela 2 constam os valores médios referentes ao percentual do rendimento de extrato bruto das folhas de *L. origanoides* em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das formas de secagem em cada temperatura, uma vez que, a interação entre os fatores estudados foi significativa à 5% de probabilidade pelo teste F. A análise de variância (ANOVA) consta no Apêndice como Tabela S1 e S2.

**Tabela 2.** Rendimento de extrato bruto em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura.

Procedimentos de Secagem	Rendimento de extrato bruto (%)		
	50 °C	60 °C	70 °C
Secagem Contínua	2.21 a	2.70 c	5.46 c
Secagem Intermitente 10/20	2.21 a	5.34 a	7.28 a
Secagem Intermitente 15/15	2.83 a	5.21 a	6.42 b
Secagem Intermitente 20/10	2.94 a	3.84 b	5.96 b
DMS		0.85	

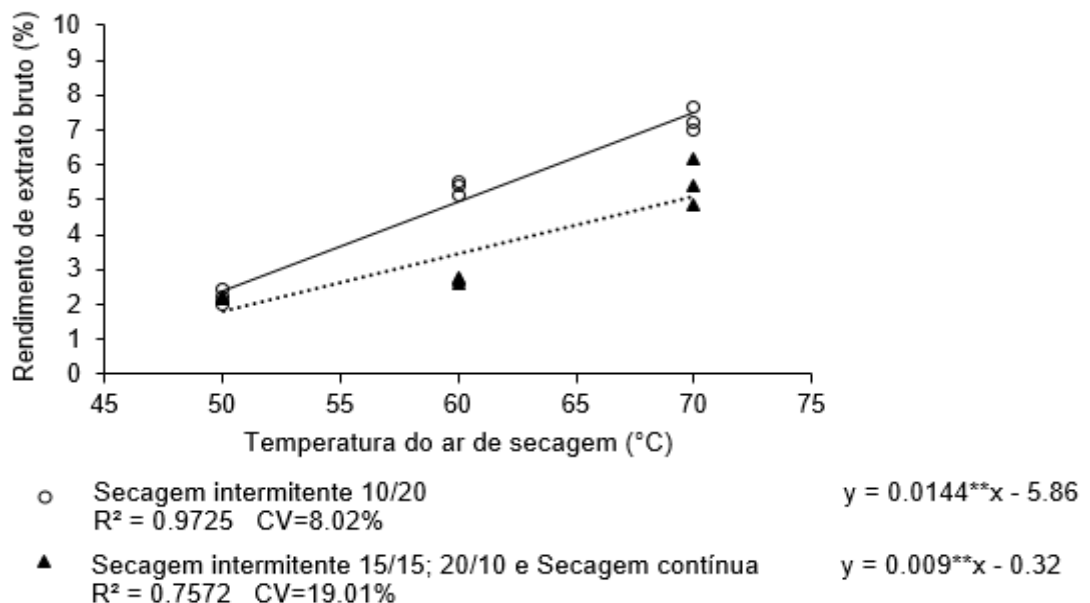
Nota: DMS - Diferença mínima significativa. Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme demonstrado na Tabela 2, nas temperaturas do ar de secagem de 60 e 70 °C, a secagem com relação de intermitência 10/20 foi a que possibilitou a obtenção de maior rendimento do extrato bruto. Esse aumento significativo foi, respectivamente, de 97 e 33%, em relação à secagem contínua. Na secagem à 50 °C,

não se verificaram diferenças significativas do rendimento de extrato entre a secagem contínua e a secagem intermitente.

Esses dados demonstram que, no geral, maiores tempos de repouso resultaram em maior rendimento de extrato bruto. Isto pode ser explicado pelo fato da secagem intermitente promover a manutenção da qualidade final das folhas, através da redução do gradiente de pressão de vapor e temperatura do produto.

A Figura 12 ilustra o rendimento de extrato bruto em função dos procedimentos de secagem à 50, 60 e 70 °C para a secagem de folhas de *L. origanoides*.



**Figura 12** - Rendimento de extrato bruto de folhas de *Lippia origanoides* em função da temperatura do ar para cada procedimento de secagem. x: temperatura do ar de secagem (°C), y: rendimento de extrato bruto,  $R^2$ : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

Considerando a secagem contínua e a secagem com relações de intermitência 15/15 e 20/10, o modelo de regressão que apresentou melhor ajuste foi o linear, com  $R^2 = 75.72\%$ . Como os coeficientes de regressão, para essas formas de secagem, não diferiram estatisticamente entre si ( $p > 0.05$ ), o efeito da temperatura no rendimento de extrato bruto para essas três formas de secagem é descrito pela mesma equação de regressão. Para a intermitência 10:20, houve melhor ajuste com o modelo de regressão linear ( $R^2 = 97.25\%$ ).

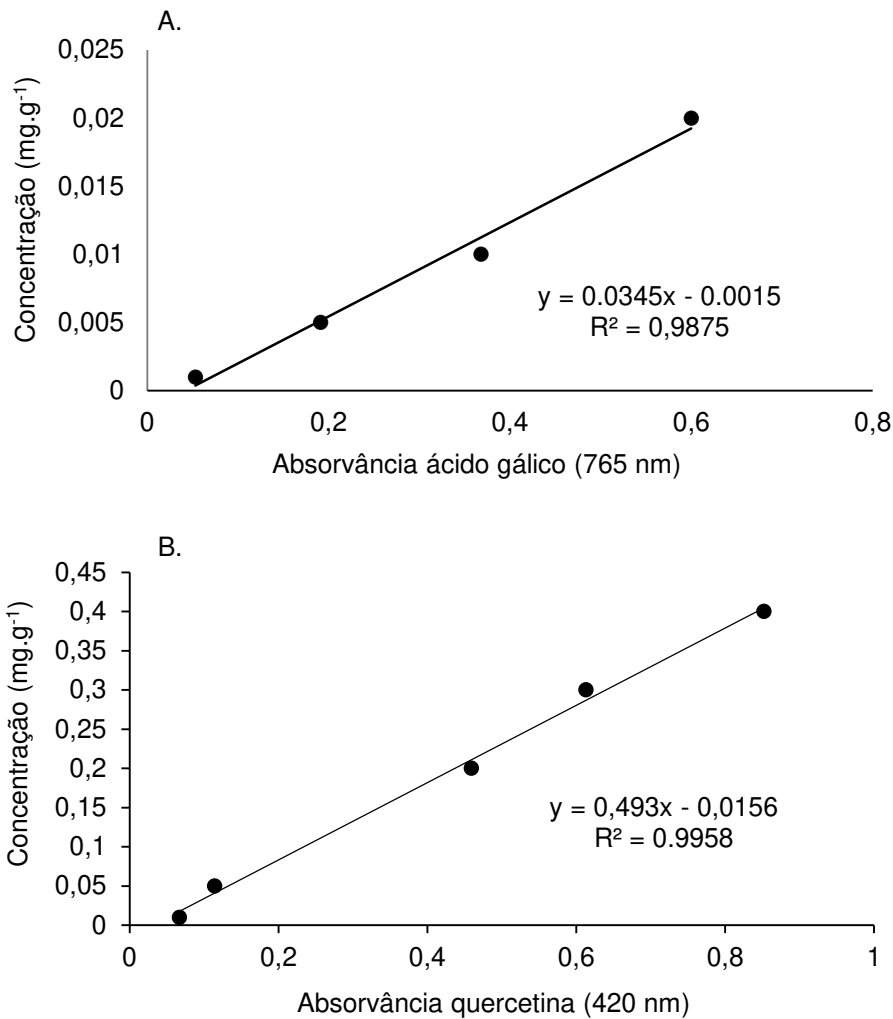
Os resultados para rendimento de extrato bruto mostraram que o aumento da temperatura do ar de secagem incrementou o rendimento de extrato bruto. Este

comportamento é explicado pelo fato do aporte de calor, presente no ar de secagem, favorecer a ruptura das estruturas internas das folhas, devido à rápida retração das células quando expostas ao ar quente. A maior incidência de membranas rompidas, aumenta a permeabilidade das folhas, favorecendo a entrada do líquido solvente (etanol) e, conseqüentemente, o transporte passivo das substâncias presentes no interior das folhas para o solvente, o que facilita o processo de extração. Além disso, a secagem com relação de intermitência 10/20 resultou em maior rendimento de extrato bruto nas temperaturas de 60 e 70 °C do ar de secagem.

Os resultados encontrados para *L. origanoides* corroboram os encontrados por Albuquerque (2000). Em seu estudo sobre influência do processo de secagem nas membranas de *Pinus taeda* L., os autores relataram que o fornecimento de energia proveniente do ar de secagem aumentou a incidência de membranas rompidas, quando comparado com a secagem à temperatura ambiente.

#### **4.2 Teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais**

A Figura 13 ilustra a curva padrão de calibração utilizada para a determinação do teor de compostos fenólicos totais (A.) e flavonoides totais (B.). Ressalta-se que, para o teor de compostos fenólicos totais utilizou-se o ácido gálico como substância de referência ao passo que, para o teor de flavonoides totais, utilizou-se a quercetina. Observa-se também que as curvas padrão de calibração apresentaram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual à 0.9875 e 0.9958 para o ácido gálico e quercetina, respectivamente.



**Figura 13** – Curva padrão de calibração utilizada para a quantificação dos compostos fenólicos totais (A.) e flavonoides totais (B.). R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

Na Tabela 3 constam os valores médios referentes ao teor de compostos fenólicos totais e teor de flavonoides totais presentes no extrato etanólico bruto de folhas de *L. origanoides* em função dos procedimentos de secagem, em cada temperatura. Os valores médios foram submetidos ao teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das formas de secagem em cada temperatura, uma vez que, a interação entre os fatores estudados foi significativa ( $p < 0,05$ ). As análises de variância (ANOVA) para o teor de compostos fenólicos totais constam no Apêndice como Tabela S3 e S4 e para o teor de flavonoides totais, Tabela S5 e S6.

**Tabela 3.** Teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais presentes no extrato etanólico bruto de folhas de *L. origanoides* em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura.

Procedimentos de secagem	Teor de compostos fenólicos totais (mg.g <sup>-1</sup> )			Teor de flavonoides totais (mg.g <sup>-1</sup> )		
	50 °C	60 °C	70 °C	50 °C	60 °C	70 °C
Secagem Contínua	298.83 c	394.28 a	437.98 b	66.87 c	95.35 b	118.91 c
Secagem Intermitente 10/20	349.82 a	412.68 a	484.75 a	96.45 a	109.05 a	139.72 a
Secagem Intermitente 15/15	327.2 b	357.10 b	475.17 a	82.75 b	89.87 b	129.86 ab
Secagem Intermitente 20/10	313.40 bc	362.08 b	468.65 a	74.54 bc	75.08 c	126.03 bc
DMS		19.88			10.61	

Nota: DMS - Diferença mínima significativa. Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

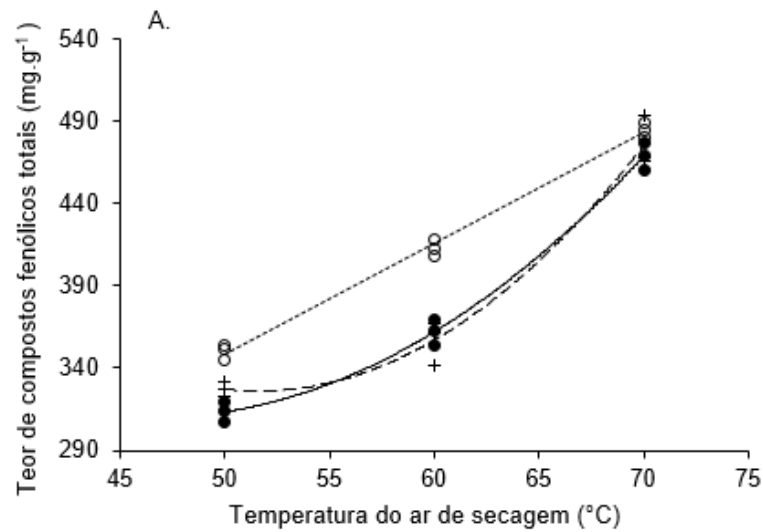
Conforme demonstrado na Tabela 3, na temperatura de 50 °C, a relação de intermitência 10:20 foi a que resultou em maior teor de compostos fenólicos totais, aumentando-o significativamente, em 17% em relação a secagem contínua. À 60 °C, apesar da relação de intermitência 10:20 ter sido estatisticamente igual ao teor de compostos fenólicos resultante da secagem contínua, esta foi a que resultou o maior teor de compostos fenólicos totais. À 70 °C, todas as relações de intermitência aplicadas promoveram aumento no teor de compostos fenólicos totais. Em relação a secagem continua, esse aumento foi de 10, 8 e 7%, para as intermitências 10/20, 15/15 e 20/10, respectivamente.

Para o teor de flavonoides totais, nas temperaturas 50, 60 e 70 °C, a relação de intermitência 10/20 foi a que promoveu maior teor de flavonoides totais. Em relação a secagem continua, esta possibilitou um aumento de 44, 14, e 17% para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, respectivamente.

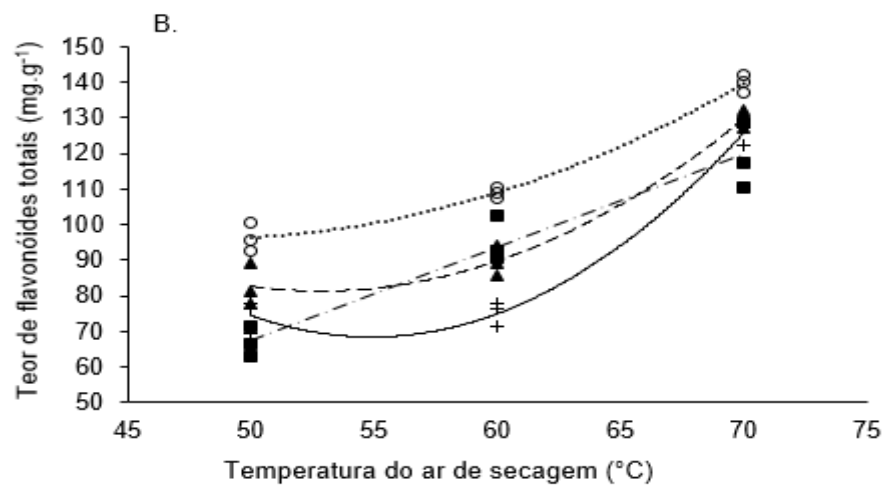
Os resultados demonstram que, no geral, maiores tempos de repouso resultaram em maiores teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais. Isto pode ser explicado pelo fato de a secagem, a intervalos regulares de tempo, diminuir o efeito deletério sobre a qualidade das folhas. A aplicação do período de repouso promove, simultaneamente, a redistribuição da água para as camadas superficiais das folhas (mais precisamente do microclima) e a redução gradativa das tensões internas, geradas pelo gradiente de pressão de vapor, o que resulta em menor danos por ruptura e trincamento nas estruturas internas das folhas, maior preservação e estabilidade química dos metabólitos secundários. Desta forma, no maior tempo de repouso avaliado, pode ter ocorrido maior translocação da água para a superfície e

maior liberação das tensões internas, o que reduziu significativamente os danos nos tecidos celulares das folhas. Provavelmente, as estruturas das células se romperam mas, a maioria das moléculas de compostos fenólicos e flavonoides, mantiveram-se integras. Ou seja, as moléculas não se degradaram e não atingiram a temperatura de volatilização mesmo quando as folhas voltavam a serem expostas ao ar aquecido.

Na Figura 14 tem-se o efeito da temperatura do ar de secagem no teor de compostos fenólicos totais (A) e flavonoides totais (B) para cada relação de intermitência aplicada às folhas de *L. origanoides*.



- Secagem intermitente 10/20  $y = 6.75^{**}x + 10.95$   
R<sup>2</sup> = 0.9933 CV=1.23%
- Secagem contínua e Secagem intermitente 20/10  $y = 0.09^{**}x^2 - 3.75^{**}x + 272.77$   
R<sup>2</sup> = 0.9019 CV=5.56%
- + Secagem intermitente 15/15  $y = 0.29^{**}x^2 - 26.97^{**}x + 938.23$   
R<sup>2</sup> = 0.9914 CV=1.93%



- Secagem contínua  $y = 2.60^{**}x - 62.41$   
R<sup>2</sup> = 0.9331 CV=6.88%
- Secagem intermitente 10/20  $y = 0.09^{**}x^2 - 8.68^{**}x + 304.60$   
R<sup>2</sup> = 0.9827 CV=2.56%
- ▲ Secagem intermitente 15/15  $y = 0.16^{**}x^2 - 17.36^{**}x + 540.14$   
R<sup>2</sup> = 0.9706 CV=4.38%
- + Secagem intermitente 20/10  $y = 0.25^{**}x^2 - 27.66^{**}x + 827.73$   
R<sup>2</sup> = 0.9841 CV=4.09%

**Figura 14** - Teor de compostos fenólicos totais (A.) e teor de flavonoides totais (B.) de folhas de *Lippia origanoides*, em função da temperatura do ar para cada procedimento

de secagem.  $x$ : temperatura do ar de secagem ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $R^2$ : coeficiente de determinação ajustado, CV: coeficiente de variação (%).

Se tratando dos resultados para o teor de compostos fenólicos totais, a secagem com intermitência 10/20 apresentou melhor ajuste em um modelo de regressão linear ( $R^2 = 99.33\%$ ). Para a secagem contínua e com intermitência 15/15, o modelo que apresentou melhor ajuste foi o polinomial de segundo grau. Como os coeficientes de regressão para a secagem contínua e intermitência 15/15 não diferiram estatisticamente entre eles ( $p > 0,05$ ), eles podem ser representados pela mesma equação ( $R^2 = 90.19\%$ ). Para a forma de secagem com relação de intermitência 20/10, houve melhor ajuste com o modelo de regressão polinomial de segundo grau ( $R^2 = 99.14\%$ ).

Quanto ao teor de flavonoides totais, para a secagem contínua, o modelo de regressão que apresentou o melhor ajuste foi o linear de primeiro grau ( $R^2 = 93.31\%$ ). Em relação aos tratamentos intermitentes, todos apresentaram ajuste em um modelo de regressão polinomial de segundo grau. Para a secagem, cuja relação de intermitência aplicada foi 10/20, o coeficiente de determinação ajustado foi igual a 98.27% ao passo que, para as relações 15/15 e 20/10, o coeficiente de determinação ajustado foi de 97.06 e 98.41%, respectivamente.

Os resultados para os teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais mostraram que o aumento da temperatura do ar de secagem elevou a quantidade destes compostos no extrato bruto de folhas de *L. organoides*. Este fato pode ser explicado pela redução significativa do tempo efetivo de secagem (devido aumento da temperatura do ar de secagem) e pelo fato destes compostos estarem sujeitos a uma maior volatilização e, ou degradação quando submetidos a altas temperaturas por tempo prolongado. Desta forma, apesar destes compostos serem termo sensíveis e o tratamento térmico com altas temperaturas poder causar alterações químicas irreversíveis nas estruturas internas das folhas, a constante presença de água na superfície da biomassa vegetal, devido a aplicação do repouso, fez com que existia sempre, a transformação do calor sensível das folhas em calor latente, fazendo com que a energia térmica presente nas folhas fosse utilizada para a evaporação da água presente na sua superfície e não para o aquecimento dos tecidos internos vegetais (mesmo quando elas voltavam a serem expostas ao ar aquecido). Além disso, a maioria das moléculas de compostos fenólicos e flavonoides não atingiu a temperatura

de volatilização, uma vez que, a temperatura real nas folhas era sempre inferior a temperatura do ar de secagem empregada.

O aumento do teor de compostos fenólicos totais e flavonoides totais com a elevação da temperatura do ar de secagem também podem estar relacionados à inibição da atividade das enzimas polifenol oxidase, que tendem a se desnaturar quando expostas à altas temperaturas (QUEIROZ et al., 2008). Essas enzimas são responsáveis pela hidroxilação de monofenóis em o-difenois e pela oxidação das quinonas presentes na estrutura básica dos compostos fenólicos, promovendo a degradação destes compostos (CHISARI et al., 2007; KARMAN et al., 2015).

Os resultados corroboram os encontrados por Erenturk, Gulaboglu e Gultekin (2005), em seu estudo sobre a influência da temperatura na secagem convectiva de frutos de *Rosa canina*. Os autores observaram que o conteúdo máximo de compostos fenólicos e flavonoides foi obtido a altas temperaturas de secagem devido ao curto tempo de exposição do material ao ar de secagem, enquanto que para baixas temperaturas do ar de secagem e maiores tempos de residência, foi observado uma maior perda de compostos fenólicos ao término do processo de secagem.

Terefe et al. (2015) avaliando a ativação e a inativação da enzima polifenol oxidase presente no mirtilo em temperaturas de 40 ° C a 100 ° C, observaram que a exposição da enzima em temperaturas acima de 70 °C foi suficiente para sua inativação.

### **4.3 Atividade antioxidante**

De acordo com o teste F, os resultados obtidos demonstraram interação não significativa ( $p \leq 0,05$ ) em relação aos efeitos dos diferentes procedimentos de secagem e temperaturas na variável atividade antioxidante, conforme demonstra a análise de variância (Tabela S7), presente no Apêndice deste trabalho. A não interação entre os fatores avaliados (procedimentos de secagem e temperatura do ar de secagem) pode ser explicada pela variação do tempo de secagem para os diferentes tratamentos aplicados. Isso significa que, mesmo tendo ocorrido variação na quantidade de compostos fenólicos e flavonoides nos tratamentos de secagem avaliados, a qualidade destes compostos manteve-se íntegra, pois a atividade antioxidante foi preservada. A preservação da atividade antioxidante dos compostos

fenólicos em extratos vegetais das folhas de *L. origanoides* é importante em virtude de seus benefícios à saúde.

Cagliari (2017) ao estudar a influência da secagem convectiva sobre a atividade antioxidante de folhas de *Olea europaea*, constatou um efeito não significativo da variação dos níveis de temperatura e velocidade do ar de secagem sobre a atividade antioxidante.

Na Tabela 4 constam os valores médios referentes a atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato bruto de folhas de *L. origanoides* em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura.

**Tabela 4.** Atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato etanólico bruto de folhas de *L. origanoides* em função dos procedimentos de secagem em cada temperatura.

Procedimentos de Secagem	Atividade antioxidante total (%)		
	50 °C	60 °C	70 °C
Secagem Contínua	82.65	81.55	84.32
Secagem Intermitente 10/20	83.14	79.75	83.66
Secagem Intermitente 15/15	83.55	83.31	81.27
Secagem Intermitente 20/10	83.25	82.04	80.65

Considerando classificação de Hassimotto, Genovese e Lajolo (2005) para a atividade antioxidante de produtos vegetais, onde valores acima de 70 % indicam uma boa atividade antioxidante, verifica-se que os compostos fenólicos presentes no extrato bruto de folhas de *L. origanoides* apresentaram boa atividade antioxidante.

## 5. CONCLUSÕES

Os maiores rendimentos de extrato bruto foram obtidos mediante a aplicação da secagem com relação de intermitência 10/20 à 60 e 70 °C.

Os maiores teores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais foram obtidos por meio da aplicação da secagem com relação de intermitência 10/20 à 50, 60 e 70 °C.

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos presentes no extrato bruto de folhas de *L. origanoides* não foi afetada por nenhum dos procedimentos de secagem empregados em nenhuma das temperaturas do ar de secagem avaliadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, R.; PESKE, S.T. **Manual para el beneficio de semillas. 2.ed.** Cáli, Colômbia, 1992.

ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito da secagem a 100 °C em membranas de pontoações de *Pinus taeda* L. **Floresta Ambient**, p. 129-136, 2000.

ALMEIDA, M.C.S de; ALVES, L.A.; SOUZA, L.G.; MACHADO, L.L.; MATOS, M.C.; OLIVEIRA, M.C.F.; LEMOS, T.L.G.; BRAZ-FILHO, R. Flavonoides e outras substâncias de *Lippia sidoides* e suas atividades antioxidantes. **Química Nova**, v. 33, p. 1877-1881, 2010.

ALMEIDA, M.C.S. Estudo fitoquímico e avaliação antioxidante de *Lippia sidoides*. Fortaleza. **Dissertação** (Mestrado em Química), Universidade Estadual do Ceará, 2011.

ARCILA-LOZANO, C.C.; LOARCA-PIÑA, G.; LECONA-URIBE, S.; GONZA´LEZ, E. El oregano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 54, n. 1, p. 100–111. 2004.

BADKE, M.R.; BUDÓ, M.L.D.; RESSEL, L.B.; DA SILVA, F.M. Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. **Esc Anna Nery**, v.15, n. 1, p.132-139, 2011.

BALANGE, A.K.; BENJAKUL, S. Effect of oxidised phenolic compounds on the gel property of mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1059-1064, 2009.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BARA, M.T.F.; VANETTI, M.C.D. Estudo da atividade antibacteriana de plantas medicinais, aromáticas e corantes naturais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, p. 23-34, 1988.

BARBOSA DE LIMA, A.G., DELGADO, J.M.P.Q., NETO, S.R.F., FRANCO, C.M.R. Intermittent Drying: Fundamentals, Modeling and Applications, in: Delgado, J.M.P.Q., Barbosa de Lima, A.G. (Eds.), *Drying and Energy Technologies*. **Springer International Publishing**, Switzerland, p. 1–228, 2015.

BARITAU, O.; RICHARD, H.; TOUCHE, J.; DERBESY, M. Effects of drying and storage of herbs and spices on the essential oil. Part I. Basil, *Ocimum basilicum* L. **Flavour and Fragrance Journal**, Pavia, v. 7, n. 6, p. 267-271, 1992.

BAUDET, L.M.L.; VILLELA, F.A.; CAVARIANI, C. Princípios de secagem. **Seed News**, Pelotas, n. 10, p. 20-27, 1999.

BENELLI, L.; SOUZA, C.R.F.; OLIVEIRA, W.P. Spouted bed performance on drying of an aromatic plant extract. **Powder Technol**, v. 239, p. 59-71, 2013.

BETANCUR, L.; ZAPATA, B.; BAENA, A.; BUENO, J.; RUÍZ, C.; STASHENKO, E., MESA, A. Actividad antifúngica, citotóxica y composición química de aceites esenciales de *Lippia organoides* H.B.K recolectadas en Colômbia. **Salud UIS**, v. 43, n. 2, p. 141-148, 2011.

BIRT, D. F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonóides and isoflavonoids. **Pharmacology Therapeutics**, v. 90, p. 157-177, 2001.

BORGES, A.R.; AIRES, J.R.; HIGINO, T.M., DE MEDEIROS, M.D.; CITÓ, A.M.; LOPES, J.A., DE FIGUEIREDO, R.C. Trypanocidal and cytotoxic activities of essential oils from medicinal plants of Northeast of Brazil. **Experimental Parasitology**, v.32, n. 2, p. 123-128, 2012.

BRASIL, 2006a. **Portaria nº 971 de 3 de maio de 2006**. Aprova a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União; Brasília, 4 de maio de 2006.

BRASIL, 2006b. **Decreto nº 5813**, de 22 de junho de 2006. Aprova a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e dá outras providências. Diário Oficial da União; Brasília, 23 de junho de 2006.

BRASIL, 2008. **Portaria Interministerial nº 2.960**, de 9 de dezembro de 2008. Aprova o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e cria o Comitê Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Diário Oficial da União; Brasília, 9 de dezembro de 2008.

BRASIL, 2009. Portal da Saúde. Relação Nacional de Plantas de interesse ao SUS (RENISUS). Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms\\_relacao\\_plantas\\_medicinais\\_sus\\_0603.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/sus/pdf/marco/ms_relacao_plantas_medicinais_sus_0603.pdf). Acesso em: 19 mar 2020.

BRASIL, 2011. **RESOLUÇÃO RDC Nº 60**, de 10 de novembro de 2011. Aprova o Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira, primeira edição e dá outras providências.

CABALLERO-GALLARDO, K.; OLIVERO-VERBEL, JESÚS.; STASHENKO, E. E. Repellency and toxicity of essential oils from *Cymbopogon martinii*, *Cymbopogon flexuosus* and *Lippia organoides* cultivated in Colombia against *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research**, v. 50, p. 62-65, 2012.

CALIXTO, J.B. Efficacy, safety, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytoterapeutic agents). **Braz J Med Biol Res**, v. 33, p. 179-189, 2000.

CALPOUZOS, L. Botanical aspects of oregano. **Econ. Bot.** v.8, p.222–233. 1954.  
CAO, Y. Endogenous angiogenesis inhibitors and their therapeutic implications. int. **J. Biochem**, v. 33, p. 357-369, 2001.

CARVALHO, A.C.B.; SILVEIRA, D. Drogas vegetais: uma antiga nova forma de utilização de plantas medicinais. **Brasília Médica**, v.48, n.2, p.219-237, 2010.

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

CATHERINE, A.R.; PACKER, L. **Flavonoids in health and disease. 2ed.** New York/Basel. Copyright, 2003.

CAVALCANTI, S.C.H.; NICULAU, E.S.; BLANK, A.F.; CÂMARA, C.A.G.; ARAÚJO, I.N.; ALVES, P.B. Composition and acaricidal activity of *L. origanoides* essential oil against two-spotted spidermite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource Technology**, v. 101, p. 829–832, 2010.

CHUA, K.J., MUJUMDAR, A.S., CHOU, S.K. Intermittent drying of bioproducts - An overview. **Bioresour. Technol.** 90, 285–295, 2003.

CHUNG, S.Y.; LANDAU, J.M.; HUANG, M.; NEWMARK, L.H. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. **Annual Review of Nutrition**, v. Vol. 21, p. 381–406, 2001.

CHUNGLONG, C.; SONG, L.; RONGSU, L.; FENGPING, W.; JUNQPIN, Li. (2008). Concentration of phenolic compounds of *Populus euphratica* and soil water contents in Ejina oasis, Inner Mongolia, China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, p. 69-75, 2008.

CODY, V. JR.; MIDDLETON, E.; HARBORNE, B. J. Progress in Clinical and Biological Research. **Biochemical, Pharmacological, and Structure-activity relationships.** New York, v. 213, p. 113-124, 1986.

CONCEIÇÃO, G.M.; RUGGIER, A.C.; ARAUJO, M.F.V.; CONCEIÇÃO, T.T.M.M.; CONCEIÇÃO, M.A.M.M. Plantas do cerrado: comercialização, uso e indicação terapêutica fornecida pelos raizeiros e vendedores, Teresina, Piauí. **Scientia Plena**, v.7, n.12, 2011.

DE CAMPOS, J.M.; SOUSA, S.M.; SILVA, P.S.; PINHEIRO, L.C.; SAMPAIO, F.; VICCINI, L.F. Chromosome numbers and DNA C values in the genus *Lippia* (Verbenaceae). **Plant Syst**, p.133–140, 2011.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DEL RIO, D.; COSTA, L.G.; LEAN, M.E.J.; CROZIER, A. Polyphenols and health: What compounds are involved? **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, v. 20, n. 1, p. 1–6, 2010.

DONG, M.; HONG, T.; LIU, S.; ZHAO, J.; MENG, Y.; LIU, J. Hepatoprotective effect of the flavonoid fraction isolated from the flower of *Inula britannica* against D-Galactosamine-induced hepatic injury. **Mol Med Rep**, 2013.

DORES, R.G.; GUIMARÃES, S.F.; BRAGA, T.V.; FONSECA, M.C.M.; MARTINS, P.M.; FERREIRA, T.C. Phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activity of leaves, flowers and roots of goat weed. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 486–490, 2014.

ERENTURK, S.; GULABOGLU, M.S.; GULTEKIN, S. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 4, p. 513–518, 2005.

ESCOBAR, P.; LEAL, S.M.; HERRERA, L.V.; MARTINEZ, J.R.; STASHENKO, E. Chemical composition and antiprotozoal activities of Colombian *Lippia* spp essential oils and their major components. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 105, n. 2, 2010.

FABRI, R.L.; NOGUEIRA, M.S.; MOREIRA, J.R.; BOUZADA, M.L.; SCIO, E. Identification of antioxidant and antimicrobial compounds of *Lippia* species by bioautography. **J Med Food**, v. 14, p. 840-846, 2011.

FARIAS, E.M.F.G.; XIMENES, R.M.; MAGALHÃES, L.P.M.; CHIAPPETA, A.D.A.; SENA K.X.D.F.R de; ALBUQUERQUE J.F.C de. Antifungal activity of *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) against clinical isolates of *Candida* species. **J Herbal Med**, vol. 2, p. 63-7, 2012.

GARCIA, D.C.; BARROS, A.C.S.A.; PESKE, S.T.; MENEZES, N.L. Drying of seeds. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, 2004.

GARCIA-BARRIGA, H.G. **Flora medicinal de Colombia. Botânica Médica. Tomo II. 2ªED.** Bogota. Tercer Mundo, p.,508. 1992.

GEORGIEV, V.; ANANGA, A.; TSOLOVA, V. Recent Advances and Uses of Grape Flavonoids as Nutraceuticals. **Nutrients**, 6: 391-415, 2014.

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

GOMES, S.V.F.; NOGUEIRA, P.C.L.; MORAES, V.R.S. Aspectos químicos e biológicos do gênero *Lippia* enfatizando *Lippia gracilis* Schauer. **Eclética Química**, v. 36, n. 1, p. 64-77, 2011.

GONELI, A.L.D.; VIEIRA, M.C.; VILHASANTI, H.C.B., GONÇALVES A.A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014.

HARBORNE, B.J.; WILLIAMS, A.C. Advances in flavonoids research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.

HARBOURNE, N.; MARETE, E.; JACQUIER, J. C.; O'RIORDAN, D. Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadowsweet ( *Filipendula ulmaria* ) and willow ( *Salix alba* ). **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 9, p. 1468–1473, 2009.

HASSIMOTTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2928-2935, 2005.

HEIM, E.K.; TAGLIAFERRO, R.A.; BOBILYA, J.D. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, n. 1, p. 572-584, 2002.

HISARI, M. ; BARBAGALLO, RN; SPAGNA, G. Caracterização da polifenol oxidase e peroxidase e influência no escurecimento de frutos de morango armazenados a frio. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 9, pág. 3469-3476, 2007.

KABERA, J. N.; SEMANA, E.; MUSSA, A. R.; HE, X. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *J Pharm Pharmacol*, v. 2, p. 377-392, 2014.

KAMRAN, M. et al. Drying at high temperature for a short time maximizes the recovery of olive leaf biophenols. **Industrial Crops and Products**, v. 78, p. 29-38, 2015.

KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. **Molecules**, v. 18, n. 2, p. 2328–2375, 2013.

KOWALSK, S.J., PAWLOWSKI, A. Energy consumption and quality aspect by intermittent drying. **Chem. Eng. Process. Process Intensif**, v. 50, p. 384–390, 2011.

KUMAR, C., KARIM, M.A., JOARDDER, M.U.H. Intermittent drying of food products: A critical review. **J. Food Eng.** v. 121, p. 48–57, 2014.

LACOSTE, E.; CHAUMONT, J. P.; MANDIN, D.; PLUMEL, M. M.; MATOS, F. J. Antiseptic properties of essential oil of *L. organoides organoides* Cham. Application to the cutaneous microflora. **Annales Pharmaceutiques Francaises**, v. 54, n. 5, p. 228-230, 1996.

LEAL, L.K.A.M.; OLIVEIRA, V.M.; ARARUNA, S.M.; MIRANDA, M.C.C.; OLIVEIRA, F.M.A. Análise de timol por CLAE na tintura de *Lippia sidoides* Cham. (alecrimpimenta) produzida em diferentes estágios de desenvolvimento da planta. **Rev Bras Farmacogn**, 2003.

LEITE, A.K.R.M. Atividade antiinflamatória e imunomoduladora do óleo essencial e de extratos de *Lippia sidoides* Cham. Fortaleza. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Estadual do Ceará, 2003.

LIMA, R.K.; CARDOSO, M.G.; MORAES, J.C.; CARVALHO, S.M.; RODRIGUES, V.G.; GUIMARÃES, L.G.L. Chemical composition and fumigant effect of essential oil

of *Lippia sidoides* Cham. and monoterpenes against *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Ciênc Agrotec**, 2011.

LOPES, R.M., OLIVEIRA, T.D., NAGEM, T.J., PINTO, A.D.S. Flavonóides. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, 2010.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: Nativas e exóticas. 2 ed.**, Instituto Plantarum, Nova Odessa-SP, 544p, 2008.

MACHADO, H.; NAGEM, T. J.; PETERS, V. M.; FONSECA, C. S.; OLIVEIRA, T. T. Flavonóides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, Juiz de Fora, v. 27, n. 1/2, p. 33-39, 2008.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; REMESY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARCHAND, L. L. Cancer preventive effects of flavonóides – a review. **Biomed Pharmacother**. v. 56, p. 296-301, 2002.

MARTINAZZO, A. P. Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus*. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)** – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E. DE C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MARTINS, E.A.S.; LAGE, E.Z.; GONELI, A.L.D.; FILHO, C.P.H.; LOPES J.G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 238–244, 2015.

MATOS, F.J.A.; OLIVEIRA, F. *Lippia sidoides* Cham. - Farmacognosia, química e farmacologia. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.79, p. 84-7, 1998.

MATSUBARA, L.S.; FERREIRA, A.L.A. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, p. 61–68, 1997.

MATTANA, R.S.; MAIA E ALMEIDA, C.I.; OLIVEIRA, P.F.C.; LIMA, L.P., HABER, L.L., MING, L.C.; MARQUES, M.O.M. Efeitos de diferentes tempos de extração no teor e composição química do óleo essencial de folhas de pariparoba [*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 150-156, 2015.

MELO, E.C.; RADUNZ, L.L.; MELO, R.C. A. Influência Do Processo De Secagem Na Qualidade De Plantas Mediciniais – Revisão. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 4, p. 307–315, 2004.

MENESES, R.; OCAZIONEZ, R.E.; MARTÍNEZ, J.R.; STASHENKO, E.E. Inhibitory effect of essential oils obtained from plants grown in Colombia on yellow fever virus replication in vitro. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, 2009.

MESA, A. Actividad antifúngica, citotóxica y composición química de aceites esenciales de *Lippia origanoides* H.B.K recolectadas en Colômbia. **Salud UIS**, v. 43, n.2, p. 141-148, 2011.

MONTEIRO, M.V.B. Prevenção de lesões gástricas por *Lippia sidoides* Cham. em camundongos. Fortaleza. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Estadual do Ceará, 2003.

MONTEIRO, R. Desenvolvimento de menta e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2009.

MORAIS, A.A.; MOURA, O.J.C.; GOTTLIEB, O.R; SILVA, M.L; MARX, M.C.; MAIA, J.G.S. Óleos Essenciais da Amazônia Contendo Timol. **Acta Amazonica**, v. 2, n. 1, p. 45–46, 1972.

MORAIS, S.R.; OLIVEIRA, T.L.; BARA, M.T.; CONCEIÇÃO, E.C.; REZENDE, M. H.; FERRI, P.H.; PAULA, J.R. Chemical constituents of essential oil from *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) leaves cultivated in Hidrolândia, Goiás, Brazil. **J Anal Chem**, 2012.

MOTA, M.L.; LOBO, L.T.; COSTA, J.M.; COSTA, L.S.; ROCHA, H.A.; POHLIT, A.M.; NETO, V.F. In vitro and in vivo antimalarial activity of essential oils and chemical components from three medicinal plants found in northeastern Brazil. **Planta Mediciniais**, 2012.

NIJVELDT, J. R. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **am. J. Clin. Nutr**, v. 74, p. 418-425, 2001.

NUNES, R.D.S.; XAVIER, H.S.; ROLIM NETO, P.J.; SANTANA, D.P de.; ALBUQUERQUE, U.P de. Botanical standardization of *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae). **Acta Farm Bonaer**, 2000.

OLIVEIRA, D. DA S. *et al.* Vitamina c, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum - Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89–98, 2011.

OLIVEIRA, D.R. Levantamento Etnobotânico das Plantas Mediciniais Utilizadas pela Comunidade de Oriximina´ (Pará) com enfoque etnofarmacológico para o Gênero *Lippia*. **Master Thesis**, Rio de Janeiro: UFRJ/NPPN, p. 111, 2004.

OLIVEIRA, D.R; LEITÃO, G.G.; BIZZO, H.R.; LOPES, D.; ALVIANO, D.S.; ALVIANO, C.S.; LEITÃO, S.G. Chemical and antimicrobial analyses of essential oil of *Lippia origanoides* H.B.K. **Food Chem**, v. 101, p. 236-240, 2007.

ORPHANIDES, A.; GOULAS, V.; GEKAS, V. Drying Technologies : Vehicle to High-Quality Herbs. **Food Eng. Rev**, 2015.

PAL, A.; KAMTHANIA, M.C.; KUMAR, A. Bioactive Compounds and Properties of Seaweeds - **A Review. Open Access Library Journal**, v. 1, p. 752-769, 2014.

PAN, D.; LI, W.; MIAO, H.; YAO, J.; LI, Z.; WEI, L.; ZHAO, L.; GUO, Q. LW-214, a newly synthesized flavonoid, induces intrinsic apoptosis pathway by down-regulating Trx-1 in MCF-7 human breast cells. **Biochem Pharmacol**, v. 87(4), p. 598-610, 2014.

PASCUAL, M.E.; SLOWING, K.; CARRETERO, E.; MATA, D.S.; VILLAR, A.L. organoides: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 76, p. 201–214, 2001.

PERICLEOUS, M.; ROSSI, R.E.; MANDAIR, D.; WHYAND, T.; CAPLIN, M. E. Nutrition and pancreatic cancer. **Anticancer Res**, v. 34, p. 9-21, 2014.

PIMENTEL, F.A.; CARDOSO, M.G.; ANDRADE, M.A.; ZACARONI, L.M.; GUIMARAES, L.G.M.; Influência da secagem sobre o rendimento e composição química dos compostos voláteis das raízes de *Piper piscatorum trel. & yunck.* (*Piperaceae*). **Quimica Nova**, São Paulo, vol. 35, n. 4, p. 715-718, 2012.

PIRIE, A.D.; DAVIES, N.W.; AHUJA, K.D.; ADAMS, M.J.; SHING, C.M., NARKOWICZ, C.; JACOBSON, G.A., GERAGHTY, D.P. Hypolipidaemic effect of crude extract from *Carpobrotus rossii* (pigface) in healthy rats. **Food Chem Toxicol**, v. 66, p. 134-9, 2014.

POURMORAD, F.; HOSSEINIMEHR, S.J.; SHAHABIMAJD, N. Antioxidant activity , phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. June, p. 1142–1145, 2006.

PRATES, M.F.O.; REIS, R.C.; DEVILLA, I.A.; FARIA, R.Q.4; LIMA JUNIOR, A.F. Cinética de secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Fruta-de-lobo). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 514-521, 2012.

QUEIROZ, A.C.; ALVES, H.D.S.; CAVALCANTI-SILVA, L.H.A.; DIAS, T.D.L.M.F.; SANTOS, M.D.S.; MELO, G.M.D.A., Alexandre-Moreira M.S. Antinociceptive and anti-inflammatory effects of flavonoids PMT1 and PMT2 isolated from *Piper montealegreanum* Yuncker (*Piperaceae*) in mice. **Nat Prod Res**, v. 28, p. 403-406, 2014.

QUEIROZ, C.; LOPES, M.L.M.; FIALHO, E.; VALENTE-MESQUITA, V. L.; Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. **Food Reviews International**, v. 24, n. 4, p. 361–375, 2008.

RAMALLO, L.A.; NANCY, N.L.; SCHMALKO, M.E. Effect of the application of intermitente drying on *Ilex paraguariensis* quality and drying kinetics. **Journal of Food Agroindustriais**, v. 16, p. 93-126, 2010.

RAMIREZ, L.S.; ISAZA, J.H.; VELOZA, L.Á.; STASHENKO, E.; MARIN, D. Actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Lippia origanoides* de diferentes orígenes de Colombia. **Ciencia**, v. 17, n. 4, 2009.

RENISUS, 2014. Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2020/maio/07/renisus.pdf>>. Acesso em 10 maio, 2020.

RODRIGUES, T.S.; GABRIEL, J.; VVALLE, J.S.; Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo miúdo). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, p. 587-590, 2011.

ROSA, C.; CAMARA, S.G.; BERIA, J.U. Representações e intenção de uso da fitoterapia na atenção básica à saúde. **Ciência da saúde coletiva**. v. 16, n.1, p. 311-318, 2011.

SAVITHRAMMA, N. et. al. Screening of medicinal plants for secondary metabolites. **Middle-East J. Sci. Res**, v. 8, p. 579-584, 2011.

SCHREUDER, T.H.; EIJSVOGELS, T.M.; GREYLING, A.; DRAIJER, R.; HOPMAN, M.T.; THIJSSSEN, D.H. Effect of black tea consumption on brachial artery flow-mediated dilation and ischaemia-reperfusion in humans. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 39, p. 145-51, 2014.

SHARMA, G.P.; PRASAD, S. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. **Journal of Food Engineering**, v. 50, n. 2, p. 99–105, 2001.

SHETTY, K. Role of proline-linked pentose phosphate pathway in biosynthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: a review. **Process Biochemistry**, v. 39, p. 789-803, 2004.

SIMÕES, C.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia da planta ao medicamento. 2ª ed. rev.** Porto Alegre/ Florianópolis: Ed Universidade /UFRGS/ Ed. Universidade/ UFSC, 2000.

SIVIRA, A.; SANABRIA, M.E.; VALERA, N.; VASQUEZ, C. Toxicity of ethanolic extracts from *Lippia origanoides* and *Gliricidia sepium* to *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Acari: Tetranychidae). **Neot Entomol**, v. 40, p. 375-9, 2011.

SOUZA, R.A; MELO, E.C.; DE ÁVILA, M.B.R.; GONZAGA, D.A.; SPEROTTO, N.C.Z.; CARNEIRO, A.P.S. Intermittent drying of clove basil leaves: process optimization and essential oil yield. **Rev. Bras. Eng. Agric. e Ambient**, v. 24, p. 209–215, 2020.

SPEROTTO, N.C.Z. Secagem intermitente de *Lippia origanoides* H.B.K. e *Schinus terebinthifolius* Raddi: influência na secagem e nos parâmetros de qualidade. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)** – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal. 4.ed.** Porto Alegre: Artmed. 2009.

TEREFE, NS; DELON, A.; BUCKOW, R.; VERSTEEG, C. Polifenol oxidase de mirtilo: caracterização e cinética de ativação e inativação térmica e de alta pressão. **Food Chemistry**, v. 188, p. 193-200, 2015.

TODOROVA, M.; TRENDAFILOVA, A. Sideritis scardica Griseb., an endemic species of Balkan peninsula: Traditional uses, cultivation, chemical composition, biological activity. **J Ethnopharmacol**, v. 152, p. 256-265, 2014.

VAQUERO M.J.R.; ALBERTO, M.R; NADRA, M.C.M. (2007). Antibacterial effect of phenolic compounds from different wines. **Food Control**, v. 18, p. 93-101, 2007.

VÁQUIRO, H.A.; CLEMENTE, G.; GARCIA-PÉREZ, A. Enthalpy-Driven Optimization of Intermittent Drying of *Mangifera Indica* L. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, p. 885-98, 2009.

VEIGA-JUNIOR, V.F.; MELLO, J.C.P. As monografias sobre plantas medicinais. **Rev Bras Farmacogn**, v. 18, p. 464-471, 2008.

VERAS, H.N.H.; RODRIGUES, F.F.G.; COLARES, A.V.; MENEZES, I.R.A.; COUTINHO, H.D.M.; BOTELHO, M.A.; COSTA, J.G.M. Synergistic antibiotic activity of volatile compounds from the essential oil of *L. origanoides origanoides* and thymol. **Fitoterapia**, v. 83, p. 508–512. 2012.

VIANA, L.M. Atividade cicatrizante de três espécies do cerrado brasileiro em modelo experimental de úlceras dérmicas em coelhos. Juiz de Fora. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

VICUÑA, G.C.; STASHENKO, E.E.; FUENTES, J.L. Chemical composition of the *Lippia origanoides* essential oils and their antigenotoxicity against bleomycin-induced DNA damage. **Fitoterapia**, v. 81, p-343-349, 2010.

VILLELA, F.A ; SILVA, W.R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 145-153,1992.

VILLELA, F.A. Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal) - Esalq-USP, 1991.

VILLELA, F.A.; PESKE, S.T. Tecnologia pós-colheita para arroz. In: PESKE, S.T.; NEDEL, J.L.; BARROS, A.C.S.A. **Produção de arroz irrigado**. Pelotas, p. 351- 412, 1997.

WACHTEL-GALOR, S.; BENZIE, F.F. Herbal Medicine: An Introduction to Its History, Usage, Regulation, Current Trends, and Research Needs. **Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects**, p. 1–9, 2011.

WANG, A.H.; LIU, G.X.; XU, F.; SHANG, M.Y.; CAI, S.Q. Research on chemical fingerprint chromatograms of *Sinopodophyllum hexandrum*. **Zhongguo Zhong Yao Za Zhi**, v. 38(20), p. 3528-33, 2013.

YANG, C. S.; LANDAU, J.M.; HUANG, M.T.; NEWMARK, H.L. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. **Rev. Nutr**, v. 21, p. 381-406, 2001.

YANG, G.M.; YAN, R.; WANG, Z.X.; ZHANG, F.F.; PAN, Y.; CAI, B.C. Antitumor effects of two extracts from *Oxytropis falcata* on hepatocellular carcinoma in vitro and in vivo. **Chin J Nat Med**, v. 11, 519-24, 2013.

ZAPATA, B.D.; STASHENKO, C.E.; CORREA-ROYERO, J.; BETANCUR-GALVIS, L. Actividad citotóxica de aceites esenciales de *Lippia origanoides* H.B.K. y componentes mayoritarios. **Revista de la Universidad Industrial de Santander Salud**, 2009.

## APÊNDICE

**Tabela S1** – Resumo da ANOVA do rendimento de extrato vegetal das folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	0,1351	283,69
FS	3	0,0134	28,12
T x FS	6	0,0044	9,22*
Resíduo	24	0,0005	
Total	35		
CV(%)		8,85	

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem; CV- coeficiente de variação.

\* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Tabela S2** - Resumo da ANOVA para o comportamento das diferentes relações de intermitência de secagem dentro de cada temperatura, para o rendimento de extrato vegetal de folhas de *L. origanoides*.

FV	GL	QM	F
FS/50°C	3	0,0015	3,08 <sup>ns</sup>
FS/60°C	3	0,0145	30,55*
FS/70°C	3	0,0061	12,92*
Resíduo	24	0,0005	

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem;

\* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Tabela S3** – Resumo da ANOVA referente ao teor de compostos fenólicos totais presentes nas folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	63.158,62	810,20
FS	3	2.753,29	35,32
T x FS	6	995,94	12,78*
Resíduo	24	77,95	
Total	35		
CV(%)		8,85	

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem; CV- coeficiente de variação.

\* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Tabela S4** - Resumo da ANOVA para o comportamento das diferentes relações de intermitência de secagem dentro de cada temperatura, para o teor de compostos fenólicos totais de folhas de *L. origanoides*.

FV	GL	QM	F
FS/50°C	3	1.411,07	18,10*
FS/60°C	3	2.108,17	27,04*
FS/70°C	3	1.225,92	15,73*
Resíduo	24	77,95	

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem;

\* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Tabela S5** – Resumo da ANOVA referente ao teor de flavonoides totais presentes nas folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	7.631,33	343,67
FS	3	998,30	44,96
T x FS	6	149,95	6,75*
Resíduo	24	22,20	
Total	35		

CV(%) 8,85

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem; CV- coeficiente de variação.

\* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Tabela S6** - Resumo da ANOVA para o comportamento das diferentes relações de intermitência de secagem dentro de cada temperatura, para o teor de flavonoides totais de folhas de *L. origanoides*.

FV	GL	QM	F
FS/50°C	3	480,32	21,63*
FS/60°C	3	592,02	26,66*
FS/70°C	3	225,86	10,17*
Resíduo	24	22,20	

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem;

\* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Tabela S7** - Resumo da ANOVA da atividade antioxidante de folhas de *L. origanoides*, submetidas às diferentes relações de intermitência e secas a 50, 60 e 70 °C.

FV	GL	QM	F
T	2	6,63	0,50 <sup>ns</sup>
FS	3	1,54	0,12 <sup>ns</sup>
T x RI	6	7,51	0,57 <sup>ns</sup>
Resíduo	24	13,18	
Total	35		
CV(%)		8,85	

Nota: GL- grau de liberdade; FV- fonte de variação; QM – Quadrado médio; F- Valor de F; T- temperatura do ar de secagem; FS – forma de secagem; CV- coeficiente de variação.  
<sup>ns</sup> não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.