

NAIARA CRISTINA ZOTTI

**Secagem de *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* e
Ocimum gratissimum com bomba de calor utilizando
banho de ultrassom como pré-tratamento**

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*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Z89s
2016
Zotti, Naiara Cristina, 1988-
Secagem de *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* e
Ocimum gratissimum com bomba de calor utilizando banho de
ultrassom como pré-tratamento / Naiara Cristina Zotti. – Viçosa,
MG, 2016.
vii, 65f : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Evandro de Castro Melo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.47-59.

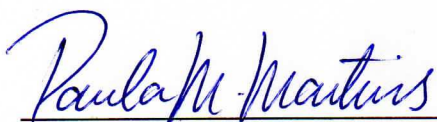
1. Plantas medicinais - Tratamento. 2. Plantas medicinais -
Secagem. 3. *Varronia curassavica*. 4. *Lippia origanoides*. 5.
Ocimum gratissimum. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22.ed 633.88

**Secagem de *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* e
Ocimum gratissimum com bomba de calor utilizando
banho de ultrassom como pré-tratamento**

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: 07 de julho de 2016.



Paula Melo Martins



Catariny Cabral Aleman



Evandro de Castro de Melo
(Orientador)

“Sorte é estar preparado para a oportunidade quando ela aparece.”

(Disrael)

Aos meus pais, Wilson e Zenilde

Ao meu irmão Raul

Ao meu esposo Renato

Dedico

Agradecimentos

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

Aos meus pais, Wilson e Zenilde e ao meu irmão Raul, por todo o amor e carinho, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida e por lutarem para que este momento se concretizasse.

Ao meu esposo Renato, por seu amor e apoio incondicionais, pelo companheirismo e paciência nesta fase de desafios e conquistas e sempre estar ao meu lado.

Aos meus sogros, Genírio e Iracilda, cunhados e cunhadas que torceram para a realização desta conquista.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realizar o Curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Evandro de Castro Melo, pela disponibilidade de orientação, confiança, pelos valiosos ensinamentos e conselhos e pela amizade em todos os momentos.

À Maira Christina Marques Fonseca, pela confiança, auxílio e amizade e por sempre ter uma palavra de apoio e carinho.

Ao professor Lauri Lourenço Radünz, meu primeiro orientador, pela confiança, incentivo e por despertar em mim o interesse pelas plantas medicinais.

À professora Lêda Rita D'Antonino Faroni pelo empréstimo de equipamentos.

Aos amigos do laboratório, Michelle, Mariane, Juliana, Diego e Ana Cláudia, pela ajuda na execução dos experimentos e pelos impagáveis momentos que passamos juntos. Vocês foram muito importantes para essa conquista e tornaram a caminhada mais leve e divertida.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, Edson, José Geraldo, José Eustáquio pelo auxílio e disponibilidade em ajudar.

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

Biografia

NAIARA CRISTINA ZOTTI, filha de Wilson Jesuino e Zenilde Gratieri Zotti, nasceu em Tapejara, Rio Grande do Sul, em 23 de março de 1988.

Em março de 2008, ingressou no curso de Engenharia Agrícola, na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI-Campus Erechim/RS. De agosto de 2008 a julho de 2011, foi bolsista de Iniciação Científica na mesma Universidade.

Em fevereiro de 2013 graduou-se em Engenharia Agrícola pela URI-Erechim. Neste mesmo ano, iniciou a vida profissional na empresa Agros-Assessoria e Consultoria Agropecuária.

Em agosto de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, na área de concentração em Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, sob orientação do Professor Evandro de Castro Melo, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2016.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. ERVA-BALEEIRA (<i>VARRONIA CURASSAVICA</i> DC.)	3
2.2. ALECRIM-PIMENTA (<i>LIPPIA ORIGANOIDES</i> KUNTH.)	5
2.3. ALFAVACA (<i>OCIMUM GRATISSIMUM</i> L.).....	7
2.4. SECAGEM.....	9
2.5. ULTRASSOM	11
2.6. BOMBA DE CALOR	15
2.7. COLORIMETRIA	17
3. OBJETIVOS	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. MATERIAL VEGETAL.....	20
4.2. DETERMINAÇÃO DO TEOR INICIAL DE ÁGUA.....	20
4.3. COLHEITA E SELEÇÃO DO MATERIAL VEGETAL	20
4.4. PRÉ-TRATAMENTO COM ULTRASSOM	21
4.5. SECAGEM.....	23
4.6. LEITURA DAS COORDENADAS COLORIMÉTRICAS	25
4.7. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. SECAGEM.....	26
5.1.1. <i>VARRONIA CURASSAVICA</i>	26
5.1.2. <i>LIPPIA ORIGANOIDES</i>	30
5.1.3 <i>OCIMUM GRATISSIMUM</i>	35
5.2 INFLUÊNCIA DAS ONDAS ULTRASSÔNICAS E DO PROCESSO DE SECAGEM NA VARIAÇÃO DA COR VERDE DAS FOLHAS DE <i>VARRONIA CURASSAVICA</i> , <i>LIPPIA</i> <i>ORIGANOIDES</i> E <i>OCIMUM GRATISSIMUM</i>	41
6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
6.1 CONCLUSÃO	46
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	46
7. REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	60

RESUMO

ZOTTI, Naiara Cristina, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Secagem de *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* e *Ocimum gratissimum* com bomba de calor utilizando banho de ultrassom como pré-tratamento.** Orientador: Evandro de Castro Melo. Coorientador: Maira Christina Marques Fonseca.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do pré-tratamento com banho de ultrassom no tempo de secagem e na variação da cor verde de folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum*, tendo como fonte de aquecimento do ar de secagem uma bomba de calor. Para a secagem, utilizou-se um secador de bandejas com temperatura fixa do ar de secagem em 40 °C. Foram avaliados 7 tempos de exposição às ondas ultrassônicas (0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min), com 3 repetições para cada espécie em estudo. Foram utilizadas 200 g de folhas de cada espécie. A velocidade do ar de secagem foi mantida em 0,8 m s⁻¹ para as três espécies. Para avaliar o efeito das ondas ultrassônicas e da secagem sobre a coloração das folhas, realizaram-se leituras com colorímetro antes e após a secagem, sendo três replicatas para cada repetição. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. A avaliação dos tempos de secagem e da variação do valor da coordenada a* em função dos pré-tratamentos aplicados em comparação com o tratamento sem ultrassom, foram realizados através do teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa para análises estatísticas ASSISTAT. O pré-tratamento de 5 min com ultrassom foi recomendado para as espécies *V. curassavica* e *O. gratissimum* e 15 min para *L. origanoides*, pois esses tratamentos reduziram o tempo de secagem e preservaram a cor verde das folhas dessas espécies.

ABSTRACT

ZOTTI, Naiara Cristina, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Drying of *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* and *Ocimum gratissimum* with heat pump using ultrasound bath as pré-treatment.** Adviser: Evandro de Castro Melo. Co-adviser: Maira Christina Marques Fonseca.

The objective was to evaluate the influence of pre-treatment with ultrasound bath in the drying time and the variation of the green leaf color of *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum*, having as a heat source of the drying air a heat pump. For drying, it was used a tray dryer with fixed temperature of the drying air at 40 °C. Were evaluated 7 times of exposure to ultrasonic waves (0, 3, 5, 10, 15, 20 and 30 min), with 3 replications for each species under study. Were used 200 g of leaves each species. The drying air rate was maintained at 0.8 m s⁻¹ for all three species. To evaluate the effect of ultrasonic waves and drying on the color of leaves, were held colorimeter readings before and after drying, with three replicates for each repetition. The experimental design was completely randomized. The evaluation of the drying time and the variation of coordinate value a* on the basis of pre-treatments applied compared to the treatment without ultrasound, were performed by the Dunnett test at 5% probability, with the help of the program to statistical analysis ASSISTAT. Pre-treatment of 5 min with ultrasound was recommended for the species *V. curassavica* and *O. gratissimum* and 15 min for *L. origanoides*, because these treatments reduced the drying time and preserve the green color of the leaves of these species.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais para fins curativos é utilizada desde os primórdios da civilização humana. Em muitos casos, onde não se tinha acesso ou não existiam ainda medicamentos sintéticos, a utilização de plantas medicinais era a única alternativa para a cura de enfermidades. Muitas vezes, seu uso era baseado em conhecimentos empíricos, o que gerou a necessidade de estudos mais aprofundados dessas espécies, para conhecimento de seu real poder curativo.

De acordo com a ANVISA, planta medicinal é toda planta ou parte dela que contenha as substâncias ou classe de substâncias responsáveis por alguma ação terapêutica (BRASIL, 2010). Cerca de 80% da população mundial faz uso de alguma espécie medicinal no tratamento de alguma doença (OMS, 1979). Destas plantas, são originados dois tipos de medicamentos: os fitoterápicos, que são exclusivamente oriundos de material vegetal integral e os fitofármacos, obtidos através do isolamento de algum princípio ativo da planta (BATALHA et al., 2003).

O fato de serem tão eficazes quanto os medicamentos sintéticos explica a crescente procura pelos medicamentos terapêuticos, com a vantagem de apresentarem menos contraindicações e efeitos colaterais (LORENZI e MATOS, 2008).

No Brasil estão catalogadas cerca de 55 mil espécies (de um total estimado entre 350 a 550 mil) (FONSECA, 2012). No Brasil, 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).

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), que ampliou a oferta na rede pública de tratamentos com fitoterapia, homeopatia, acupuntura e com outros que fazem parte da medicina alternativa.

Com o Decreto nº 5813, de 22 de junho de 2006 (BRASIL, 2006b), o governo federal aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, para garantir 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. Também amplia as opções terapêuticas aos usuários, com garantia de acesso a plantas medicinais, fitoterápicos e serviços relacionados à fitoterapia, com segurança, eficácia e qualidade.

A Portaria Interministerial nº 2960, de 9 de dezembro de 2008 (BRASIL, 2008), aprovou o Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos e criou o Comitê Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, o qual tem por objetivo inserir plantas medicinais, fitoterápicos e serviços relacionados à fitoterapia no SUS. O programa também incentiva a prática de pesquisas nessa área. Aliado a isso, o Ministério da Saúde criou a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS), que reúne atualmente 71 espécies de plantas com potencial medicinal (RENISUS, 2014). O incentivo para a utilização de fitoterápicos visa à redução de custos no tratamento de doenças, tanto para a população, quanto para o governo, uma vez que os medicamentos sintéticos são mais caros devido às patentes envolvidas em seu desenvolvimento (MARTINAZZO, 2006).

A busca por hábitos saudáveis tem levado a população a consumir alimentos e medicamentos cada vez mais naturais. Com isso, houve aumento de produção e consumo de medicamentos fitoterápicos e afins. Logo, a crescente demanda por produtos naturais, requer maiores cuidados com as plantas após serem retiradas do campo (CORRÊA et al., 2004). Visando um produto de melhor qualidade final, os procedimentos de pós-colheita são de fundamental importância para se preservar as características das espécies medicinais. A secagem é uma etapa indispensável, uma vez que visa reduzir o teor de água, diminuir a proliferação de microrganismos e preservar os materiais submetidos ao processamento físico e quimicamente por períodos mais longos. Outro benefício da secagem é a possibilidade de oferta regular e melhoria na comercialização das plantas, já que facilita o transporte e o armazenamento (LEMOS, 2008).

A secagem de plantas medicinais no Brasil é comumente realizada na sombra, sol ou em estufas, o que implica em pouco ou nenhum controle dos fatores como temperatura, umidade relativa do ar de secagem e vazão de ar, que são variáveis imprescindíveis para a realização do processo sob índices de qualidade. Os processos de pós-colheita devem ser realizados de forma adequada para a manutenção da qualidade dos princípios ativos (OLIVEIRA et

al., 2013). É importante que essas etapas preservem ao máximo a coloração natural das plantas, pois os consumidores classificam a cor como um parâmetro de qualidade, e de decisão para a compra do produto (MARTINAZZO et al., 2008).

A fim de manter a qualidade do produto, há necessidade de técnicas de secagem mais eficientes, que possibilitem secar o produto com menores temperaturas do ar de secagem e em tempo reduzido. Desta forma, a utilização do ultrassom e da bomba de calor para a secagem de produtos agrícolas apresentam-se como alternativas promissoras.

As ondas ultrassônicas são capazes de acelerar os processos de transferência de massa nas plantas sem alterar suas principais características de qualidade. É possível reduzir o teor de água sem aumentar significativamente a temperatura do ar de secagem. Esta é uma das vantagens dessa técnica e principal razão de sua utilização (O'DONNELL et al., 2010; RIERA et al., 2004; SUSLICK, 1989).

A secagem, utilizando-se bomba de calor, tem sido considerada um método eficiente, devido à desumidificação do ar de secagem, reduzindo, conseqüentemente, a pressão de vapor, sem causar estresse térmico no produto. A sua capacidade para converter o calor latente de condensação em calor sensível, se torna atraente em aplicações de secagem (KUDRA & MUJUMDAR, 2009). Devido ao uso de baixas temperaturas, resulta em produtos de melhor qualidade final e redução no consumo de energia (PATEL & KAR, 2012; CHUA et al., 2010; DAGHIGH et al., 2010; OMER, 2008).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Erva-baleeira (*Varronia curassavica* DC.)

A família Boraginaceae compreende cerca de 100 gêneros e 2.000 espécies, distribuídas em todas as regiões tropicais, subtropicais e temperadas do mundo. *Varronia* é o gênero desta família mais encontrado no Brasil (AKISUE et al., 1983). Abrange cerca de 250 espécies, conhecidas por produzir muitas substâncias de uso medicinal (CORREA, 1984).

A *Varronia curassavica* DC., popularmente conhecida como erva-baleeira, é um arbusto perene, pertencente à família Boraginaceae (Figura 1). Encontra-se ao longo de todo litoral brasileiro, largamente encontrada na costa

sudeste do país. Apresenta-se como um arbusto que atinge entre 1,5 e 2 metros de altura. Suas folhas são ásperas, aromáticas, com propriedades terapêuticas, utilizadas na medicina popular desde os tempos coloniais, devido as suas características anti-inflamatórias, analgésicas, anti-ulcerogênicas e antirreumáticas, sob a forma de chás ou infusões para uso interno ou tópico (LORENZI & MATOS, 2008; CARVALHO JÚNIOR et al., 2004).



Figura 1 – Folhas de *V. curassavica*. (Fonte: Naiara Cristina Zotti).

Diversos estudos confirmam atividade anti-inflamatória de *V. curassavica* (SERTIÉ et al., 2005; TICLI et al., 2005; PASSOS et al., 2007), ação antimicrobiana (CARVALHO JÚNIOR et al., 2004; PINHO et al., 2012) e ação antiulcerogênica (ROLDÃO et al., 2008). Silva et al. (2014) ao avaliarem o potencial de óleos essenciais derivados de *V. curassavica* e outras duas espécies para controle da ferrugem asiática da soja, descobriram que o tratamento com os óleos essenciais produziu alterações morfológicas nas estruturas fúngicas, que são semelhantes àquelas produzidas pelos fungicidas comerciais.

Fernandes et al. (2007) e Medeiros et al. (2007) avaliaram as propriedades anti-inflamatórias a partir dos compostos presentes no óleo essencial de *V. curassavica* e constataram que os compostos α -humuleno e trans-cariofileno, identificados no óleo essencial, são os responsáveis por esta importante atividade característica da espécie em estudo.

Observa-se um crescente aumento de interesse da comunidade científica em investigar as propriedades químicas e farmacológicas de plantas medicinais (BARBOSA-FILHO et al., 2007; COUTINHO et al., 2008). Muitos

medicamentos apresentam, como base de fabricação, plantas medicinais. Por serem misturas complexas, apresentam baixo risco de resistência microbiana, tornando muito difícil sua adaptabilidade (DAFERERA et al., 2003).

Devido à eficácia anti-inflamatória comprovada por estudos científicos e conhecimento popular, em 2005, o Laboratório Aché desenvolveu o primeiro anti-inflamatório fitoterápico, totalmente desenvolvido no Brasil, produzido com o óleo essencial extraído de *V. curassavica*. A pomada encontra-se disponível no mercado com o nome comercial de Acheflan® (GONELI et al., 2014a).

2.2. Alecrim-pimenta (*Lippia origanoides* Kunth.)

O gênero *Lippia*, segundo maior da família Verbenaceae, abrange cerca de 200 espécies de plantas aromáticas, que podem ser desde herbáceas, subarbustivas, até árvores de pequeno porte, distribuindo-se, principalmente, na América Central, regiões tropicais da África, América do Norte, América do Sul e Austrália (PASCUAL et al., 2001; SILVA et al., 2006; GOMES et al., 2011).

No Brasil e no México é onde se encontram as maiores diversidade das espécies de *Lippia*. No Brasil, essas espécies desenvolvem-se na Cadeia do Espinhaço, localizada nos estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás. Cerca de 120 espécies estão distribuídas em dois importantes biomas brasileiros, Cerrado e Caatinga, destacando-se pela floração chamativa, aroma forte e agradável (OLIVEIRA et al., 2007; GOMES et al., 2011). Várias espécies de *Lippia* são usadas na medicina popular para o tratamento de resfriados, gripes, bronquites e tosse (GOMES et al., 2011), bem como relaxante muscular (SOARES & TAVARES-DIAS, 2013). Estudos recentes têm apresentado o gênero *Lippia* como rica fonte de compostos fenólicos (flavonoides) (VERAS et al., 2012), os quais possuem importante ação antioxidante.

A *Lippia origanoides* Kunth (Verbenaceae), popularmente conhecida como alecrim-pimenta, nativa do Nordeste do Brasil, apresenta porte arbustivo, ereto, com muitas ramificações, podendo atingir até três metros de altura (Figura 2). Seu óleo essencial é rico em timol e carvacrol, que apresentam grande potencial antifúngico e antibacteriano (LEMOS et al., 1990; LACOSTE et al., 1996; MELO et al., 2011). Na medicina popular, é utilizado como antisséptico tópico na pele e membranas mucosas e o seu efeito terapêutico é

atribuída à presença de timol. É utilizado em fermentos de picadas de insetos e contra dores de garganta (VERAS et al., 2012; LEMOS et al., 1990).



Figura 2 – Detalhe das folhas de *L. origanoides*. (Fonte: Naiara Cristina Zotti)

Lobo et al. (2011) e Pereira et al. (2013) demonstraram atividade bacteriana em combate à gengivite e placa dentária com uso de óleo essencial de *L. origanoides*. Farias et al. (2012) constataram atividade antifúngica do extrato etanólico de *L. origanoides* contra cepas resistentes de *Candida* spp.

Carvalho et al. (2003) mostraram estudos em que o óleo essencial de *L. origanoides* apresentou ação larvicida contra o mosquito *Aedes aegypti*. O timol foi identificado como sendo o princípio ativo responsável pela ação larvicida. Lima et al. (2013) também encontraram resultados similares, indicando que estes óleos são fontes promissoras de compostos bioativos e, aliado a isso, apresentam baixa ou nenhuma toxicidade para os mamíferos. O óleo essencial de *L. origanoides* também apresentou interesse epidemiológico contra *Plasmodium falciparum* e *Plasmodium berghei*, agentes causadores da malária (MOTA et al., 2012).

O óleo essencial de *L. origanoides* pode ser utilizado no controle natural de algumas pragas de plantas. Cavalcanti et al. (2010) investigaram a sua atividade acaricida contra o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae* Koch). Os compostos timol e carvacrol apresentaram atividade acaricida potente contra *T. urticae*.

2.3. Alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.)

A família Lamiaceae apresenta-se como a terceira com o maior número de espécies medicinais utilizadas em todo o território nacional, segundo levantamento realizado no Brasil por Lorenzi e Matos (2008).

O gênero *Ocimum*, da Família Lamiaceae, abrange plantas ricas em óleos essenciais, sendo muito utilizados pela indústria de fármacos, perfumes e cosméticos (MARTINS, 2006). Cerca de 30 espécies de *Ocimum* encontram-se distribuídas pelo mundo, preferindo as regiões mais quentes dos hemisférios (PATON et al., 1999).

Ocimum gratissimum L., conhecido popularmente como alfavaca, alfavaca-cravo ou alfavacão, é um subarbusto lenhoso aromático, ereto, com até 1,0 m de altura, pertencente à família Lamiaceae (Figura 3). É originário da Ásia e África e bem adaptado em todo território brasileiro (MARTINS et al., 2014). Seu óleo essencial é rico em eugenol (SARTORATTO et al., 2004) e apresenta propriedades medicinais importantes, como antifúngica (FARIA et al., 2006) e antioxidante (TREVISAN et al., 2006). Na medicina popular, as folhas são utilizadas na composição de banhos antigripais, no tratamento de casos de nervosismo, bem como na preparação de chás carminativos, diuréticos e antiblenorrágicos. Por apresentar sabor e odor parecidos ao cravo-da-índia, pode ser usado na culinária (LORENZI & MATOS, 2008). Além disso, pode ser utilizada no tratamento de algumas doenças, como infecções do trato respiratório superior, diarreia, dor de cabeça, oftálmica, doenças de pele, pneumonia, febre, tosse e conjuntivite (ONAJOBI, 1986).



Figura 3 – Planta adulta de *O. gratissimum*. (Fonte: Naiara Cristina Zotti)

O óleo essencial das folhas de *O. gratissimum* apresenta atividade antimicrobiana sobre organismos de alta patogenicidade, tais como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* spp, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosae*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Candida albicans* (MATASYOH et al., 2007), *Leishmania amazonensis* (UEDA-NAKAMURA et al., 2006) e *Cryptococcus neoformans* (LEMOS et al., 2005).

Recentemente, os óleos essenciais de plantas medicinais vêm sendo estudados como possíveis alternativas aos inseticidas comerciais no combate a pragas de grãos armazenados (RAJENDRAN e SRIANJINI, 2008). De acordo com as pesquisas, óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas apresentam uso em potencial como fumigantes, têm baixa toxicidade e degradação rápida (SHA SHA et al., 2011). Nguemtchouin et al. (2013), sugeriram que as formulações à base de óleos essenciais de *O. gratissimum*, adsorvido em argila modificada podem ser uma alternativas para proteção de produtos armazenados contra *Sitophilus zeamais*. Outros pesquisadores também encontraram resultados positivos utilizando óleos essenciais contra pragas de produtos armazenados (OGENDO et al., 2008; CRUZ et al., 2016).

2.4. Secagem

Os benefícios do uso dos fitoterápicos justifica a crescente procura em nível mundial desses medicamentos. Assim sendo, julga-se necessário o estudo e controle de qualidade dos processos pós-colheita, uma vez que estas etapas são determinantes para a qualidade final das plantas medicinais (CORRÊA et al., 2004; GONELI et al., 2014b).

Após a colheita, as plantas medicinais precisam ser comercializadas, consumidas ou secas, pois devido a grande quantidade de água presente no material, a atividade enzimática, os processos oxidativos e o crescimento microbiano são aumentados, o que propicia a degradação de seus princípios ativos. Portanto, os processos pós-colheita são imprescindíveis para a redução das perdas. Visando à manutenção da qualidade dos produtos agrícolas, a secagem é o processo mais usado, pois reduz significativamente o teor de água do material vegetal, desfavorecendo a proliferação de microrganismos (REIS et al., 2003; MARTINAZZO et al., 2007).

A secagem de plantas medicinais é um processo que visa à preparação para um armazenamento seguro, a fim de atender a demanda das indústrias de fitoterápicos que não tem estrutura suficientemente grande para armazenar as plantas *in natura*, para suprir a demanda da produção industrial (LORENZI & MATOS, 2008).

Para que um produto seja seco, é necessário que a pressão parcial de vapor d'água em sua superfície seja maior do que a pressão parcial do vapor d'água no ar de secagem, permitindo, assim, a movimentação da água do material para o meio (CARVALHO, 1994).

O processo de secagem tem por objetivo reduzir o teor de água do produto, possibilitando sua conservação por mais tempo, o que facilita o transporte, manuseio e armazenamento, já que a atividade de água é reduzida de maneira drástica. Outra vantagem da secagem é a estabilização dos princípios ativos à temperatura ambiente por longos períodos, protegendo contra a degradação enzimática e oxidativa (PARK et al., 2001). Com isso, o percentual dos compostos ativos em relação à massa total é maximizado (BARBOSA, 2005).

A taxa de secagem está relacionada com a velocidade com que a água se movimenta do interior à superfície do produto, dependendo da umidade

relativa, da temperatura e do fluxo de ar, além das características físicas e químicas do produto (MARTINAZZO et al., 2007).

Assim sendo, a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar de secagem são parâmetros que devem ser observados. Quanto maior for a temperatura e a velocidade do ar, menor será o tempo de secagem. Porém, a temperatura do produto no decorrer da secagem também é um parâmetro importante a ser considerado. Os compostos químicos presentes nas plantas medicinais, aromáticas e condimentares são muito voláteis e, uma vez que, a temperatura do material vegetal aumenta durante o processo, os limites de temperatura do ar de secagem são fatores determinantes para a qualidade final do produto. Conforme a espécie e parte da planta há uma temperatura ideal de secagem, podendo ocorrer aumento ou redução do teor dos princípios ativos (VENSKUTONIS, 1997; MARTINS, 2000; BARBOSA, 2005; CORRÊA JUNIOR et al., 2006).

Sabendo-se que a secagem visa à remoção de grande parte da água contida nos produtos agrícolas, torna-se necessária a manutenção do teor final de água das plantas medicinais em torno de 11,11 % b. s., a fim de evitar a proliferação de microrganismos e a atividade hidrolítica de enzimas, que podem levar a reações de oxidação, degradando, assim, os princípios ativos. Portanto, com o objetivo de manter a integridade dos compostos ativos das espécies medicinais, é necessária a utilização de metodologias de secagem que sejam apropriadas para cada planta estudada, desfavorecendo as atividades metabólicas e o desenvolvimento de microrganismos, mantendo a qualidade física e química das espécies por mais tempo (SIMÕES, 1999; RADÜNZ et al., 2002; SCHULZ et al., 2002; CORRÊA et al., 2004; MARTINAZZO et al., 2007).

Ao final do processo de secagem, ocorre grande redução do volume do material vegetal, o que facilita o transporte, manipulação e armazenamento do produto e, conseqüentemente, redução de custos deste processo (SILVA & CASALI, 2000).

Diante do exposto e reconhecendo a real importância da secagem de plantas medicinais, no que diz respeito à manutenção da qualidade do produto durante o armazenamento e a inviabilidade da utilização das plantas *in natura* pela indústria farmacêutica, vários pesquisadores vêm estudando a influência da secagem em diferentes espécies medicinais: *Aristolochia cymbifera* (MONTES et al., 2015); *Serjania marginata* (MARTINS et al., 2015);

Rosmarinus officinalis, *Laurus nobilis*, *Salvia officinalis* e *Thymus serpyllum* (D'AURIA & RACIOPPI, 2015); *Mikania glomerata* (RADÜNZ et al., 2014); *Baccharis articulata* (BORGO et al., 2010); *Cymbopogon citratus* (MARTINAZZO et al., 2007); *O. gratissimum basilicum* (SOARES et al., 2007); *Melissa officinalis* (BLANK et al., 2005); *Vernonia polyanthes* (CÔRREA et al., 2004).

2.5. Ultrassom

De acordo com a Energy Information Association (EIA), dos Estados Unidos, em 2040, o consumo mundial de energia aumentará em 56%. Devido a isso, há necessidade de manter o nível de desenvolvimento econômico sem, no entanto, gerar grande impacto ao meio ambiente, alterando ou inovando as tecnologias existentes. Considerando a secagem como um processo consumidor de grande quantidade de energia, estudos devem ser realizados nesta área a fim de encontrar soluções que poupem energia sem, no entanto, causar alterações nas propriedades físicas e químicas dos produtos agrícolas (WITROWA-RAJCHERT et al., 2014).

Uma das vantagens do processo de secagem é a garantia de estabilidade das plantas medicinais para um armazenamento seguro, uma vez que seu principal objetivo é a redução do teor de água. Por outro lado, quando a secagem é realizada com temperaturas muito baixas, a exposição prolongada ao oxigênio, propicia a proliferação de microrganismos que podem causar degradação das plantas (MAHANOM et al., 1999). Nesse contexto, devem ser estudadas alternativas viáveis que intensifiquem o processo de secagem, com o uso temperaturas mais baixas, sem grande consumo de energia e baseando-se em técnicas que não alterem as estruturas dos tecidos. Nesse contexto, a técnica baseada na utilização de ondas ultrassônicas como pré-tratamento, apresenta-se como uma alternativa promissora (SORIA & VILLAMIEL, 2010; WITROWA-RAJCHERT et al., 2014).

O ultrassom foi descoberto por Pierre e Marie Curie em 1880 e inicialmente utilizado para limpeza. É definido como som em frequência acima de 16 kHz, não audível quando transmitido através do ar. Sua versatilidade se deve à amplitude de frequência ativa que pode ser sintonizada e aplicada especificamente para controlar a intensidade e o número de eventos de cavitação (LEONG et al., 2016; FREITAS et al., 2011).

Os transdutores convertem a energia elétrica ou mecânica em energia sonora. O nível de potência de ultrassom ou energia transmitida a um meio de alimentação pode ser expressa como a energia de ultrassom (W), a intensidade do ultrassom (W/cm^2), a densidade de energia acústica (W/mL) ou intensidade de cavitação (O'DONNELL et al., 2010). Pode ser categorizado em várias regiões diferentes ao longo do espectro de frequências. A região do ultrassom de potência baixa abrange a gama entre 16 e 100 kHz. Essa faixa caracteriza-se por tamanhos de bolhas grandes, seguido por intenso colapso de bolhas, muitas vezes resultando em alterações físicas extremamente fortes nos produtos, incluindo cisalhamento localizado e altas temperaturas. Esta categoria de ultrassons proporciona alta intensidade de energia, na faixa de 10-1000 W/cm^2 . Entre 100 a 1000 kHz, as bolhas geradas são muito menores. No entanto, o seu colapso induz um aumento mais elevado da temperatura. Nas frequências acima de 1 MHz, os efeitos cavitacionais são muito mais fracos, devido ao tamanho das bolhas serem menores, sendo utilizados para a limpeza de peças eletrônicas e para fins de imagens médicas e industriais (LEONG et al, 2011; LEONG et al., 2016).

As aplicações do ultrassom baseiam-se na aplicação direta ao produto, no acoplamento com o dispositivo ou submersão em um banho de ultrassom (CHEMAT et al., 2011).

As ondas ultrassônicas agem sem afetar as principais características qualitativas dos produtos. Este fato se torna atraente para a secagem de produtos sensíveis ao calor, pois podem ser secas mais rapidamente e sob temperaturas mais baixas do que aquelas normalmente utilizadas (GALEGO et al., 1999). Isso significa que a água pode ser removida sem aquecer significativamente o produto e, conseqüentemente, os processos de transferência de massa podem ser acelerados (GARCÍA-PÉREZ et al., 2006).

A cavitação (colapso da bolha) gera ondas de choque que se propagam radialmente para fora a partir do ponto de colapso no fluido circundante. Estas ondas de choque podem ser usadas para aumentar as taxas de transferência de massa, como é o caso da secagem (LEONG et al., 2016). Modificações físicas causadas pelo ultrassom podem surgir nos materiais, devido às forças de corte geradas durante o colapso das bolhas e estão associadas a ondas de choque de pressão, microjets líquidos e transmissão acústica. Transmissão acústica é a propagação de perturbações no fluido causada pelas oscilações

induzidas pelas bolhas de gás formadas pelo ultrassom. A interação entre as bolhas por colisões, resultando em combinação entre si para formar uma bolha maior é conhecida como coalescência, e é outra fonte de crescimento de rede de bolhas num campo de ultrassom. Assim, as bolhas dentro de um campo de som crescerão em tamanho até que entrem em colapso. A formação, crescimento e colapso de uma bolha devido à influência do ultrassom são conhecidos como cavitação acústica. O colapso de uma bolha é uma implosão microscópica que gera alta turbulência e liberação de energia térmica, tendo como consequência um aumento significativo de temperatura e pressão (ASHOKKUMAR et al., 2007; LEONG et al. 2011; LEONG et al., 2016).

A frequência do ultrassom varia de 16 kHz até 500 MHz, sendo a frequência mais adequada para processamento de fluidos entre 16 e 3000 kHz. Quando o ultrassom é aplicado em fluidos, os efeitos da cavitação são altamente dependentes da frequência. A intensidade de colapso da bolha (quantidade de energia liberada) e o tamanho máximo da bolha antes do colapso são correlacionados e inversamente proporcionais à frequência aplicada (LEONG et al., 2011).

A transferência de massa promovida pela tecnologia ultrassônica é atribuída aos efeitos diretos e indiretos do ultrassom no produto aplicado. Os efeitos diretos estão relacionados ao “Efeito Esponja”. As ondas ultrassônicas são capazes de causar uma série de compressões e expansões, similares a esponjas sendo espremidas e liberadas rapidamente (“Efeito Esponja”). As forças que são geradas por esse movimento podem ser maiores do que tensão superficial que conserva a água dentro do produto. Esse estresse cria canais microscópicos e cavidades que podem facilitar a remoção da água fortemente ligada (FUENTE-BLANCO et al., 2006; TARLETON & WAKEMAN, 1998). Como consequência, maior mobilidade de água interna é observada, o que acelera sua evaporação durante a secagem, reduzindo tanto o tempo, como o custo do processo (WITROWA-RAJCHERT et al., 2014; RODRÍGUEZ et al., 2015). Este pré-tratamento pode ser usado para reduzir o teor inicial de água dos produtos agrícolas ou pode ser usado para modificar a estrutura de tecido (FERNANDES et al., 2008). Estes microcanais foram relatados pela primeira vez em tecido de melão após a aplicação de ultrassons por Fernandes et al. (2008).

O efeito indireto está relacionado com a cavitação acústica. Quando as ondas de ultrassom viajam através do produto, o fenômeno de cavitação ocorre na água, dentro ou fora das células do produto, resultando em rompimento do tecido e da consequente formação de microcanais (CHEMAT et al, 2011; MIANO et al, 2016), facilitando a evaporação durante o processo de secagem.

É importante ressaltar que o impacto e a eficiência da aplicação de ondas ultrassônicas depende, não só do meio utilizado para o tratamento (líquido, gás ou fase supercrítica), mas também das condições de processamento (temperatura, potência, frequência, amplitude e o tempo de exposição) e da estrutura superficial e porosidade do produto (CÁRCEL et al., 2012; SLEDZ et al, 2015b). A grande vantagem da utilização do ultrassom é que para seu uso, não há necessidade de nenhum aquecimento, desta forma pode ser utilizado em temperatura ambiente, o que causa menores chances de degradação do produto (MASON, 1998).

Sledz et al. (2015a) avaliaram a influência do pré-tratamento com ultrassom sobre a cinética de secagem, propriedades antioxidantes e microestrutura das folhas de manjericão, submetidas a secagem em microondas. Os tempos de pré-tratamento foram de 20 e 30 min, nas frequências de 21 e 35 kHz. A aplicação de ultrassom reduziu significativamente o tempo de secagem em até 20% e diminuiu o consumo de energia em 26,2%, no caso de 35 kHz e 20 min. O pré-tratamento modificou a microestrutura do manjericão, manifestada em espaços celulares maiores e alongados. No entanto, não alterou a atividade antioxidante e o conteúdo de fenóis totais, em comparação com a amostra não tratada. Os coeficientes dos modelos propostos para descrever a cinética de secagem indicaram a intensidade do processo, devido à correlação significativa entre a velocidade de secagem e difusividade efetiva da água. Os pesquisadores verificaram que a aplicação de ultrassom como pré-tratamento de secagem resultou em uma redução significativa dos custos da secagem e melhoria na qualidade das folhas de manjericão. Ressaltaram ainda, que os custos, tanto de investimento e de operação do ultrassom, são insignificantes em comparação com os benefícios associados com a diminuição do consumo de energia de secagem.

Sledz et al. (2014) estudaram o efeito do pré-tratamento de ultrassom em frequências diferentes (21 e 35 kHz) nos tempos de 20 ou 30 min sobre a cinética de secagem e os parâmetros qualitativos de folhas de salsa secas em

microondas convectivo. A aplicação de ultrassom contribuiu para a redução no tempo de secagem de 11 a 56%, dependendo dos tratamentos empregados. A frequência de 21 kHz foi recomendada como pré-tratamento de secagem para folhas de salsa pela redução no tempo de secagem (47-52%), na preservação do conteúdo fenólico e na manutenção da cor.

O uso da tecnologia ultrassônica ainda não está amplamente implementado em escala industrial devido à redução da eficácia com a distância da fonte de ultrassom. A maior eficiência está limitada às regiões sonoquímicas perto dos transdutores, que pode ser pequena e estreita, o que dificulta o aumento de escala. Uma solução seria a passagem do líquido em uma região perto do transdutor para garantia de que todos os elementos do fluxo sejam submetidos ao ultrassom. Também, podem ser utilizados vários transdutores em uma câmara de fluxo que garanta a uniformidade de distribuição do ultrassom em grande volume de produto (LEONG et al., 2016).

A formação de radicais por cavitação ultrassônica pode ser benéfica para a intensificação das reações sonoquímicas, porém pode degradar as substâncias mais sensíveis. Este fato se torna uma preocupação, pois o sabor, a cor e as propriedades nutricionais de alimentos e produtos naturais devem ser mantidos após o processamento. No entanto, esses fatores podem ser minimizados pela seleção de menor frequência e tempos de exposição mais curtos (LEONG et al., 2016; ASHOKKUMAR et al., 2008).

O custo do ultrassom ainda pode ser maior do que as alternativas convencionalmente utilizadas. Entretanto, seu uso resulta em produtos com propriedades melhoradas, com alto valor comercial e redução do consumo de energia, podendo compensar o custo extra com a tecnologia ultrassônica aplicada (LEONG et al., 2016).

2.6. Bomba de Calor

O objetivo principal de secagem é produzir um produto de qualidade a um custo mínimo e eficiência máxima. No entanto, dependendo do tipo de secagem empregada, o produto pode sofrer muitas variações indesejadas, comprometendo sua qualidade final (CHUA et al., 2001; SUN et al., 2005).

O processo de secagem é uma operação de gasto intenso de energia. É responsável por até 70% do consumo na fabricação de produtos de madeira, 50% na fabricação de tecidos e mais de 60% para a produção de milho.

Buscando-se alternativas para reduzir o consumo desse processo, é necessário estudo e análise de métodos que melhorem a eficiência energética dos equipamentos de secagem (MUJUMDAR, 1987). Nesse contexto, a secagem utilizando bomba de calor apresenta-se como uma alternativa.

A bomba de calor, através de um ciclo termodinâmico tem a função de fornecer energia térmica de um nível mais baixo para um mais alto. No caso da secagem, o nível mais baixo é representado pelo ar ambiente e o mais alto pelo ar de secagem (SANTOS, 2007; OLIVEIRA & MATA, 1999). Assim, a bomba de calor se caracteriza por causar a desumificação do ar de secagem e, conseqüentemente, reduzir sua pressão de vapor. Desta forma, o potencial de secagem do ar torna-se maior, possibilitando a utilização de menores temperaturas de secagem, quando comparado aos secadores usuais. Esta é uma de suas principais vantagens, uma vez que o emprego de altas temperaturas pode comprometer a qualidade dos princípios ativos das plantas medicinais (ADAPA et al., 2002; SOSLE et al., 2003).

O sistema de bomba de calor foi desenvolvido visando diferentes aplicações, como: aquecimento de ambientes, refrigeração e desumificação (secagem). Na secagem, é um sistema que garante qualidade com destaque para alimentos e produtos agrícolas, pois permite controlar a temperatura de secagem, umidade relativa e velocidade do ar de secagem. Ainda pode reduzir o custo de operação da indústria de secagem (GOH et al., 2011). Seu uso em secadores de plantas medicinais oferece as mesmas vantagens de outros sistemas de secagem que operam com temperaturas baixas e com a mesma qualidade da secagem realizada com resistência elétrica, porém, de forma mais eficiente, já que pode apresentar economia no consumo de eletricidade e viabiliza a obtenção de um produto de qualidade mais homogênea (OLIVEIRA & MATA, 1999; HOGAN et al., 1983).

A utilização da tecnologia bomba de calor apresenta como principais vantagens seu potencial de economia de energia e a capacidade de controle da temperatura de secagem e umidade do ar (CLAUSSEN et al., 2007).

Queiroz et al. (2004), encontraram economia de energia de cerca de 40% usando secadores com bomba de calor, comparado com um sistema de secagem com resistência elétrica. Strommen et al. (2002) verificaram que a secagem com bomba de calor consumiu de 60 a 80% menos energia do que os secadores convencionais operando na mesma temperatura.

A secagem utilizando como aquecimento uma bomba de calor é adequada para produtos que exigem cuidados especiais, como as plantas medicinais, já que as condições de secagem como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem podem ser controladas, contribuindo para a manutenção das características desejáveis do material e ainda reduzindo o custo do processo (PAL & KHAN, 2008).

Apesar de uma grande quantidade de pesquisas indicando o uso da bomba de calor em aplicações de secagem, ainda não se observou uso em larga escala na secagem de produtos agrícolas, devido ao seu elevado custo inicial (SOSLE et al., 2003).

Strommen & Kramer (1994) e Teeboonma et al. (2003), concluíram que a secagem utilizando bomba de calor preservou a qualidade de cor e aroma de produtos agrícolas, em comparação com secadores convencionais.

2.7. Colorimetria

A aparência é um dos principais atributos de qualidade, a qual envolve diferentes propriedades físicas dos produtos agrícolas, tais como tamanho, forma, textura, massa, brilho, cor e outros. Nesse sentido, a cor se caracteriza como um importante influenciador de qualidade (FRANCIS, 1995).

A cor é considerada como um parâmetro de qualidade para as plantas medicinais e aromáticas, sendo o primeiro critério utilizado para aceitação ou rejeição de compra pelos consumidores, já que geralmente tomam a decisão de compra baseando-se na aparência do produto. As etapas de pós-colheita apresentam-se como um importante processo para conservação das espécies medicinais. No entanto, quando alguma dessas etapas é realizada de maneira ineficiente, podem ocorrer reações enzimáticas indesejáveis nas plantas, causando degradação ou escurecimento da cor (MÜLLER, 2007; ARGYROPOULOS & MÜLLER, 2014; MARTINAZZO et al., 2008).

A formação da cor dos vegetais deve-se aos pigmentos: clorofilas, que são representadas pela cor verde; os carotenoides, amarelos, laranjas ou vermelhos; as antocianinas, que vão desde o laranja avermelhado, passando pelo roxo até o azul e as betalainas, vermelhas ou amarelas (MARTINAZZO et al., 2008). Por serem instáveis, as clorofilas podem sofrer degradação quando submetidas a diversos fatores, como alteração de pH, enzimas, oxigênio,

temperatura e luz, resultando em mudança ou perda de cor (KIDMOSE et al., 2002; LAJOLO et al., 1971; BOHN & WALCZYK, 2004).

Segundo Hirschler (2002), os atributos básicos da cor são: tonalidade, luminosidade e croma. A tonalidade (matiz, tom ou cor) é como as cores são descritas: verde, amarelo, azul. A luminosidade é a descrição das cores como clara ou escura. Variam do branco absoluto ao preto absoluto, níveis máximo e mínimo, respectivamente. O croma (saturação, intensidade) é como se distingue as cores entre forte e fraca ou a quantidade de cor existente.

Nesse contexto, a colorimetria define-se como a ciência da medição da cor, capaz de quantificar e descrever a forma como os seres humanos percebem as cores, bem como especificar as pequenas diferenças que possam existir entre elas (WYSZECKI & STILES, 1982).

Quando a cor é utilizada como um parâmetro de avaliação, é importante o emprego de técnicas que visem diminuir as alterações causadas por uma avaliação visual, que é comparada com um padrão. Desta forma, para medição da cor geralmente são utilizados colorímetros ou espectrofotômetros, equipamentos modernos que eliminam o erro (MARTINAZZO et al., 2008; NEIRO et al., 2013). Os colorímetros caracterizam-se pela avaliação da cor de forma similar à faixa de visualização observada pelo ser humano. Já os espectrofotômetros avaliam de forma mais complexa e com alta precisão (MINOLTA, 1998).

Para a descrição quantitativa da cor, o sistema de cores CIELAB (Figura 4) é o mais utilizado. Baseia-se num espaço tridimensional em que cada cor é representada por um único ponto nesse espaço. É definido pelas coordenadas L^* a^* b^* , em que: L^* é a luminosidade, que varia entre 0% (preto) e 100% (branco); a^* varia entre o verde ($- a^*$) e o vermelho ($+ a^*$) e b^* entre o azul ($- b^*$) e o amarelo ($+ b^*$) (AVENA-BUSTILOS et al., 1993; BERGUER-SCHUNN, 1994; MARTINAZZO, 2006; ROCHA, 2009).

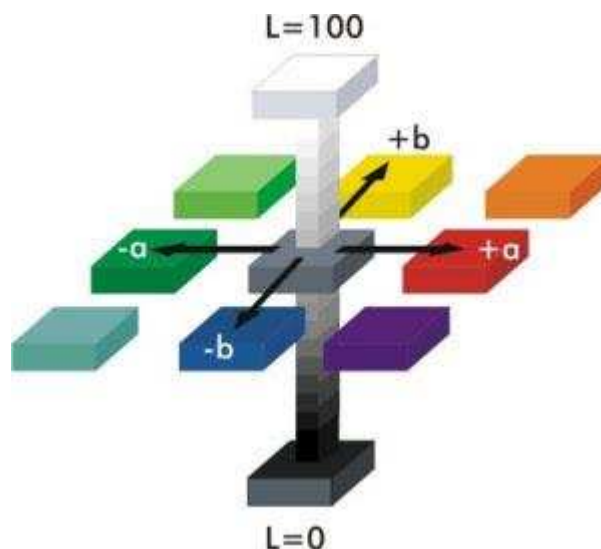


Figura 4 – Sistema CIELAB. Fonte: Minolta (1998).

Argyropoulos & Muller (2014) estudaram as alterações das coordenadas de cor durante a secagem de *Melissa officinalis*, com as temperaturas de 30 a 90 °C. A coordenada a^* aumentou, enquanto que a b^* diminuiu gradualmente no decorrer da secagem. Quando as plantas foram submetidas à secagem com temperatura superior a 60 °C houve escurecimento das folhas, sendo atribuída à degradação dos equivalentes de ácido rosmarínico presente nesta espécie, devido à oxidação enzimática. Também recomendaram a secagem com baixas temperaturas para a espécie em estudo, devido à preservação da cor verde e dos compostos fenólicos.

Reis et al., (2012) avaliando a influência da temperatura de secagem na cor das folhas de *O. basilicum*, concluíram que a cor das folhas foi altamente influenciada pela secagem, resultando em um produto mais escuro, devido à perda de clorofila com o aumento da temperatura.

Martinazzo et al., (2008), avaliaram a variação das coordenadas colorimétricas L^* , a^* , b^* , do croma (C) e ângulo de matiz (h), durante o armazenamento de folhas secas de *Cymbopogon citratus*, em diferentes embalagens, durante um ano. As coordenadas L^* , b^* e os valores do croma decresceram durante o armazenamento, independente da embalagem utilizada; já os valores de a^* aumentaram, o que indica que houve perda da cor verde das folhas. O h decresceu, indicando que a coloração das folhas mudou para uma tonalidade mais acinzentada.

3. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do pré-tratamento com banho de ultrassom no tempo de secagem e na variação da cor verde de folhas de *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* e *Ocimum gratissimum*, utilizando como sistema de aquecimento uma bomba de calor.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material Vegetal

Foram analisadas três espécies de plantas medicinais. As espécies *Lippia origanoides* (Exsicata: PAMG 57975) e *Ocimum gratissimum* (Exsicata: PAMG 57974) foram cultivadas em sistema orgânico, na Área Experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (20° 46' 13,5" S; 42° 52' 23,3" W). A espécie *Varronia curassavica* (Exsicata: PAMG 57973), foi cultivada em sistema orgânico no Campo Experimental Vale do Piranga (CEVP-EPAMIG), localizado na cidade de Oratórios-MG (20° 25' 49" S; 42° 48' 20" W). As três espécies estudadas foram identificadas pela botânica Andréia Fonseca Silva, Curadora do Herbário PAMG e depositadas no Herbário PAMG/EPAMIG.

4.2. Determinação do Teor Inicial de Água

Após a colheita, realizou-se a determinação do teor inicial de água pelo método gravimétrico, de acordo com a metodologia descrita pela ASAE STANDARDS (2000) para forrageiras, utilizando-se 25g de amostra em estufa com circulação forçada do ar e com temperatura de 103 ± 2 °C, durante 24 horas. Essa metodologia também foi usada por Radünz (2004), Barbosa (2005), Martinazzo (2006), Lemos (2008) e Rocha (2011).

4.3. Colheita e seleção do material vegetal

A colheita das plantas medicinais ocorreu em três etapas, cada uma delas caracterizada por uma espécie diferente. As plantas, com aproximadamente seis meses após o transplante, foram colhidas manualmente, pela manhã, no horário compreendido entre 7:00 e 8:30 horas (Figura 5). Foram colhidas as folhas, juntamente com seus galhos, visando à manutenção da qualidade das folhas, uma vez que cada espécie ficou

armazenada em B.O.D sob temperatura controlada (5 °C) por 6 dias, aguardando os ensaios de secagem. Após a colheita no campo, o material vegetal era encaminhado ao laboratório, onde era armazenado em B.O.D, dentro de embalagens plásticas vedadas. A quantidade necessária para o ensaio de secagem era selecionada a partir da retirada dos galhos, partes danificadas ou qualquer outro material vegetal que interferisse na qualidade. Em seguida procedia-se a homogeneização da amostra. Somente as folhas foram utilizadas nos ensaios de secagem.



Figura 5 – Material vegetal utilizado para o experimento. **A:** *Varronia curassavica*; **B:** *Lippia organoides*; **C:** *Ocimum gratissimum*. (FONTE: Naiara Cristina Zotti).

4.4. Pré-tratamento com ultrassom

Após a colheita, antes de se iniciar os ensaios de secagem, o material foi submetido a um pré-tratamento com banho de ultrassom.

O equipamento para banho ultrassônico Elmasonic E, modelo E300H, apresenta capacidade útil de 20,6 L, com dimensões internas (LxPxA): 505 x 300 x 200 mm, faixa de frequência de 37 kHz a 80 kHz e potência de 800 Watts. Para os pré-tratamentos deste ensaio, a frequência foi mantida em 37 kHz e a água potável utilizada em seu interior para propagação das ondas ultrassônicas foi mantida na temperatura ambiente.

No experimento, foram avaliados 7 tempos de exposição as ondas ultrassônicas (0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min), com 3 repetições para cada espécie

em estudo. Para cada repetição foram utilizadas 200 g de folhas de cada espécie.

Para o pré-tratamento, as folhas eram colocadas em uma cesta de inox, pertencente ao equipamento, tampadas com uma chapa metálica, a fim de proporcionar a imersão total em água no dispositivo de ultrassom (Figura 6). Após, o dispositivo era ligado e mantido funcionando por intervalos de tempo, previamente fixados, para cada tratamento.

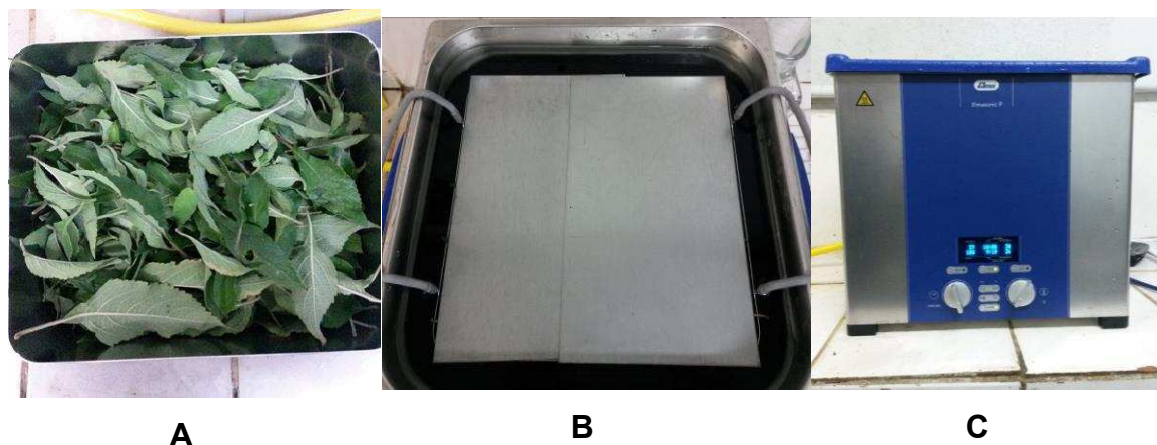


Figura 6 – Detalhe da sequência para realização do pré-tratamento em banho de ultrassom. **A:** folhas na bandeja; **B:** cobertura da bandeja; **C:** equipamento para banho ultrassônico em funcionamento. (FONTE: Naiara Cristina Zotti)

Após o banho ultrassônico, as plantas ficaram sobre papel toalha absorvente, com a finalidade de remover o excesso de água e, posteriormente, encaminhadas para o secador. As folhas correspondentes ao tratamento sem banho ultrassônico (testemunha) ficaram imersas em água por 5 min com o equipamento desligado, antes de serem encaminhadas para a secagem. Este procedimento foi realizado para manter um padrão entre as amostras, uma vez que se observou absorção de água pelas plantas após serem submetidas ao pré-tratamento, aumentando, assim, seu teor inicial de água. Baseando-se no fenômeno da histerese, a água leva mais tempo para ser absorvida do que para ser evaporada, portanto, embora ficasse maior tempo imersa no equipamento desligado, a quantidade de água absorvida pelas plantas apresentaria pouca variação. Em função disso, ficou apenas 5 min.

4.5. Secagem

Para os ensaios de secagem, foram utilizadas as folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum*, previamente submetidas às ondas ultrassônicas. A secagem foi realizada no Laboratório de Secagem de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, localizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Para a secagem foi utilizado um secador de bandeja, conforme a Figura 7, com temperatura fixa do ar de secagem em 40 °C. A fonte de aquecimento do ar de secagem foi uma bomba de calor. A baixa temperatura utilizada na secagem é justificada pelo fato de a bomba de calor reduzir drasticamente a umidade relativa do ar de secagem, aumentando seu potencial para a secagem. Isso possibilita a utilização de temperaturas mais baixas sem, no entanto, causar danos ao material vegetal a ser seco, pois, devido à umidade relativa ser baixa, a secagem é realizada de maneira mais rápida. A altura da camada de folhas *in natura* em cada bandeja era de, aproximadamente, 15 cm. O secador possui controle automático da temperatura e da velocidade do ar de secagem. A medição da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem e do ar ambiente foram realizadas por meio de um sensor termopar tipo T e DHT11, respectivamente. Tais sensores estão acoplados a um Sistema Automático de Aquisição de Dados (SAAD), desenvolvido por Nicacio (2010) e adaptado por Gonzaga (2015). Cabe ressaltar que os sensores foram previamente calibrados. Ao SAAD também está conectado um sensor, anemômetro de fio quente, marca Omega, modelo FMA-900 SERIES Air Velocity Transducers. Para a secagem das três espécies, a velocidade do ar de secagem foi mantida em 0,8 m s⁻¹. A medição da velocidade do ar de secagem se realizou com anemômetro de pás, com uma faixa de 0,05 a 25 m s⁻¹ e sensibilidade de 0,01m s⁻¹.



Figura 7 – Secador com bomba de calor utilizado no experimento. (FONTE: Naiara Cristina Zotti).

A temperatura e a umidade relativa do ar ambiente foram registradas e monitoradas por um psicrômetro digital (Figura 8).

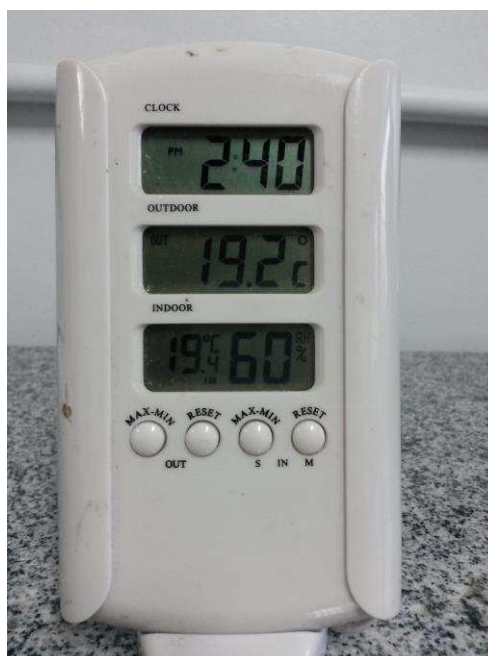


Figura 8 – Psicrômetro utilizado para registro da temperatura e umidade relativa ambiente. (FONTE: Naiara Cristina Zotti).

Durante os ensaios de secagem foram realizadas pesagens periódicas a cada 15 min para acompanhar a redução do teor de água da amostra. O processo de secagem foi finalizado quando o produto alcançou teor de água

em torno de 11,11% b. s., segundo Radünz (2004), Martinazzo (2006) e Rocha (2011). O teor inicial de água foi previamente calculado pelo método gravimétrico e fixando-se o teor final de água em 11,11% b. s., o momento de finalizar o processo de secagem, foi calculado matematicamente, obtendo-se a massa final desejada através da Equação 1.

$$mf = mi * \frac{1 - Xi}{1 - Xf}$$

Em que:

mf= massa final da planta medicinal (g);

mi= massa inicial da planta medicinal (g);

Xi= teor inicial de água (b. s.);

Xf= teor final de água (b. s.).

Após o término de cada tratamento de secagem, as folhas secas foram encaminhadas para a leitura das coordenadas colorimétricas.

4.6. Leitura das coordenadas colorimétricas

Para avaliar o efeito das ondas ultrassônicas e da secagem sobre a coloração das folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum*, foram realizadas leituras com colorímetro antes da secagem e logo após seu término (Figura 9). Para a quantificação da cor, efetuou-se a leitura direta de reflectância das coordenadas L*, a* e b*, na face adaxial das folhas, empregando a escala Cielab em colorímetro marca Konica Minolta, modelo CR-400. Para cada repetição foram realizadas leituras de três replicatas.



Figura 9 – Colorímetro utilizado para a leitura das coordenadas CIELAB. (FONTE: Naiara Cristina Zotti).

4.7. Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com temperatura fixa do ar de secagem a 40 °C e 7 tempos de imersão no banho ultrassônico (0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min), totalizando 7 tratamentos para cada planta, com 3 repetições cada. A avaliação dos tempos de secagem e da variação do valor da coordenada a^* em função dos pré-tratamentos aplicados em comparação com o tratamento sem ultrassom, foram realizados através do teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa para análises estatísticas ASSISTAT, versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Secagem

5.1.1. *Varronia curassavica*

Na Tabela 1 são apresentados os teores inicial e final de água, os valores médios da umidade relativa do ar de secagem, o tempo total de secagem e o consumo total de energia para *V. curassavica*, com ar aquecido a 40 °C e velocidade do ar de secagem de 0,8 m s⁻¹, submetida aos pré-tratamentos de 0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min em banho de ultrassom. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 27,9 °C e 61 %, respectivamente. O consumo total de energia consiste na soma do consumo do

equipamento para banho ultrassônico e da bomba de calor utilizada para a secagem.

Tabela 1 – Parâmetros avaliados durante a secagem de *V. curassavica* à 40 °C e velocidade do ar de secagem de 0,8 m s⁻¹.

Tempo de ultrassom (min)	Parâmetros avaliados				
	Teor inicial de água (% b. u.)	Teor final de água (% b. u.)	UR do ar de secagem (%)	Tempo de secagem (min)	Consumo total (kWh)
0	73,8	9,8	21,2	265	14,2
3	73,8	10,0	21,0	220	11,3
5	73,8	9,9	21,4	200	10,0
10	73,8	10,3	20,7	230	12,1
15	73,8	10,6	20,5	235	13,9
20	73,8	10,3	20,4	220	11,7
30	73,8	10,4	21,5	235	12,4

A partir da Tabela 1, tomando-se os dados de tempo de secagem, procedeu-se a análise estatística de comparação das médias com o tempo de secagem da testemunha, obtendo a Figura 10, onde são apresentados os tempos de secagem de *V. curassavica* em função dos diferentes pré-tratamentos, em comparação com o tratamento sem banho de ultrassom.

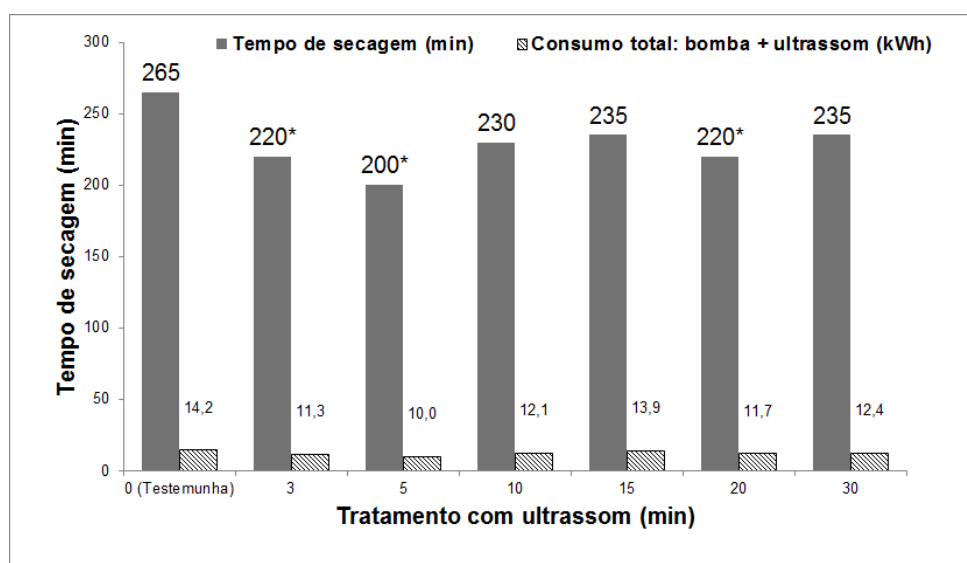


Figura 10 – Tempo e consumo total de energia para a secagem de folhas de *V. Curassavica*, submetidas a diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha. *Diferença significativa

em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 7,95%. DMS = 43,3.

Para o tempo de secagem, em função dos diferentes pré-tratamentos com ultrassom, observam-se que os pré-tratamentos de 3, 5 e 20 min resultaram em redução significativa do tempo de secagem em comparação com o tratamento sem banho de ultrassom. As folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento ultrassônico, foram secas em 265 min. Quando as plantas foram submetidas ao tratamento de 5 min com ultrassom, esse tempo reduziu para 200 min, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 25% no tempo e 30% no consumo de energia no processo de secagem. Os tratamentos de 3, 5 e 20 min apresentaram baixo consumo de energia, pois a secagem ocorreu em menor tempo.

Após o pré-tratamento com banho de ultrassom, verificaram-se que as folhas de *V. curassavica* apresentaram aumento de massa, devido à absorção de água durante o tempo em que ficaram submersas na água do equipamento para o banho ultrassônico, aumentando, conseqüentemente, seu teor inicial de água, sendo este aumento em torno de 10%, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Teor de água de *V. curassavica* antes e após o pré-tratamento com banho de ultrassom.

Tempo de ultrassom (min)	Teor de água (% b. u.) Antes ultrassom	Teor de água (% b. u.) Depois ultrassom
0	73,8	80,8
3	73,8	80,2
5	73,8	80,5
10	73,8	81,6
15	73,8	81,0
20	73,8	80,9
30	73,8	82,2

A água que foi absorvida pelas folhas, durante o banho ultrassônico, foi rapidamente removida, logo nos primeiros minutos de secagem, observado na primeira pesagem feita para acompanhar a perda de massa. Os poros formados pela atuação das ondas ultrassônicas nos tecidos das folhas de *V. curassavica* causaram desarranjo dos tecidos das folhas, facilitando a entrada

de água. Os canais microscópicos, provavelmente formados pelas expansões e compressões dos tecidos, pela atuação das ondas ultrassônicas, contribuiu para esse aumento no teor de água, além de facilitar a difusão no processo de secagem.

Na Figura 11 são apresentadas as velocidades médias de secagem de folhas de *V. curassavica*, em função dos diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom.

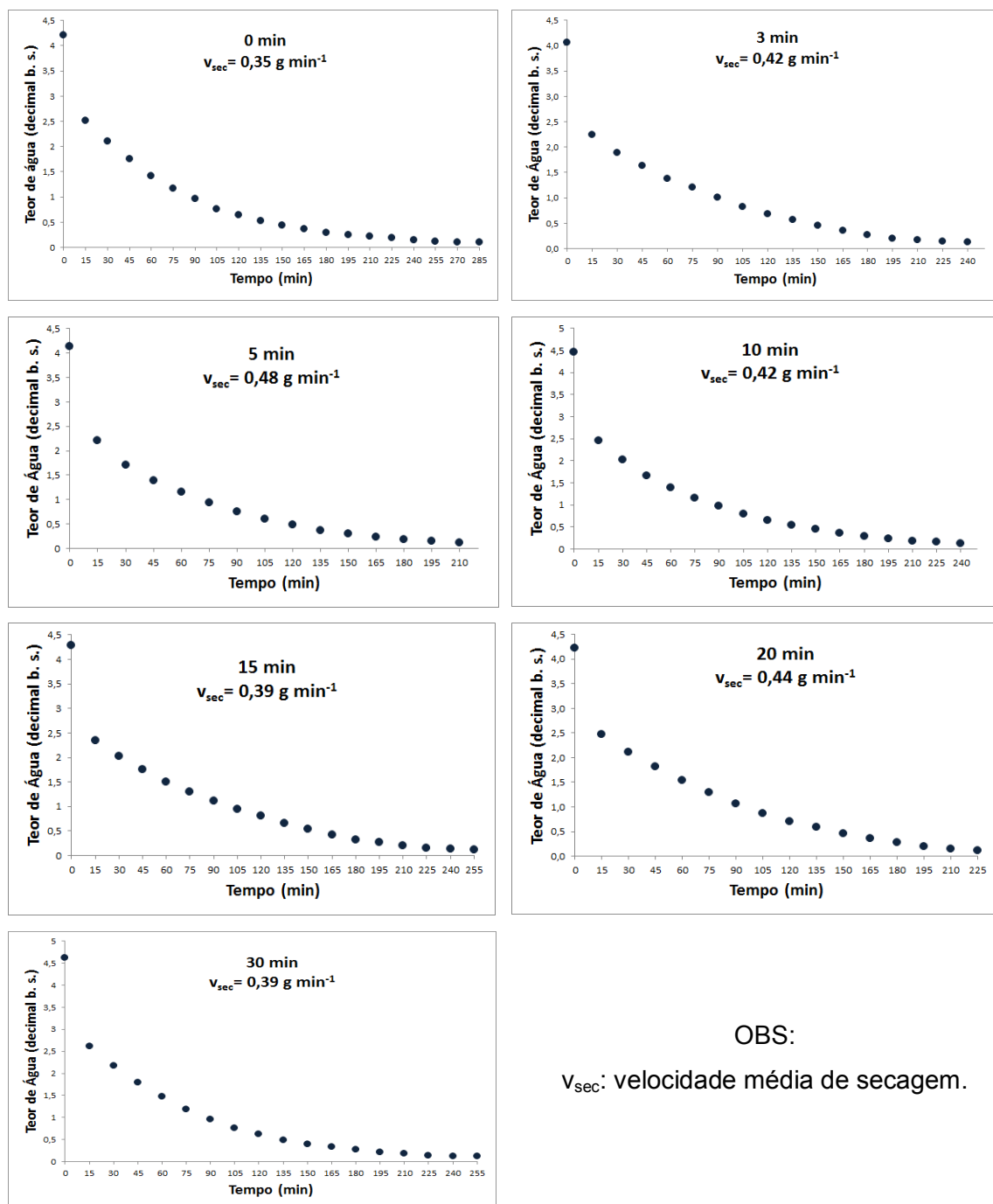


Figura 11 – Curvas de secagem de *V. curassavica* submetida a diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom.

A maior redução do teor de água ocorreu no terço inicial do processo de secagem, sendo que até o terço final quase toda água já havia sido removida das folhas de *V. curassavica*. Este comportamento ocorre porque se torna mais difícil a remoção da água que, além de ter sua quantidade reduzida, está ligada fortemente às estruturas das folhas, dificultando sua retirada. Nos primeiros minutos de secagem houve grande perda de água, independentemente do pré-tratamento de ultrassom utilizado. Isso ocorreu pela facilidade de remoção da água presente nas camadas mais superficiais das folhas, que é a primeira a ser removida. Além disso, conforme explicitado na Tabela 2 e confirmado na Figura 11, a grande perda de água nos primeiros 15 minutos de secagem se deve a água absorvida durante o banho ultrassônico.

Ressalta-se, que a maior velocidade média de secagem do pré-tratamento de 5 min ($0,48 \text{ g min}^{-1}$), está de acordo com o resultado da análise estatística, confirmando a intensificação do processo de secagem de *V. curassavica* para este pré-tratamento com ultrassom e, conseqüentemente, reduzindo significativamente o tempo do processo.

5.1.2. *Lippia origanoides*

Na Tabela 3 são apresentados os teores inicial e final de água, os valores médios da umidade relativa do ar de secagem, o tempo total de secagem e o consumo total de energia para a *L. origanoides* com ar aquecido a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ e velocidade do ar de secagem de $0,8 \text{ m s}^{-1}$, submetida aos pré-tratamentos de 0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min em banho de ultrassom. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram $24,4 \text{ }^\circ\text{C}$ e 61 %, respectivamente. O consumo total de energia consiste na soma do consumo do equipamento para banho ultrassônico e da bomba de calor utilizada para a secagem.

Tabela 3 - Parâmetros avaliados durante a secagem de *L. origanoides* à 40 °C e velocidade do ar de secagem de 0,8 m s⁻¹.

Tempo de Ultrassom (min)	Parâmetros avaliados				
	Teor inicial de água (% b. u.)	Teor final de água (% b. u.)	UR do ar de secagem (%)	Tempo de secagem (min)	Consumo total (kWh)
0	69,14	9,73	12,5	330	30,3
3	69,11	10,09	15,3	360	23,0
5	69,11	10,79	14,7	340	23,4
10	69,11	10,05	16,6	295	18,2
15	69,11	9,05	19,4	260	14,3
20	69,11	10,83	15,9	315	19,9
30	69,11	9,99	14,4	280	19,2

Tomando os tempos de secagem apresentados na Tabela 3, realizou-se a análise estatística para comparação das médias dos tempos de secagem com a testemunha.

Na Figura 12 apresentam-se os tempos de secagem de *L. origanoides* em função dos diferentes pré-tratamentos, em comparação com o tratamento sem banho de ultrassom (testemunha).

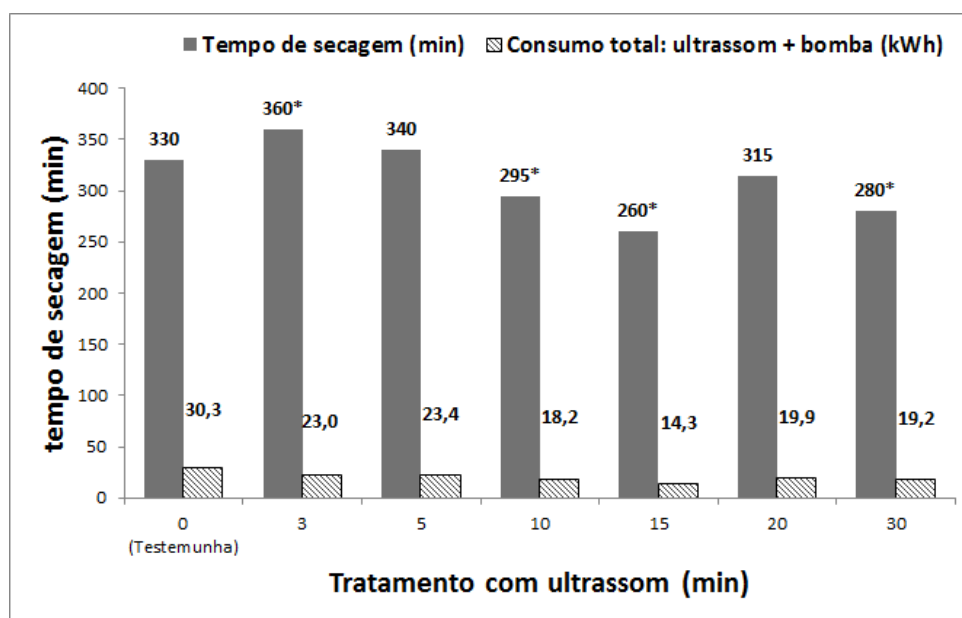


Figura 12 – Tempo e consumo de energia durante a secagem das folhas de *L. origanoides* submetida a diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha. * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 2,78%. DMS = 20,58.

De acordo com o resultado da análise estatística, para o tempo de secagem, em função dos diferentes pré-tratamentos com ultrassom, observam-se que os pré-tratamentos de 10, 15 e 30 min resultaram em redução significativa do tempo de secagem em comparação com o tratamento sem ultrassom. As folhas que não tratadas com ultrassom, secaram em 330 min. Quando as plantas foram submetidas o tratamento de 15 min com ultrassom, esse tempo caiu para 260 min, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 21% no tempo e 53% no consumo de energia no processo de secagem. Os fatores como o teor inicial e final de água, velocidade e umidade relativa do ar de secagem não exerceram grande influência para a redução no tempo de secagem, pois estas condições foram muito similares, sendo atribuído ao pré-tratamento com ultrassom essa diferença encontrada.

O tratamento de 3 min resultou em aumento significativo no tempo de secagem, quando comparado com a testemunha. Observa-se que a umidade relativa do ar de secagem da testemunha foi mais baixa que a do tratamento de 3 min. No entanto, quando a secagem foi realizada para o pré-tratamento de 15 min, a umidade relativa do ar de secagem estava mais alta que a da testemunha e, assim mesmo, o tempo de secagem reduziu significativamente. Portanto, o aumento do tempo de secagem para o tratamento de 3 min é atribuído à influência exercida pelas ondas ultrassônicas nas folhas de *L. origanoides*.

A utilização do banho de ultrassom como pré-tratamento de secagem para plantas medicinais é uma tecnologia recente, por isso são encontrados poucos trabalhos nesta área. Cada espécie se comporta de uma maneira diferente, sendo necessário seu estudo individual. Suspeita-se que cada espécie tenha um tempo ideal de pré-tratamento com ultrassom, acima ou abaixo do qual, resulte em mudanças em sua estrutura e, conseqüentemente, causando diferenças no tempo de secagem, podendo aumentar ou diminuir-lo. A eficácia da sonicação depende não apenas das condições de secagem e dos tratamentos, mas também da estrutura e da porosidade do material, entre outros fatores. (SLEDZ et al., 2015b).

Apesar de os tempos de pré-tratamento de secagem de 15 e 30 min apresentarem, estatisticamente, o mesmo tempo de secagem, recomenda-se a utilização de 15 min de ultrassom como pré-tratamento de secagem de *L.*

origanoides, visando a redução do consumo de energia do equipamento, uma vez que ficará metade do tempo ligado.

Conforme a Tabela 4 verificou-se aumento da massa das folhas de *L. origanoides* após o pré-tratamento com ultrassom, pois absorveram água durante o tempo em que ficaram submersas no dispositivo para o banho ultrassônico, aumentando, conseqüentemente, seu teor inicial de água em torno de 19%.

Tabela 4 – Teor de água de *L. origanoides* antes e após o pré-tratamento com banho de ultrassom.

Tempo de ultrassom (min)	Teor de água (% b. u.) Antes ultrassom	Teor de água (% b. u.) Depois ultrassom
0	69,14	82,5
3	69,11	81,6
5	69,11	82,1
10	69,11	82,1
15	69,11	81,9
20	69,11	82,1
30	69,11	81,2

Na Figura 13 são apresentadas as velocidades médias de secagem das folhas de *L. origanoides*, em função dos diferentes pré- tratamentos com banho de ultrassom.

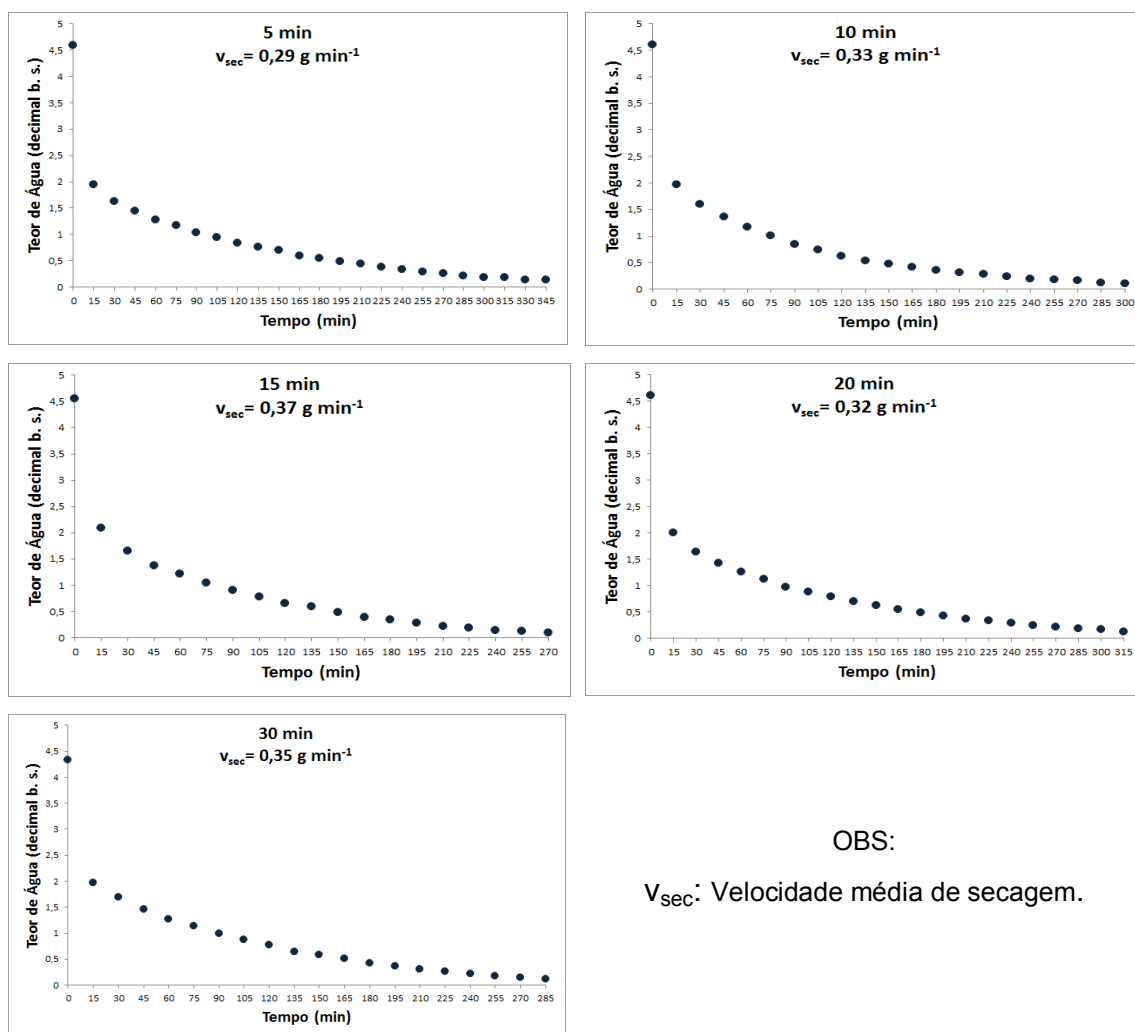


Figura 13 – Curvas de secagem de *L. origanoides* submetida a diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom.

Conforme a Figura 16, a maior redução no teor de água ocorreu no início da secagem de *L. origanoides*, independentemente do tratamento empregado. Este comportamento é explicado pela facilidade de remoção da água presente nas camadas superficiais das folhas. Além disso, conforme mostrado no Tabela 4 e confirmado na Figura 13, a grande perda de água nos primeiros 15 minutos de secagem se deve a água absorvida durante o banho ultrassônico.

A maior velocidade média de secagem com o pré-tratamento de secagem de 15 min ($0,37 \text{ g min}^{-1}$) confirma o resultado da análise estatística, comprovando que a redução no tempo de secagem ocorreu devido à intensificação do processo causado pelo ultrassom.

5.1.3 *Ocimum gratissimum*

Na Tabela 5 são apresentados os teores inicial e final de água, os valores médios da umidade relativa do ar de secagem, o tempo total de secagem e o consumo total de energia para *O. gratissimum* com ar aquecido a 40 °C e velocidade do ar de secagem de 0,8 m s⁻¹, submetido aos pré-tratamentos de 0, 3, 5, 10, 15, 20 e 30 min em banho de ultrassom. A temperatura média e umidade relativa do ar ambiente foram 24,6 °C e 68 %, respectivamente. O consumo total de energia consiste na soma do consumo do equipamento para banho ultrassônico e da bomba de calor utilizada para a secagem.

Tabela 5 – Parâmetros avaliados durante a secagem de *O. gratissimum* à 40 °C e velocidade do ar de secagem de 0,8 m s⁻¹.

Tempo de Ultrassom (min)	Parâmetros avaliados				
	Teor inicial de água (% b. u.)	Teor final de água (% b. u.)	UR do ar de secagem (%)	Tempo de secagem (min)	Consumo total (kWh)
0	76,79	10,2	19,1	390	19,6
3	76,79	8,9	17,3	290	15,1
5	76,79	10,2	19,3	280	15,0
10	76,79	8,6	17,1	230	14,3
15	76,79	9,5	15,5	285	19,0
20	76,79	9,6	19,8	265	14,3
30	76,79	10,4	18,2	255	15,1

A partir dos dados de tempo de secagem apresentados na Tabela 5, realizou-se a análise estatística para comparação das médias dos tratamentos com o tempo de secagem da testemunha.

Na figura 14 são apresentados os tempos de secagem de *O.gratissimum* em função dos diferentes pré-tratamentos, em comparação com o tratamento sem ultrassom.

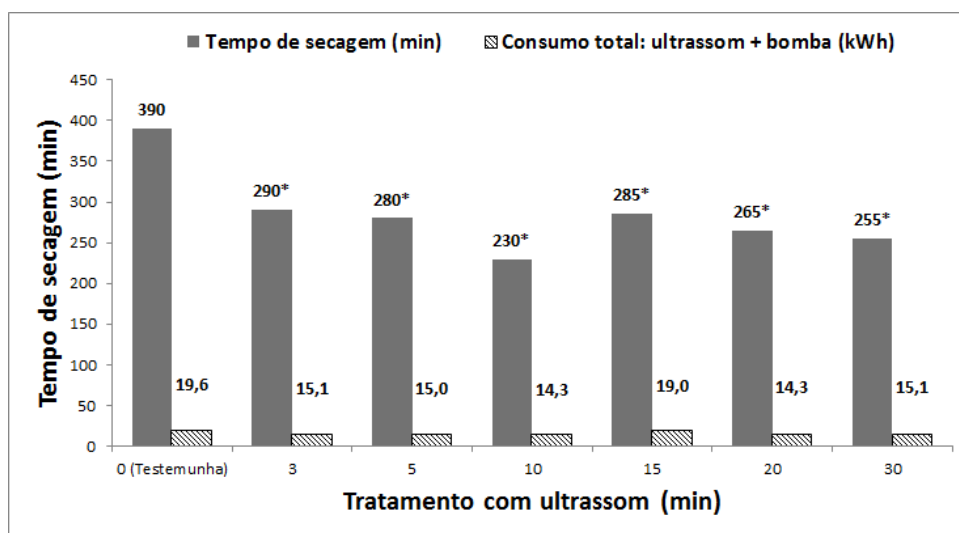


Figura 14 – Tempo e consumo de energia durante a secagem das folhas de *O. gratissimum* submetidas a diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha. * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 5,39%. DMS = 36,5.

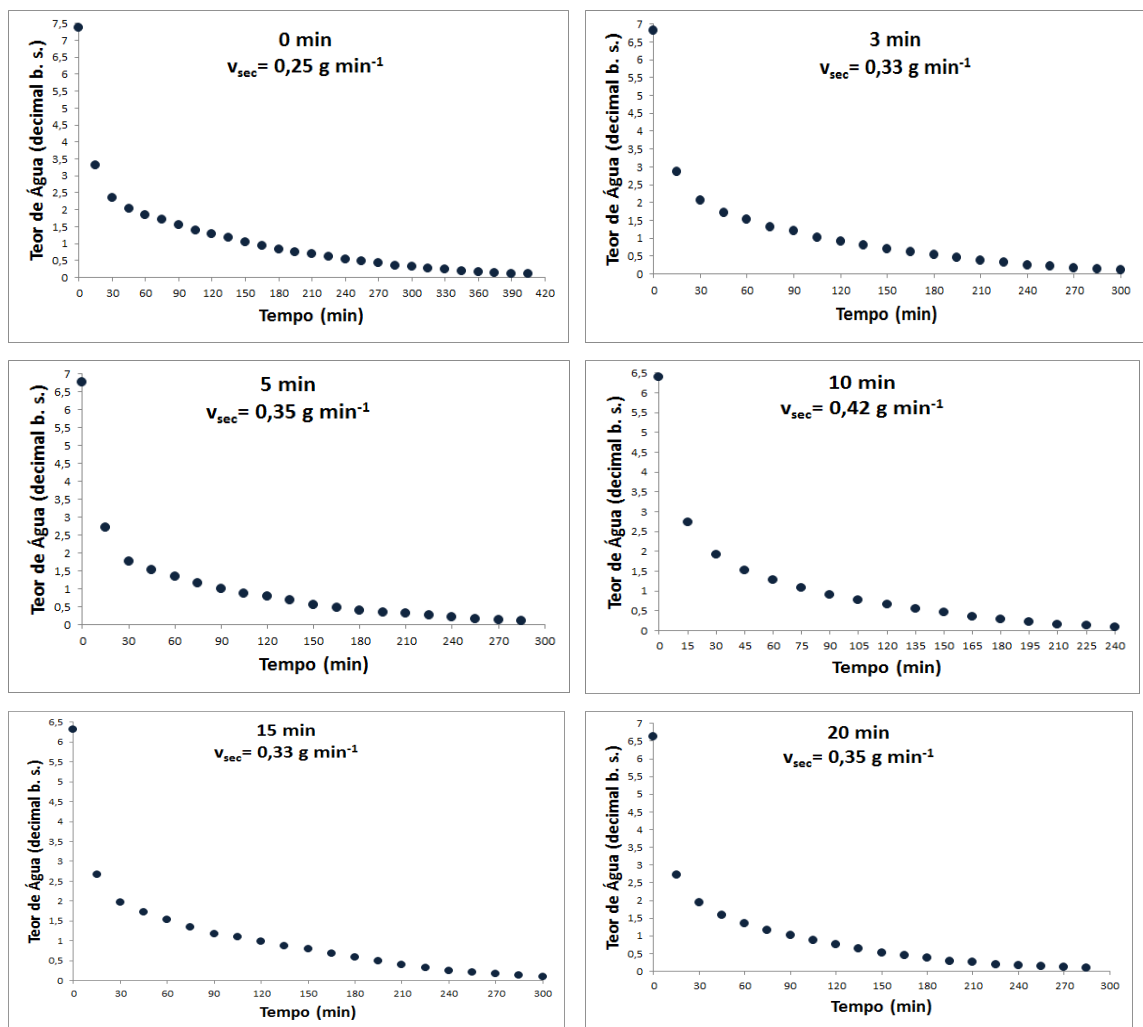
Conforme o resultado da análise estatística, para o tempo de secagem, em função dos diferentes pré-tratamentos com ultrassom, observam-se que todos os pré-tratamentos de secagem resultaram em redução significativa do tempo de secagem, em comparação com o tratamento testemunha. As folhas que não foram tratadas secaram em 390 min. Quando as plantas foram submetidas ao banho ultrassônico por 10 min, o tempo reduziu para 230 min, o que corresponde a uma redução de, aproximadamente, 41% no tempo e 27% no consumo de energia no processo de secagem. O tratamento de 10 min também apresentou baixo consumo de energia, pois a secagem ocorreu em menor tempo. Os fatores como o teor inicial e final de água, velocidade e umidade relativa do ar de secagem não exerceram grande influência para a redução no tempo de secagem, pois estas condições foram muito similares, sendo atribuída às mudanças na estrutura da folha causada pelo pré-tratamento com ultrassom essa diferença encontrada.

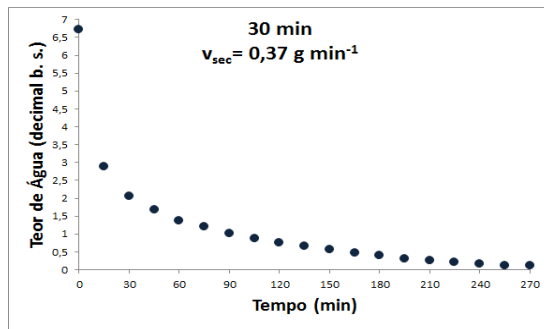
Após as folhas serem submetidas ao banho ultrassônico, apresentaram aumento de massa, pois absorveram água durante o tempo em que ficaram imersas na água do dispositivo, aumentando, conseqüentemente, seu teor inicial de água em torno de 13%, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Teor de água de *O. gratissimum* antes e após o pré-tratamento com banho de ultrassom.

Tempo de Ultrassom (min)	Teor de água (% b. u.) Antes ultrassom	Teor de água (% b. u.) Depois ultrassom
0	76,8	88,1
3	76,8	87,2
5	76,8	87,1
10	76,8	86,5
15	76,8	86,3
20	76,8	86,9
30	76,8	87,0

Na Figura 15 são apresentadas as velocidades médias de secagem das folhas de *O. gratissimum*, em função dos diferentes tratamentos com banho de ultrassom.





OBS:
 v_{sec} : Velocidade média de secagem.

Figura 15 – Curvas de secagem de *O. gratissimum* submetido a diferentes pré-tratamentos com banho de ultrassom.

De acordo com a Figura 15, observa-se grande redução no teor de água das folhas de *O. gratissimum* no início do processo de secagem, independente do tratamento utilizado, devido à facilidade de remoção da água presente nas camadas superficiais das folhas. Além disso, conforme explicitado na Tabela 6 e confirmado na Figura 15, a grande perda de água nos primeiros 15 minutos de secagem se deve a água absorvida durante o banho ultrassônico. No final da secagem, torna-se mais difícil remover a água das folhas, pois, além de ter sua quantidade reduzida, está fortemente ligada as estruturas dos tecidos, dificultando ainda mais sua evaporação.

A maior velocidade média de secagem do pré-tratamento de 10 min ($0,42 \text{ g min}^{-1}$), confirma o resultado da análise estatística, comprovando a intensificação do processo de secagem de *O. gratissimum*, e consequentemente, reduzindo significativamente o tempo do processo.

De acordo com o exposto, observa-se que as três espécies estudadas apresentaram redução do tempo de secagem, causada pelo pré-tratamento ultrassônico.

Os fatores como o teor inicial e final de água, velocidade e umidade relativa do ar de secagem não exerceram grande influência para a redução no tempo de secagem, pois estas condições foram muito similares em cada espécie, sendo atribuído ao pré-tratamento de ultrassom essa diferença encontrada.

O resultado encontrado está de acordo com Sledz et al. (2014), que avaliaram o efeito do ultrassom como pré-tratamento de secagem nas folhas de salsa. Seus resultados demonstraram que, em relação às folhas não tratadas, a aplicação de ultrassom contribuiu para reduzir o tempo de secagem de 11 a 56%, dependendo das condições de tratamento.

Sledz et al. (2015a) estudando o efeito do pré-tratamento de ultrassom sobre as folhas de manjeriço, verificaram que o ultrassom induziu a formação de canais microscópicos na estrutura celular das folhas. Através da microscopia de varredura verificaram que as ondas ultrassônicas modificaram a microestrutura de manjeriço. Independentemente do tratamento utilizado, observou-se que os espaços celulares estavam maiores e mais visíveis nas imediações da superfície das folhas. A microestrutura das folhas era mais aberta e mais porosa, quando comparada com as folhas que não foram submetidas ao ultrassom. A modificação na estrutura das células é resultado da compressão e expansão que acontece nas folhas durante a submissão as ondas ultrassônicas. Essas mudanças seriam as responsáveis pela formação de canais microscópicos. Os autores concluíram que a redução no tempo de secagem de manjeriço foi devido à formação de canais microscópicos, que faziam com que a água fosse evaporada mais facilmente.

Durante o banho ultrassônico, a energia elétrica é transformada em energia sonora pelos transdutores do equipamento. As ondas viajam pela água em forma de bolhas, que são emitidas e crescem até seu tamanho máximo e entram em colapso. O colapso de uma bolha gera grande turbulência e energia e, ao chocarem com as folhas submersas na água, são capazes de causar uma série de compressões e expansões nas folhas, rompendo suas estruturas. As forças geradas por este movimento podem ser maiores que a tensão superficial que conserva a água dentro do produto, resultando na formação dos microcanais e cavidades, que podem facilitar a remoção da água fortemente ligada, possibilitando uma via mais fácil para a água se difundir para a superfície das folhas e assim, serem evaporadas mais rapidamente.

Fernandes et al. (2008) concluíram que as alterações observadas na estrutura de melão (canais microscópicos) explicam a menor resistência à difusão de água e, conseqüentemente, redução no tempo de secagem.

Fernandes et al. (2009) concluíram que os microcanais foram responsáveis pelo aumento da difusividade de água e, conseqüentemente, pela redução do tempo de secagem do abacaxi. A aplicação do ultrassom induziu a formação de canais microscópicos na estrutura de fruto, mas não desagregou suas células.

Sledz et al. (2015a) avaliaram a influência do pré-tratamento de ultrassom nas frequências de 21 e 35 kHz, durante 20 e 30 min sobre a cinética

de secagem em microondas, consumo de energia e microestrutura de folhas de manjeriço. Concluíram que a aplicação de ultrassom afetou significativamente o tempo de secagem, independentemente das condições de pré-tratamento. O tempo de secagem sofreu redução de até 20% e o consumo de energia até 26,2% no caso de 35 kHz e 20 min. A intensificação do processo de secagem estava ligada diretamente com a redução do consumo de energia e a modificação da microestrutura das folhas.

Sledz et al. (2015b) estudaram a influência do pré-tratamento de ultrassom no tempo e consumo de energia durante a secagem de folhas de salsa. O pré-tratamento consistiu em banho ultrassônico de 20 min, na frequência de 21 kHz. A secagem foi realizada em microondas nas potências 100 e 300 W, nas temperaturas 20, 30 e 40 °C. Em comparação com o material não tratado, a aplicação de ultrassom contribuiu para uma redução significativa no tempo de secagem de até 29,8%. Além disso, o gasto de energia foi reduzido ao máximo de 33,6%, quando a secagem foi realizada com a temperatura de 30 °C e potência do microondas de 300 W.

A secagem é um processo que demanda alto consumo energético, gerando elevado custo de produção para as indústrias de beneficiamento de plantas medicinais. A redução do tempo de secagem está diretamente relacionada com a redução da energia consumida.

A redução do tempo de secagem, sem perda das características de qualidade das espécies, além de otimizar o tempo de processamento das plantas, também resulta na diminuição dos custos desse processo. Isto se torna atraente para a indústria, pois poderá oferecer ao consumidor final um produto de qualidade e com valor acessível. O custo inicial do ultrassom ainda é maior que as tecnologias normalmente utilizadas. Porém, a redução no consumo de energia e a agregação de valor dos produtos tratados com esta tecnologia compensam seu custo extra (LEONG et al., 2016).

5.2 Influência das ondas ultrassônicas e do processo de secagem na variação da cor verde das folhas de *Varronia curassavica*, *Lippia origanoides* e *Ocimum gratissimum*

Avaliou-se a variação da cor verde das folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum* influenciada pelo pré-tratamento com banho de ultrassom e pelo processo de secagem com bomba de calor a 40 °C.

Na Tabela 7 apresentam-se os valores da coordenada a^* das folhas *in natura* de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum* em comparação com as folhas secas, submetidas a diferentes tempos de exposição às ondas ultrassônicas.

Tabela 7 - Valor da coordenada a^* das folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum* antes e após a secagem, submetidas a diferentes tempos de exposição ao banho de ultrassom.

Tratamento/Espécie	<i>Varronia curassavica</i>	<i>Lippia origanoides</i>	<i>Ocimum gratissimum</i>
	Valor de a^*	Valor de a^*	Valor de a^*
in natura	-13,85 ± 0,21	-5,55 ± 1,11	-6,33 ± 0,99
0	-5,19 ± 1,10	-0,31 ± 0,16	-1,57 ± 0,36
3	-3,38 ± 0,31	-0,68 ± 0,02	-0,58 ± 0,22
5	-5,98 ± 0,36	-0,85 ± 0,20	-1,76 ± 0,25
10	-4,19 ± 0,59	-0,63 ± 0,25	-0,78 ± 0,11
15	-4,32 ± 0,60	-0,60 ± 0,09	-1,37 ± 0,56
20	-3,71 ± 0,62	-0,34 ± 0,08	-0,82 ± 0,22
30	-5,42 ± 1,06	-0,64 ± 0,03	-0,66 ± 0,18

De acordo com a Tabela 7, pode-se observar que houve uma alteração na coordenada a^* em todas as espécies e em todos os tratamentos com respeito à planta *in natura*, indicando a degradação da cor verde durante o processo de secagem. A coordenada a^* varia de verde (valores negativos) a vermelho (valores positivos). Um aumento em seu valor indica que as folhas perderam o pigmento clorofila durante a secagem (REIS et al., 2012).

Reis et al. (2012) observaram que a cor das folhas de manjerição foi altamente influenciada pelo processo de secagem, apresentando coloração mais escura devido à perda de clorofila, causada pelo aumento da temperatura.

A clorofila é um pigmento bastante instável, podendo facilmente sofrer mudança ou perda de cor se submetido a alterações de temperatura (KIDMOSE et al., 2002; LAJOLO et al., 1971; BOHN & WALCZYK, 2004).

Na Tabela 8 apresentam-se os valores da coordenada L* das folhas *in natura* de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum* em comparação com as folhas após a secagem, submetidas a diferentes tempos de exposição às ondas ultrassônicas.

Tabela 8 – Valor da coordenada L* das folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum* antes e após a secagem, submetidas a diferentes tempos de exposição ao banho de ultrassom.

Tratamento/Espécie	<i>Varronia curassavica</i>	<i>Lippia origanoides</i>	<i>Ocimum gratissimum</i>
	Valor de L*	Valor de L*	Valor de L*
in natura	51,36 ± 1,65	51,51 ± 1,53	50,48 ± 0,26
0	48,56 ± 1,52	46,41 ± 0,96	41,57 ± 1,95
3	49,10 ± 0,68	49,57 ± 0,45	46,57 ± 2,04
5	47,80 ± 1,32	47,71 ± 0,83	48,57 ± 1,20
10	48,29 ± 0,92	49,18 ± 0,55	48,56 ± 1,05
15	48,60 ± 0,64	48,20 ± 0,62	45,88 ± 2,14
20	48,39 ± 1,30	49,66 ± 0,35	47,59 ± 1,83
30	49,41 ± 0,79	50,09 ± 0,56	47,76 ± 1,64

De acordo com a Tabela 8, observa-se que houve alteração na coordenada L* das folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum* em todos os tratamentos, em comparação com a planta *in natura*, confirmando seu escurecimento durante o processo de secagem, tendendo à cor cinza. A coordenada L* varia de 0 (preto) a 100 (branco). Reis et al. (2012), observaram decréscimo da coordenada L* durante a secagem, indicando que a secagem pode causar escurecimento das folhas, devido ao aumento da temperatura.

Então, a partir desses dados, procedeu-se à comparação estatística das médias das coordenadas a* entre os tratamentos.

A Figura 16 apresenta o valor da coordenada a* das folhas de *V. curassavica*, submetidas a diferentes tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha.

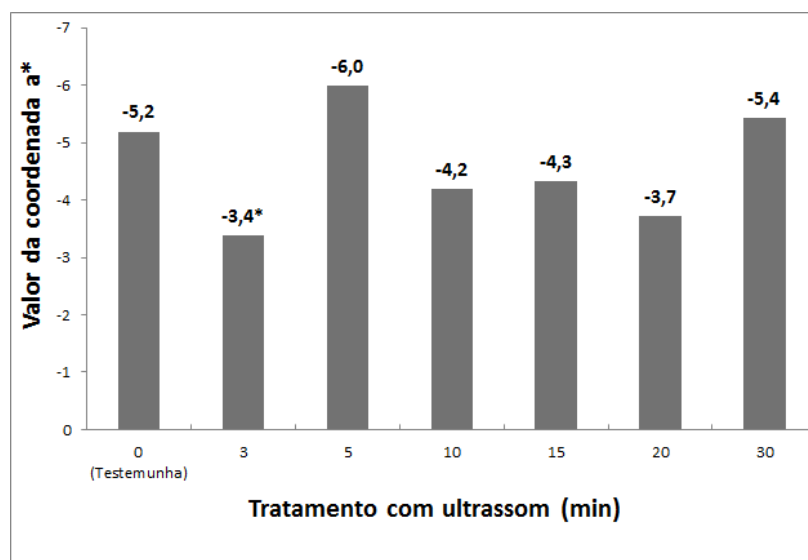


Figura 16 – Valor da coordenada a* das folhas de *V. curassavica* submetida a diferentes tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha. * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 15,72%. DMS = 1,72.

Conforme o resultado da análise estatística, para o valor da coordenada a*, em função dos diferentes tratamentos, comparados com a testemunha, observa-se que o pré-tratamento de 3 min apresentou maior degradação da cor verde das folhas de *V. curassavica* após a secagem, pois seu valor aumentou significativamente em comparação com as folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento. Portanto, exceto para o tempo de tratamento de 3 min, o ultrassom pode ser utilizado como pré-tratamento de secagem de *V. curassavica*, porque preservou a cor verde das folhas após a secagem, quando comparada com as folhas que não foram submetidas ao banho ultrassônico.

Para a obtenção de um produto de qualidade, a preservação da cor das folhas das plantas medicinais após a secagem é muito importante, pois este parâmetro influencia os consumidores na hora da compra. Além de não alterar significativamente o pigmento clorofila das folhas secas de *V. curassavica*, o tempo de exposição ao ultrassom de 5 min também resultou em redução significativa no tempo de secagem e, conseqüentemente, baixo consumo de energia, quando comparado com o tratamento sem ultrassom. Portanto, pode ser indicado como pré-tratamento de secagem para a espécie em estudo, pois, neste caso, reduzindo o tempo de exposição ao ar aquecido de secagem, conseqüentemente, ocorre preservação da cor verde das folhas.

A Figura 17 apresenta o valor da coordenada a* das folhas de *L. origanoides*, submetidas a diferentes tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha.

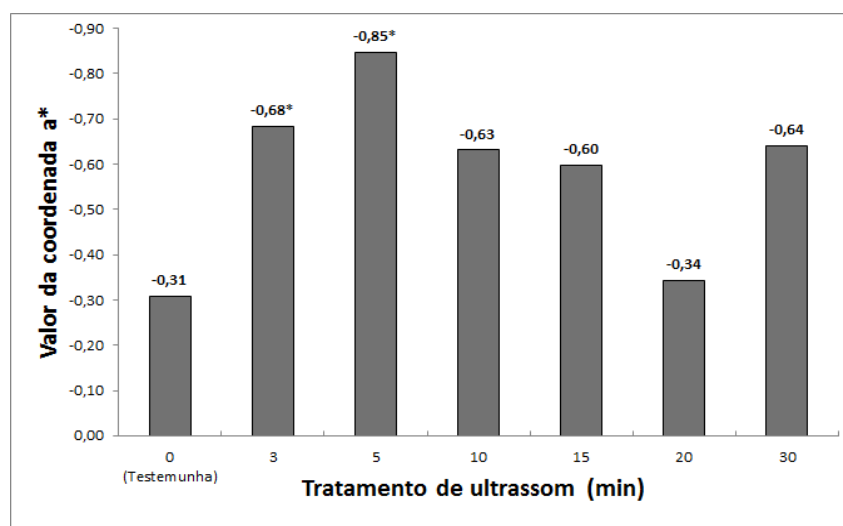


Figura 17 – Valor da coordenada a* das folhas de *L. origanoides* submetida a diferentes tratamentos com ultrassom, comparado com a testemunha. * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 25%. DMS = 0,35.

Conforme o resultado da análise estatística, para o valor da coordenada a*, em função dos diferentes tratamentos, comparados com a testemunha, observa-se que os pré-tratamentos de 3 e 5 min apresentaram melhor preservação da cor verde das folhas de *L. origanoides* após a secagem, pois seu valor diminuiu significativamente em comparação com as folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento.

Além de não alterar significativamente o pigmento clorofila das folhas secas de *L. origanoides*, em comparação com as folhas que não foram submetidas ao banho ultrassônico, o tempo de exposição ao ultrassom de 15 min também resultou em redução significativa no tempo de secagem e, conseqüentemente, baixo consumo de energia, quando comparado com o tratamento sem ultrassom. Portanto, pode ser indicado como pré-tratamento de secagem para a espécie em estudo, pois, neste caso, reduzindo o tempo de exposição ao ar aquecido de secagem, conseqüentemente, ocorre manutenção da cor verde das folhas.

A Figura 18 apresenta o valor da coordenada a* das folhas de *O. gratissimum*, submetidas a diferentes tratamentos com banho de ultrassom, comparado com a testemunha.

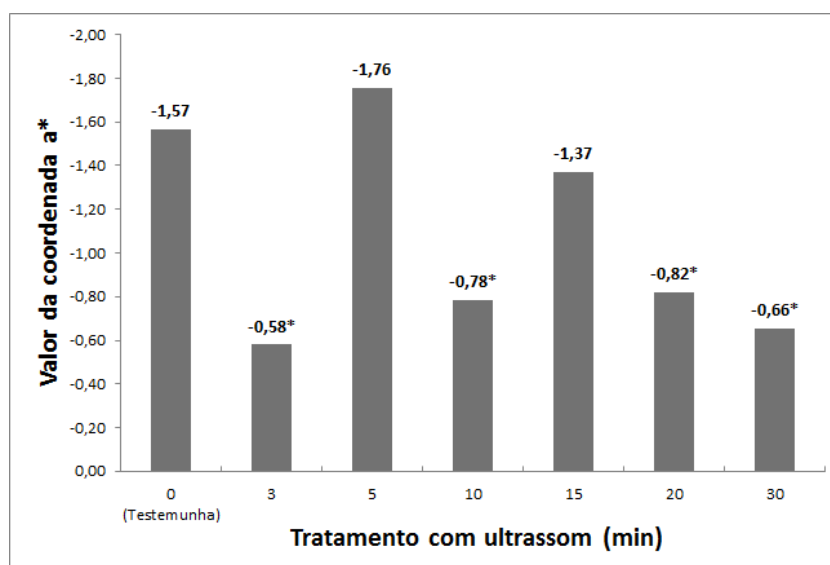


Figura 18 – Valor da coordenada a* das folhas de *O. gratissimum* submetidas a diferentes tratamentos com ultrassom, comparado com o tratamento testemunha. * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de significância. Coeficiente de variação: 28,25%. DMS = 0,72.

Conforme o resultado da análise estatística, para o valor da coordenada a*, em função dos diferentes tratamentos, comparados com a testemunha, observa-se que os pré-tratamentos de 3, 10, 20 e 30 min apresentaram maior degradação da cor verde das folhas de *O. gratissimum* após a secagem, pois seu valor aumentou significativamente em comparação com as folhas que não foram submetidas ao pré-tratamento. Portanto, os tempos em ultrassom de 5 e 15 min podem ser indicados como pré-tratamento de secagem de *O. gratissimum*, pois preservam a coloração verde de suas folhas, quando comparada com as que não foram submetidas ao banho ultrassônico.

Além de não alterar significativamente o pigmento clorofila das folhas secas de *O. gratissimum*, o tempo de exposição ao ultrassom de 5 min também reduziu significativamente o tempo de secagem quando comparado com o tratamento sem ultrassom. Portanto, pode ser indicado como pré-tratamento de secagem para a espécie em estudo, pois, neste caso, reduzindo o tempo de

exposição ao ar aquecido de secagem, conseqüentemente, ocorre preservação da cor verde das folhas.

Os resultados encontrados estão de acordo com Sledz et al. (2014) e Sledz et al. (2015b) que verificaram que o pré-tratamento com ultrassom protegeu a cor verde das folhas de salsa após a secagem, pois preservou a clorofila nas folhas secas, estabilizando a cor e reduzindo o tempo de secagem. A redução no tempo de secagem causado pelo pré-tratamento garantiu a manutenção da qualidade da cor verde nas folhas secas.

6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusão

A utilização das ondas ultrassônicas como pré-tratamento de secagem é uma tecnologia promissora. Apesar de custo inicial elevado, a tecnologia agrega valor ao produto com redução no consumo de energia, possibilitando amortização de custos na cadeia produtiva.

O pré-tratamento com banho de ultrassom, reduziu o tempo de secagem das três espécies estudadas, *Varronia curassavica* Jacq., *Lippia origanoides* Kunth. e *Ocimum gratissimum* L.

O tempo recomendado de pré-tratamento com ultrassom para redução do tempo de secagem e para preservação da cor verde das folhas das espécies *Varronia curassavica* e *Ocimum gratissimum* deve ser igual a 5 min e para a espécie *Lippia origanoides*, 15 min.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Avaliar a influência do pré-tratamento com ultrassom no teor e composição do óleo essencial e na estrutura das folhas de *V. curassavica*, *L. origanoides* e *O. gratissimum*.

7. REFERÊNCIAS

ADAPA, P. K.; SOKHANSANJ. S.; SCHOENAU, G. J. Performance study of a recirculating cabinet dryer using a household dehumidifier. **Drying Technology**, v. 20, n. 8, p. 1673–1689, 2002.

AKISUE, M. K.; OLIVEIRA, F.; MORAES, M. S.; AKISUE, G.; MANCINI, B. Caracterização farmacognóstica da droga e da tintura de *Varronia curassavica* A. DC-BORAGINACEAE. **Rev Bras Cienc Farm**, v. 55, p. 69–82, 1983.

ARGYROPOULOS, D.; MÜLLER, J. Kinetics of change in colour and rosmarinic acid equivalents during convective drying of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2013.12.001>, 2014.

ASAE STANDARDS. **Standards engineering practices data**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 78 p. 2000.

ASHOKKUMAR, M.; LEE, J.; KENTISH, S.; GRIESER, F. Bubbles in an acoustic field: An overview. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.14, n. 4, p. 470–475, 2007.

ASHOKKUMAR, M.; SUNARTIO, D.; KENTISH, S.; MAWSON, R.; SIMONS, L.; VILKHU, K.; VERSTEEG, C. Modification of food ingredients by ultrasound to improve functionality: a preliminary study on a model system. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 2, p. 155–160, 2008.

AVENA-BUSTILLOS, R.J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.A.; KROCHTA, J.M.; SALTVEIT, M.E. Optimization of edible coating on minimally processed carrots using response surface methodology. **Transaction of the ASAE**, v. 36, n. 3, p.801-805, 1993.

BARBOSA, F. F. **Avaliação do tempo de residência no campo e da temperatura do ar de secagem sobre o teor e sobre a composição química do óleo essencial de erva-cidreira-brasileira (*L. origanoides alba* (Mill.) N. E. Brown)**. 2005. 76 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. 2005.

BARBOSA-FILHO, J. M.; NASCIMENTO-JÚNIOR, F. A.; TOMAZ, A. C. de A.; ATHAYDE-FILHO, P. F. de; SILVA, M. S.; CUNHA, E. V. L.; SOUZA, M. de F. V.; BATISTA, L. M.; DINIZ, M. F. F. M. Natural products with antileprotic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, 141-148, 2007.

BATALHA, M. O.; NANTES, J. F. D.; ALCÂNTARA, R. L. C.; MING, L. C.; CASTRO, D. M. de; LOURENZANI, A. E. B. S; MACHADO, J. G. de C. F.; RIBEIRO, P. M. T. Plantas medicinais no Estado de São Paulo: Situação atual, perspectivas e entraves ao desenvolvimento. **Florestar Estatístico**, v. 6, n. 15, 2003.

BERGER-SCHUNN, A. **Practical color measurement**. New York: John Wiley & Sons, 1994, 192 p.

BLANK, A. F.; FONTES, S. M.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; ALVES, P. B.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; RODRIGUES, M. O. Influência do horário de colheita e secagem de folhas no óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) cultivada em dois ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.8, n.1, p.73-78, 2005.

BOHN, T.; WALCZYK, T. Determination of chlorophyll in plant samples by liquid chromatography using zinc-phthalocyanine as an internal standard. **Journal of Chromatography A**, v. 1024, p. 123–128, 2004.

BORGO, J.; XAVIER, C. A. G; MOURA, D. .J.; RICHTER, M. F.; SUYENAGA, E. S. Influência dos processos de secagem sobre o teor de flavonoides e na atividade antioxidante dos extratos de *Baccharis articulata* (Lam.) Pers., Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 1, p. 12-17, 2010.

BRASIL, 2006. Portaria n° 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 2006a.

BRASIL, 2006. Decreto n° 5813, de 22 de junho de 2006. Aprova a Política Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**; Brasília, 23 de junho de 2006b.

BRASIL, 2008. Portaria Interministerial n° 2.960, de 9 de dezembro de 2008. Aprova o Programa Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos e cria o Comitê Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos. **Diário Oficial da União**; Brasília, 9 de dezembro de 2008.

BRASIL, 2010. Ministério da Saúde: Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC n° 10, de 09 de março, Brasília, 2010.

CÁRCEL, J. A.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; BENEDITO, J.; MULET, A. Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. **Journal of Food Engineering**, v. 110, n. 2, p. 200–207, 2012.

CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 165p.

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 *L. origanoides* against *Aedes aegypti* Linn. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 4, p. 569-571, 2003.

CARVALHO JÚNIOR., P. M. ; RODRIGUES, R. F. O.; SAWAYA, A. C. H. F.; MARQUES, M. O. M.; SHIMIZU, M. T. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Varronia curassavica* D.C. **Journal of Ethnopharmacology**, v.95, n.2-3, p.297-301, 2004.

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. organoides organoides* essential oil against two-spotted spidermite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource Technology**, v. 101, p. 829–832, 2010.

CHEMAT, F.; ZILL-e-HUMA, KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 18, p. 813–835, 2011.

CHUA, K.J.; MUJUMDAR, A.S.; HAWLADER, M.N.A.; CHOU, S. K.; HO, J. C. Batch drying of banana pieces – effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product color. **Food Research International**, v. 34, n. 8, p. 721–731, 2001.

CHUA, K. J.; CHOU, S. K.; YANG, W. M. Advances in heat pump systems: A review. **Applied Energy**, v. 87, n. 12, p. 3611-3624, 2010.

CLAUSSEN, I. C.; USTAD, T. S.; STROMMEN, I.; WALDE, P. M. Atmospheric freeze drying – a review. **Drying Technology**, v. 25, n. 6, p. 957–967, 2007.

CORREA, M.P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro/Brasília, **Imprensa Nacional Brasília**, Ministério da Agricultura, v. 6, p. 312–313, 1984.

CORRÊA, R., M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, É. S.; ALVES, T. L. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de assa-peixe submetidas a diferentes métodos de secagem. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 339-344, mar./abr., 2004.

CORRÊA JUNIOR, C; SCHEFFER, M. C; MING, LIN C. **Cultivo Agroecológico de Plantas Mediciniais, Aromáticas e Condimentares**. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília-DF. p. 58 - 65, 2006.

COUTINHO H. D. M.; COSTA, J. G. M.; SIQUEIRA-JÚNIOR, J. P.; LIMA, E. O. In vitro anti-staphylococcal activity of *Hyptis martiusii* Benth against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*-MRSA strains. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, p. 670-675, 2008.

CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J. V.; LOPES, F. S. C.; BARBOSA, D. R. S.; BRENDA, M. O.; DUTRA, K. A.; GUEDES, C. A.; NAVARRO, D. M. A. F.; TEIXEIRA, A. A. C. Sublethal Effects of Essential Oils From *Eucalyptus staigeriana* (Myrtales: Myrtaceae), *O. gratissimum gratissimum* (Lamiales: Lamiaceae), and *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae) on the Biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**. 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/tow005>, 2016.

D'AURIA, M; RACIOPPI, R. The Effect of Drying of the Composition of Volatile Organic Compounds in *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis*, *Salvia officinalis* and *Thymus serpyllum*. A HS-SPME-GC-MS Study. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 18, n. 5, p. 1209–1223, 2015.

DAFERERA, D. J.; ZIOGAS, B. N.; POLISSIOU, M. G. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. And *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. **Crop Protection**, v. 22, n. 1, p. 39-44, 2003.

DAGHIGH, R.; RUSLAN, M. H.; SULAIMAN, M. Y.; SOPIAN, K. Review of solar assisted heat pump drying systems for agricultural and marine products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2564-2579, 2010.

FARIA, T. de J.; FERREIRA, R. S.; YASSUMOTO, L.; SOUZA, J. R. P. de; ISHIKAWA, N. K.; BARBOSA, A. de M. Antifungal activity of essential oil isolated from *O. gratissimum gratissimum* L. (eugenol chemotype) against phytopathogenic fungi. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, v. 49, n. 6, 2006.

FARIAS, E. M. F. G.; XIMENES, R. M.; MAGALHÃES, L. P. M.; CHIAPETA, A. A.; SENA, K. X. F. R.; ALBUQUERQUE, J. F. C. Antifungal activity of *L. organoides organoides* Cham. (Verbenaceae) against clinical isolates of *Candida* species. **Journal of Herbal Medicine**, v. 2, p. 63-67, 2012.

FERNANDES, E. S.; PASSOS, G. F.; MEDEIROS, R.; DA CUNHA F. M.; FERREIRA, J.; CAMPOS, M. M.; PIANOWSKY, L. F.; CALIXTO, J. B. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)- trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Varronia curassavica*. **European Journal of Pharmacology**, v. 569, n. 3, p. 228-236, 2007.

FERNANDES, F. A. N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. **LWT-Food Science and Technology**, v.41, n4, p. 604–610, 2008.

FERNANDES, F. A. N.; GALLÃO, M. I.; RODRIGUES, S. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p. 186–190, 2009.

FONSECA, M.C.M. **Epamig pesquisa, produção de Plantas Mediciniais para Aplicação no SUS**. Espaço para o produtor, Viçosa, 2012.

FRANCIS, F. J. Quality as influenced by color. **Food Quality and Preference**, p. 149-155, 1995.

FREITAS, T. P. de; FREITAS, L. S. de; STRECK, E. L. Ultrassom terapêutico no mecanismo de cicatrização: uma revisão. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 40, n. 1, 2011.

FUENTE-BLANCO; S. de la; RIERA-FRANCO de SARABIA, E.; ACOSTA-APARICIO, V. M.; BLANCO-BLANCO, A.; GALLEGO-JUÁREZ, J. A. Food drying process by power ultrasound. **Ultrasonics**, v. 44, p.e523-e527, 2006.

GALLEGO, J. A.; RODRÍGUEZ, G.; GÁLVEZ, J. C.; YANG, T. S. A new high-intensity ultrasonic technology for food dehydration. **Drying Technology**, v. 17, n. 3, p. 597–608, 1999.

GARCÍA-PÉREZ, J. V.; CÁRCEL, J. A.; FUENTE-BLANCO, S. de la; RIERA-FRANCO de SARABIA, E. Ultrasonic drying of foodstuff in a fluidized bed: Parametric study. **Ultrasonics** , v. 44, p. 539–543, 2006.

GOH, L. J.; OTHMAN, M. Y.; MAT, S.; RUSLAN, H.; SOPIAN, K. Review of heat pump systems for drying application. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4788-4796, 2011.

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

GONELI, A.L.D.; NASU, A.K.; GANCEDO, R.; ARAÚJO, W.D.; SARATH, K.L.L. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Varronia curassavica* DC.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.16, n.2, supl. I, p. 434-443, 2014a.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. do C.; VILHASANTI, H. da C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014b.

GONZAGA, D.A. **Controle multivariável utilizando plataforma Arduino para secador de plantas medicinais e software de aquisição de dados**. 2015. 41 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2015.

HIRSCHLER, R.; **Colorimetria Aplicada na Indústria Têxtil**, apostila, Rio de Janeiro: FaSeC – Faculdade SENAI/CETIQT – 2002.

HOGAN, M. R., AYRES, D. L., MULLER, R. E. et al. Heat pump for low-temperature grain drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.26, n.4, p.1234-1238, 1983.

KIDMOSE, U.; EDELENBOS, M.; NORBAEK, R.; CHRISTENSEN, L. P. Colour stability in vegetables. In: MACDOUGALL, D.B. (Ed.). **Colour in food: Improving quality**. Cambridge: Woodhead publishing, p.179-232, 2002.

KUDRA, T.; MUJUMDAR, A. S. **Advanced Drying Technologies**. 2 ed. CRC Press, 2009. 462 p.

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

LAJOLLO, F.; TANNENBAUM, S. R.; LABUZA, T. P. Reaction at limited water concentration. 2. Chlorophyll Degradation. **Journal of Food Science**, v. 36, n. 6, p. 850–853, 1971.

LEMOS, T. L. G.; MATOS, F. J. A.; ALENCAR, J. W.; CRAVEIRO, A. A.; CLARCK, A. M.; MCCHESENEY, J. D. Antimicrobial activity of essential oil of Brazilian plants. **Phytotherapy Research**, v. 4, n. 2, p. 82–84, 1990.

LEMOS, J.A. ET AL.; PASSOS, X. S.; FERNANDES, O. DE F. L.; DE PAULA, J. R.; FERRI, P. H.; HASIMOTO E SOUZA, L. K.; LEMOS, A. DE A.; SILVA, M. DO R. R. Antifungal activity from *O. gratissimum gratissimum* L. towards *Cryptococcus neoformans*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v.100, n.1, p. 55-8, 2005.

LEMOS, D.R.H. **Influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Chee**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2008.

LEONG, T.; ASHOKKUMAR, M.; KENTISH, S. The fundamentals of power ultrasound – A Review. **Acoustics Australia**, v. 39, n. 2, p. 54-63, 2011.

LEONG, T. S. H.; MARTIN, G. J. O.; ASHOKKUMAR, M. Ultrasonic encapsulation – A review. **Ultrasonic Sonochemistry**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.03.017>. 2016.

LIMA, G. P. G.; SOUZA, T. M.; FREIRE, G. P.; FARIAS, D. F.; CUNHA, A. P.; RICARDO, N. M. P. S.; MORAIS, S. M.; CARVALHO, A. F. U. Further insecticidal activities of essential oils from *L. origanoides* *origanoides* and *Croton* species against *Aedes aegypti* L. **Parasitology Research**, v. 112, Issue 5, p. 1953-1958, 2013

LOBO, P.L.D.; CARVALHO, C.B.M.; NASCIMENTO, D.F.; FONSECA, S.G.C.; JAMACARU, F.V.F.; MORAES, M.E.A. Dose–response evaluation of a novel essential oil against Mutans streptococci in vivo. **Phytomedicine**, v. 18, n. 7, p. 551-556, 2011.

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

MAHANOM, H. Jr; AZIZAH, A; DZULKIFLY, M. Effect of different drying methods on concentration of several phytochemicals in herbal preparation of 8 medical plants leaves. **Malays J Nutr.**, v.5, n.1, p.47-54, 1999.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf**. 2006. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2006.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P.C; MELO, E.C.; BARBOSA, F.F. Difusividade efetiva em folhas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf submetidas à secagem com diferentes comprimentos de corte e temperaturas do ar. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.9, n.1, p.68-72, 2007.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; MELO, E. C.; CARNEIRO, A.P.S. Avaliação colorimétrica de folhas secas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf

- durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.131-140, 2008.
- MARTINS, P.M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem, no teor e na composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf)**. 2000. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia. Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- MARTINS, J. R. **Aspectos da germinação de sementes e influência da luz no desenvolvimento, anatomia e composição química do óleo essencial em *O. gratissimum gratissimum* L.** 2006. 187 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, 2006.
- MARTINS, J. R.; NEVES, C. L. P.; PEREIRA, W. V. S.; TONETTI, O. A. O.; ALVARENGA, A. A. Armazenamento de sementes de Alfavaca-cravo (*O. gratissimum gratissimum* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.4, p.789-793, 2014.
- MARTINS, E. A. S.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p. 238–244, 2015.
- MASON, T. J. Power ultrasound in food processing – the way forward. In **Ultrasounds in food processing**. Glasgow: Blackie Academic and Professional. p. 104–124, 1998.
- MATASYOH, L. G.; MATASYOH, J. C.; WACHIRA, F. N.; KINYUA, M.G., MUIGAI, A.W.T.; MUKIAMA, T. K. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *O. gratissimum gratissimum* L. growing in Eastern Kenya. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 6, p. 760-765, 2007.
- MEDEIROS R.; PASSOS G. F.; VITOR C. E.; KOEPP J.; MAZZUCO T. L.; PIANOWSKI L. F.; CAMPOS M. M.; CALIXTO J. B. Effect of two active compounds obtained from the oil of *V. curassavica* on the acted inflammatory responses elicited by LPS in the rat paw. **British Journal of Pharmacology**, v. 151, n. 5, p. 618-627. 2007.
- MELO, M. T. P.; RIBEIRO, J. M.; MEIRA, M. R.; DE FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Teor de óleo essencial de alecrim-pimenta em função do horário de colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1166-1169, 2011.
- MIANO, A. C.; ALBERT I.; PEDRO, E. D. A. Mechanisms for Improving Mass Transfer in Food with Ultrasound Technology: Describing the Phenomena in Two Model Cases. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 29, p. 413–419. doi:10.1016/j.ultsonch.2015.10.020. 2016.
- MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation**. Japan: Minolta Co. Ltda, 1998, 57 p.

MONTEIRO, R. **Desenvolvimento de menta e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo**. 2009. 81F. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2009.

MONTES, A. L.; OLIVEIRA, D. E. C. de, RESENDE, O.; SILVA, F. G.; SALES, J. de F. Effect of the speed of the drying air on the quality of essential oil from *Aristolochia cymbifera* Mart. and Zucc. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 9, n. 30, p.806-812, 2015.

MOTA, M. L.; LOBO, L. T. C.; COSTA, J. G. M.; COSTA, L. S.; ROCHA, H. A. O.; SILVA, L. F. R.; POHLIT, A. M.; ANDRADE-NETO, V. F. A. In Vitro and In Vivo Antimalarial activity of essential oils and chemical components from three medicinal plants found in Northeastern Brazil. **Planta Médica**, v. 78, p. 658-664, 2012.

MUJUMDAR, A. S. Handbook of industrial drying. 2nd ed. New York, USA: Marcel Dekker Inc.; 1987.

MÜLLER, J. Convective drying of medicinal, aromatic and spice plants: a review. *Stewart Postharvest Review*, v. 3, p. 1–6, 2007.

NEIRO, E. da S.; NANNI, M. R.; ROMAGNOLI, F.; CAMPOS, R. M.; CEZAR, E.; CHICATI, M. L.; OLIVEIRA, R. B. de. Análise de cor de para discriminação de seis variedades de cana-de-açúcar em quatro épocas de colheita no ano. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

NGUEMTCHOUIN, M. G. M.; NGASSOUM, M. B.; CHALIER, P.; KAMGA, R.; NGAMO, L. S. T.; CRETIN, M. *O. gratissimum gratissimum* essential oil and modified montmorillonite clay, a means of controlling insect pests in stored products. **Journal of Stored Products Research**, n. 52, 57-62, 2013.

NICACIO, J.V. **Desenvolvimento de um sistema de controle automático para condicionamento de ar de secagem**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2010.

O'DONNELL, C. P.; TIWARI, B. K.; BOURKE, P.; CULLEN, P. J. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, p. 358-367, 2010.

OGENDO, J.O.; KOSTYUKOVSKY, M.; RAVID, U.; MATASYOH, J.C; DENG, A. L.; OMOLO, E.O.; KARIUKI, S.T.; SHAYYA, E. Bioactivity of *O. gratissimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, n. 4, p. 328-334, 2008.

OLIVEIRA, J. R. de; MATA, M. E. R. M. C. Desenvolvimento experimental de uma bomba de calor: simulação de secagem de sementes de feijão (*Phaseolus*

vulgaris L.), variedade 'carioca'. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.1, n.1, p.75-79, 1999.

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 *L. organoides organoides* H.B.K. **Food Chemistry**, v. 101, p. 236–240, 2007.

OLIVEIRA, M.T.R.; BERBERT, P.A.; MARTINAZZO, A.P. Avaliação de modelos matemáticos na descrição das curvas de secagem por convecção de *Pectis brevipedunculata* (Gardner) Sch. Bip. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.15, n.1, p.1-12, 2013.

OMER, A. M. Ground-source heat pump system and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, p. 344–371, 2008.

ONAJOBI, F. D. Smooth muscle contracting lipidic soluble principle in chromatographic functions of *O. gratissimum gratissimum*. **J. Ethnopharmacol**, v.18, p.3-11, 1986.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Alma-Ata, 1978. **Cuidados Primários de Saúde**, p. 64, Brasília, 1979.

PAL, U. S.; KHAN, M. K. Calculation steps for the design of different components of heat pump dryers under constant drying rate condition. **Drying technology**, v. 26, n. 7, p. 864–872, 2008.

PARK, K.J.; YADO, M.K.M.; BROD, F.P.R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.288-292, 2001.

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.

PASSOS, G. F.; FERNANDES, E. S.; CUNHA, F. M.; FERREIRA, J.; PIANOWSKI, L. F.; CAMPOS, M. M.; CALIXTO, J. B. Anti-inflammatory and anti-allergic properties of the essential oil and active compounds from *Varronia curassavica*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.110, n.2, p.323-333, 2007.

PATEL, K. K.; KAR, A. Heat pump assisted drying of agricultural produce—an overview. **Journal of food science and technology**, v. 49, n. 2, p. 142-160, 2012.

PATON, A.; HARLEY, R. M.; HARLEY, M. M. *O. gratissimum*: an overview of classification and relationships. In: HOLM, Y.; HILTUNEN, R. (Ed.). *O. gratissimum*: medicinal and aromatics plants industrial profiles. Series. Amsterdam: Ed. Hardman, 1999. p. 1-38.

PEREIRA, S. L. S.; PRAXEDES, Y. C. M.; BASTOS, T. C.; ALENCAR, P. N. B.; COSTA, F. N. Clinical effect of a gel containing *L. organoides organoides* on

plaque and gingivitis control. **European Journal of Dentistry**, v. 7, p. 28-34, 2013.

PINHO, L. de; SOUZA, P. N. S.; SOBRINHO E. M.; ALMEIDA, A. C. de; MARTINS, E. R. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoolicos das folhas de alecrim- pimenta, aroeira, barbatimão, erva baleeira e do farelo da casca de pequi. **Ciência Rural**. ISSN 0103-8478. 2012. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/cr/2012nahead/a3312cr5470.pdf>>. Acesso em: 13 mai 2016.

QUEIROZ, R.; GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N. Drying kinetics of tomato by using electric resistance and heat pump dryers. **Drying Technology**, v. 22, n. 7, p. 1603–1620, 2004.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; MARTINS, P. M. Secagem de alecrim pimenta (*L. origanoides origanoides* Cham.) em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.5, p.79-82, 2002.

RADÜNZ, L.R. **Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Mentha x vilosa* Huds).** 2004. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2004.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; ROCHA, R. P.; BARBOSA, F. F.; SANTOS, R. H. S.; BERBET, P. A. Avaliação das curvas de secagem de guaco (*Mikania glomerata* Spreng.) em secador de bandejas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, n.2, supl. I, p.378-387, 2014.

RAJENDRAN, S.; SRIANJINI, V. Plant products as fumigants for stored product insects control. **Journal of Stored Products Research** **44**, 126-135, 2008.

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

REIS, R. C. dos; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; SERVULO, A. C. O.; SOUZA, A. B. M. Cinética de secagem de folhas de manjeriço (*O. gratissimum basilicum* L.) via infravermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.12, p.1346–1352, 2012.

RENISUS, 2014. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2014/maio/07/renisus.pdf>>. Acesso em 10 maio, 2016.

RIERA, E.; GOLÁS, Y.; BLANCO, A.; GALLEGRO, J. A.; BLASCO, M.; MULET. Mass transfer enhancement in supercritical fluids extraction by means of power ultrasound. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 11, n. 3, p. 241-244, 2004.

ROCHA, F. I. G. da. **Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó.** 2009. 105 f. Dissertação

(Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

ROCHA, R. P. da. **Avaliação do teor e da composição do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* e *Thymus vulgaris* submetidos a processos de secagem e armazenamento.** 2011. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2011.

RODRÍGUEZ, Ó.; LLABRÉS, P. J.; SIMAL, S.; FEMENIA, A.; ROSSELLÓ, C. Intensification of predrying treatments by means of ultrasonic assistance: Affects on water mobility, PPO activity, microstructure, and drying kinetics of apple. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 3, p. 503-515, 2015.

ROLDÃO, E. de F.; WITAICENIS, A.; SEITO, L. N.; HIRUMA-LIMA, C. A.; DI STASI, L. C. Evaluation of the antiulcerogenic and analgesic activities of *Varronia curassavica* DC. (Boraginaceae). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 119, n. 1, p. 94-98, 2008.

SANTOS, R. R. dos. **Análise de sistemas de secagem de café utilizando-se bomba de calor e gás liquefeito de petróleo – GLP.** 2007. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2007.

SARTORATTO, A.; MACHADO, A. L. M.; DELARMELENA, C.; FIGUEIRA, G. M.; DUARTE, M. C. T.; REHDER, V. L. G. Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. **Braz. J. Microbiol.**, v. 35, n. 4, 2004.

SCHULZ, V.; TYLER, V. E.; HANSEL, R. Fitoterapia racional: um guia de fitoterapia para ciências da saúde. Manole, 386 p., 2002.

SERTIÉ, J. A. A.; WOISKY, R. G.; WIEZEL, G.; RODRIGUES, M. Pharmacological assay of *Varronia curassavica* V: oral and topical anti-inflammatory activity, analgesic effect and toxicity of a crude leaf extract. **Phytomedicine**, v.12, n.5, p. 338-344, 2005.

SHA SHA, C., JIN FEN, H., ZHI LONG, H. Composition of essential oil of Chinese *Chenopodium ambrosioides* and insecticidal activity against maize weevil: *Sitophilus zeamais*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 6, p. 714-718, 2011.

SILVA, F.; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais.** Viçosa: Arte e Livros, 2000. 135p.

SILVA, N. A.; OLIVEIRA, F. F.; COSTA, L. C. B.; BIZZO, H. R.; OLIVEIRA, R. A. Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*L. origanoides alba* (Mill.) N. E. Br.) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 3, p. 52-55, 2006.

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON

COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVA, A. C. da; SOUZA, P. E. de; AMARAL, D. C.; ZEVIANI, W. M.; PINTO, J. E. B. P. Essential oils from *Hyptis marrubioides*, *Aloysia gratissima* and *Varronia curassavica* reduce the progress of Asian soybean rust. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 2, p. 159-166, 2014.

SIMÕES, D. E. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 2. ed., São Paulo: Atheneu, 1999. 540 p.

SLEDZ, M., NOWAK, P.; WITROWA-RAJCHERT D. Drying of parsley leaves pre-treated by ultrasound. **Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych**, n. 579, p. 91–99, 2014.

SLEDZ, M.; WIKTOR, A.; NOWACKA, M.; WITROWA-RAJCHERT, D. Drying kinetics, microstructure and antioxidant properties of basil treated by ultrasound. **Journal of Food Process Engineering**, ISSN 1745-4530. Disponível em:<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpe.12271/full>> Acesso em: 11 maio 2016. 2015a.

SLEDZ, M.; WIKTOR, A.; RYBAK, K.; NOWACKA, M.; WITROWA-RAJCHERT, D. The impact of ultrasound and steam blanching pre-treatments on the drying kinetics, energy consumption and selected properties of parsley leaves. **Applied Acoustics**. 2015b. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.05.006>>. Acesso em: 15 abr 2016.

SOARES, R. D.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L. da; SILVA, M. V. da; SOUZA, B. dos S. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjeriço (*O. gratissimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.

SOARES, B. V.; TAVARES-DIAS, M. Espécies de *L. origanoides* (Verbenaceae), seu potencial bioativo e importância na medicina veterinária e aquicultura. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2013.

SORIA A. C.; VILLAMIEL M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n.7, p. 323–331, 2010.

SOSLE, V.; RAGHAVAN, G. S. V.; KITTLER, R. Low-temperature drying using a versatile heat pump dehumidifier. **Drying Technology**, v. 21, n. 3, p. 539–554, 2003.

STROMMEN I, KRAMER K. New applications of heat pumps in drying processes. **Drying Technology**, v. 12, n. 4, p. 889–901, 1994.

STROMMEN, I.; EIKEVIK, T. M.; ALVES-FILHO, O.; SYVERUD, K.; JONASSEN, O. Low temperature drying with heat pumps new generations of high quality dried products. In: **13th International drying symposium**; 2002.

SUN, L.; ISLAM, Md. R.; HO, J. C.; MUJUMDAR, A. S. A diffusion model for drying of a heat sensitive solid under multiple heat input modes. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 14, p. 1551-1560, 2005.

SUSLICK, K. S. The chemical effects of ultra-sound. **Scientific American**, v. 2, p. 80- 86, 1989.

TARLETON, E. S.; WAKEMAN, R. J. Ultrasonically assisted separation process. In *Ultrasounds in food processing*. Glasgow: Blackie Academic and Professional, p. 193-218, 1998.

TEEBOONMA, U.; TIANSUWAN, J.; SOPONRONNARIT, S. Optimization of heat pump fruit dryers. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 369–377, 2003.

TICLI, F. K.; HAGE, L. I. S.; CAMBRAIA, R. S.; PEREIRA, P. S.; MAGRO, A. J.; FONTES, M. R. M.; STÁBELI, R. G.; GIGLIO, J. R.; FRANÇA, S. C.; SOARES, A. M.; SAMPAIO, S. V. Rosmarinic acid, a new snake venom phospholipase A2 inhibitor from *Varronia curassavica* (Boraginaceae): antiserum action potentiation and molecular interaction. **Toxicon**, v.46, n.3, p.318-327, 2005.

TREVISAN, M. T. S.; SILVA, M. G. V.; PFUNDSTEIN, B.; SPIEGELHALDER, B.; OWEN, R. W. Characterization of the volatile pattern and antioxidant capacity of essential oils from different species of the genus *O. gratissimum*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 12, p. 4378–4382, 2006.

UEDA-NAKAMURA, T.; MENDONÇA-FILHO, R. R.; MORGADO-DÍAZ, J. A.; MAZA, P. K.; DIAS FILHO, B. P.; CORTEZ, D. A. G.; ALVIANO, D. S.; ROSA, M. DO S. S.; LOPES, A. H. C.S.; ALVIANO, C. S.; NAKAMURA, C. V. Antileishmanial activity of Eugenol-rich essential oil from *O. gratissimum gratissimum*. **Parasitology International**, v. 55, n. 2, p. 99–105, 2006.

VENSKUTONIS, P.R. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). **Food Chemistry**, v. 59, n. 2, p. 219-227, 1997.

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* and thymol. **Fitoterapia** **83**: 508–512. 2012.

WYSZECKI, G.; STILES, W.S. **Color science**. 2.ed. New York: John Wiley and Sons, 1982. 248p.

WITROWA-RAJCHERT D.; WIKTOR A.; SLEDZ M.; NOWACKA, M. Selected emerging technologies to enhance the drying process: A review. **Drying Technology**, v. 32, n. 11, p. 1386–1396, 2014.

ANEXOS

Para todos os resultados das análises estatísticas, considerar:

1: 0 min de ultrassom; **2:** 3 min de ultrassom; **3:** 5 min de ultrassom; **4:** 10 min de ultrassom; **5:** 15 min de ultrassom; **6:** 20 min de ultrassom; **7:** 30 min de ultrassom.

1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO TEMPO DE SECAGEM E DA COORDENADA a* DAS FOLHAS DE *V. curassavica*.

1.1. Tempo de secagem

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	7114,28571	1185,71429	3,5699 *
Resíduo	14	4650,00000	332,14286	
Total	20	11764.28571		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,05 \leq p < 0,1$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Médias de tratamento

1	265,00000
2	220,00000
3	200,00000
4	230,00000
5	235,00000

6 220,00000 |

7 235,00000 |

DMS = 43,30219; CV% = 7,95

Ponto médio = 232,50000

Foi aplicado o Teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade (bilateral)

1.2. Valor da coordenada a*

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	16,41005	2,73501	5,2299 **
Resíduo	14	7,32133	0,52295	
Total	20	23,73138		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Médias de tratamento

1 5,19333 |

2 3,37667 |

3 5,98333 |

4 4,18667 |

5 4,32000 |

6 3,71333 |

7 5,42000 |

DMS= 1,71822; CV% = 15,72

Ponto médio = 4,72500

Foi aplicado o Teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade (bilateral).

2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO TEMPO DE SECAGEM E DA COORDENADA a* DAS FOLHAS DE *L. origanoides*.

2.1. Tempo de secagem

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	22307,14286	3717,85714	49,5714 **
Resíduo	14	1050,00000	75,00000	
Total	20	23357,14286		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Médias de tratamento

1	330,00000
2	360,00000
3	340,00000
4	295,00000
5	260,00000
6	315,00000
7	280,00000

DMS=20,57681; CV% = 2,78

Ponto médio = 300,00000

Foi aplicado o Teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade (bilateral).

2.2. Valor da coordenada a*

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	0,65245	0,10874	5,1899 **
Resíduo	14	0,29333	0,02095	
Total	20	0,94578		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Médias de tratamento

1	0,31000
2	0,68333
3	0,84667
4	0,63000
5	0,59667
6	0,34333
7	0,64333

DMS=0,34393; CV% = 25,00

Ponto médio = 0,60500

Foi aplicado o Teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade (bilateral).

3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DO TEMPO DE SECAGEM E DA COORDENADA a* DAS FOLHAS DE *O. gratissimum*.

3.1. Tempo de secagem

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	46200,00000	7700,00000	32,6667 **
Resíduo	14	3300,00000	235,71429	
Total	20	49500,00000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,5$)

ns não significativo ($p \geq 0,5$)

Médias de tratamento

1	390,00000
2	290,00000
3	280,00000
4	230,00000
5	285,00000
6	265,00000
7	255,00000

DMS=36,47878; CV% = 5,39

Ponto médio = 307,50000

Foi aplicado o Teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade (bilateral)

3.2. Valor da coordenada a*

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	6	4,10047	0,68341	7,3859 **
Resíduo	14	1,29540	0,09253	
Total	20	5,39587		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,1$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

Médias de tratamento

1	1,57000
2	0,58000
3	1,75667
4	0,78333
5	1,37000
6	0,82000
7	0,65667

DMS=0,72275; CV% = 28,25

Ponto médio = 1,16000

Foi aplicado o Teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade (bilateral).