

Predição de modelos cinéticos de secagem de folhas da erva cidreira em secador convectivo

Prediction of kinetic models for drying lemon balm leaves in a convective dryer

Predicción de modelos cinéticos de secado de limoncillo en secadora convectiva

Recebido: 08/11/2019 | Revisado: 13/11/2019 | Aceito: 21/11/2019 | Publicado: 23/11/2019

Mayara Eunice de Macedo Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7691-7574>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: mayaragomespl@hotmail.com

Aline Pacheco Albuquerque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4059-095X>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: aline-quimicaindustrial@hotmail.com

Thais Jaciane Araújo Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2032-6441>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: thaisjaraujo@hotmail.com

Dannyelle Macedo Albuquerque Wanderley

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6739-4583>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: dannyellewanderley@yahoo.com.br

Ana Paula Trindade Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4772-3359>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: ana_trindade@yahoo.com.br

Oswaldo Soares da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2029-9279>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: osvaldo_so2002@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os ajustes aos modelos matemáticos da cinética de secagem de folhas de erva cidreira em secador convectivo nas temperaturas de 40, 55 e 70°C, com velocidades de ar de secagem de 1,0, 1,5 e 2,0 m/s mediante planejamento fatorial $2^2 + 3$ experimentos no ponto central. As folhas *in natura* foram submetidas as

caracterizações químicas, físicas e físico-químicas. A cinética de secagem foi realizada em secador convectivo, com ajustes para quatro modelos matemáticos, sendo considerado como critério de qualidade de ajuste, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM). Após realização dos ensaios de secagem, pode-se destacar o ensaio três conduzido com temperatura de 40 °C e velocidade de 1,0 m/s, apresentando maior rendimento e menor teor de água. O pó resultante foi submetido as análises de: granulometria, teor de água, atividade de água, cinzas, molhabilidade, higroscopicidade, solubilidade, massa específica, massa específica de compactação, fator de Hausner, índice de compressibilidade, cor, flavonoides, clorofilas a, b e total, carotenoides e taninos. Os modelos apresentaram ajustes satisfatórios à cinética de secagem, com $R^2 > 99,0\%$ e $DQM < 0,02$, destacando-se o modelo de Cavalcanti-Mata. O processo de secagem utilizado foi eficiente resultando em um pó solúvel, pouco higroscópico e fino, com concentrações de bioativos relevantes para seu uso medicinal.

Palavras-chave: Desidratação; *Lippia alba*; Plantas medicinais.

Abstract

The present work aimed to evaluate the adjustments to the mathematical models of the drying kinetics of lemongrass leaves in a convective dryer at 40, 55 and 70 °C, with drying air velocities of 1.0, 1.5 and 2.0 m / s by factorial design $2^2 + 3$ experiments at the central point. The fresh leaves were subjected to chemical, physical and physicochemical characterization. The drying kinetics was performed in a convective dryer, with adjustments for four mathematical models, being considered as fit quality criterion, the determination coefficients (R^2) and the mean square deviations (DQM). After the drying tests, one can highlight the three test conducted at a temperature of 40 °C and a speed of 1.0 m / s, presenting higher yield and lower water content, the resulting powder was subjected to analysis of: granulometry, water content, water activity, ashes, wettability, hygroscopicity, solubility, specific mass, specific compaction mass, Hausner factor, compressibility index, color, flavonoids, total and b chlorophylls, carotenoids and tannins. The models presented satisfactory adjustments to the drying kinetics, with $R^2 > 99.0\%$ and $DQM < 0.02$, especially the Cavalcanti Mata model. The drying process used was efficient resulting in a soluble, little hygroscopic and fine powder with bioactive concentrations relevant for its medicinal use.

Keywords: Dehydration; *Lippia alba*; Medicinal plants.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los ajustes a los modelos matemáticos de la cinética de secado de las hojas de hierba de limón en un secador convectivo a 40, 55 y 70 °C, con velocidades de

aire de secado de 1.0, 1.5 y 2.0 m / s por diseño factorial 2² + 3 experimentos en el punto central. Las hojas frescas se sometieron a caracterización química, física y fisicoquímica. La cinética de secado se realizó en un secador convectivo, con ajustes para cuatro modelos matemáticos, considerándose como criterio de calidad de ajuste, los coeficientes de determinación (R²) y las desviaciones cuadráticas medias (DQM). Después de las pruebas de secado, se pueden resaltar las tres pruebas realizadas a una temperatura de 40 ° C y una velocidad de 1.0 m / s, presentando mayor rendimiento y menor contenido de agua, el polvo resultante se sometió a análisis de: granulometría , contenido de agua, actividad del agua, cenizas, humectabilidad, higroscopicidad, solubilidad, masa específica, masa específica de compactación, factor de Hausner, índice de compresibilidad, color, flavonoides, clorofilas totales y b, carotenoides y taninos. Los modelos presentaron ajustes satisfactorios a la cinética de secado, con R²> 99.0% y DQM <0.02, especialmente el modelo Cavalcanti Mata. El proceso de secado utilizado fue eficiente, dando como resultado un polvo soluble, poco higroscópico y fino, con concentraciones bioactivas relevantes para su uso medicinal.

Palabras clave: Deshidratación; *Lippia alba*; Plantas medicinales.

1. Introdução

A erva cidreira (*Lippia alba*) amplamente encontrada em toda a América do Sul e Central é popularmente conhecida por diferentes denominações, como: alecrim do mato, camará, capitão do mato, cidrão, cidreira melissa, falsa melissa, salva do Brasil, salva limão, dentre outras. (Santos et al.,2018). De acordo com Teixeira et al. (2018) os estudos sobre a composição fitoquímica da erva cidreira estão relacionados principalmente aos constituintes voláteis de seu óleo, todavia, outras substâncias não voláteis como taninos e flavonóides (biativos), também foram identificadas em folhas e outros órgãos.

Na indústria alimentícia a erva cidreira geralmente tem seu uso associado a propriedade de conservante natural, sendo também empregada na medicina tradicional no tratamento de inúmeras doenças como no tratamento de distúrbios digestivos, alívio de dores na vesícula, distúrbios respiratórios, como sedativo e anti-hipertensivo (Costa et al., 2017; Gomes et al., 2019).

A indústria farmacêutica desperta grande interesse pelos extratos vegetais secos, uma vez que as formas farmacêuticas sólidas apresentam precisão de dosagem, facilidade de manuseio, transporte e armazenagem, além de favorecerem a manutenção da estabilidade química, microbiológica e farmacológica (Dias et al, 2012). Uma alternativa precursora para que a obtenção desse produto seja proveniente de folhas é a aplicação de técnicas de conservação, como a secagem.

O processo de secagem é um método de retirada do excesso de umidade por meio da evaporação utilizando a aplicação de ar quente (Silva et al., 2016). A cinética de secagem, também compreendida como a velocidade com que determinado produto perde água, é influenciada pelas particularidades intrínsecas, assim como pela umidade relativa do ar, velocidade e temperatura. Os métodos e as condições de secagem devem ser adequados as características de cada produto. (Silva et al., 2015)

Neste sentido torna-se necessária a obtenção de informações teóricas sobre o comportamento de cada produto durante a secagem. Essas informações podem ser obtidas através de simulações de secagem, utilizando os modelos matemáticos para descrever o processo de perda de água.

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos utilizando modelos matemáticos para observar e explicar o comportamento de alguns componentes durante a secagem de diferentes tipos de plantas medicinais, utilizando secadores e diferenciando a velocidade e a temperatura no processo (Dias et al. 2012; Prates, 2013; Doymaz, 2014; Silva, et al. 2015).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os ajustes aos modelos matemáticos da cinética de secagem de folhas de erva cidreira em secador convectivo nas temperaturas de 40, 55 e 70°C, com velocidades de ar de secagem de 1,0, 1,5 e 2,0 m/s mediante planejamento fatorial 2² + 3 experimentos no ponto central.

2. Metodologia

- Processamento das folhas de erva cidreira *in natura*

As folhas da erva cidreira *in natura* foram adquiridas na horta da Universidade Estadual da Paraíba na cidade de Campina Grande, constatando-se a espécie estudada mediante análise botânica realizada no Herbário ACAIL Manoel Arruda Câmara, sob número de tomo 1877. As folhas foram coletadas, selecionadas, sanitizadas, trituradas e acondicionadas sob refrigeração

- Caracterização físico-química e física das folhas *in natura* da erva cidreira

As folhas de erva cidreira foram caracterizadas de acordo com AOAC (2010) para pH, acidez titulável, teor de água e cinzas. A atividade de água foi medida em higrômetro Aqualab da Decagon Devices a 25°C. O perfil colorimétrico foi avaliado utilizando o colorímetro marca Mini Scan Hunter (Lab XE), operando-se no sistema Hunter, segundo a metodologia de Altamirano-Fortoul e Rossel (2011).

- Análise de toxicidade

Os ensaios de toxicidade foram realizados utilizando o método do bioensaio composto de artêmias, segundo metodologia de Meyer et al. (1982).

- Cinética de secagem das folhas de erva cidreira em secador convectivo

Para os experimentos de secagem utilizou-se um secador convectivo. A quantidade de água evaporada durante o processo foi obtida por pesagens descontínuas das folhas de erva cidreira e o esquema de pesagem seguiu intervalos de tempos variados, em minutos, até atingir massa constante. Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa, na temperatura de 105°C, por 24 h, para determinação da matéria seca.

A cinética foi realizada de acordo com planejamento experimental fatorial na $2^2 + 3$ pontos centrais, obtendo com essa configuração um total de 7 experimentos, representados na Tabela 2. Foram definidas como variáveis independentes a temperatura de secagem (T) e a velocidade do ar de secagem (V), conforme Tabela 1.

Os dados foram tratados usando-se o programa Statistica 7.0. Os dados de significância do processo foram obtidos por meio da análise de variância (ANOVA), a 95% de confiança. Para se definir o experimento com as melhores condições de secagem, foi observada a significância das variáveis dependentes, rendimento do pó e teor de água..

Tabela 1 -Níveis de codificações

| Níveis | -1 | 0 | +1 |
|---------|-----|-----|-----|
| T (°C) | 40 | 55 | 70 |
| V (m/s) | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

Tabela 2 - Matriz do planejamento experimental

| Ensaio | T (°C) | Var (m/s) |
|--------|--------|-----------|
| 1 | 40 | 1,0 |
| 2 | 40 | 2,0 |
| 3 | 70 | 1,0 |
| 4 | 70 | 2,0 |
| 5 | 55 | 1,5 |
| 6 | 55 | 1,5 |

As curvas da cinética de secagem foram construídas plotando-se a razão de teor de água (RX) em função do tempo de secagem em minutos (t), aplicando-se os modelos matemáticos, conforme a Tabela 3. Os valores da razão de teor de água foram determinados usando-se a Equação 1

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

Em que:

X - teor de água do produto;

X_i - teor de água inicial;

X_e - teor de água de equilíbrio.

Com os dados coletados foram ajustados os dados de cinética de secagem pelos modelos matemáticos de Cavalcante e Mata, Midilli, Page e Verma (Tabela 3), utilizando-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, com o programa computacional STATISTICA 7.0.

Tabela 3 - Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem das folhas de erva cidreira.

| Designação do Modelo | Modelo |
|--------------------------|---|
| Cavalcante e Mata (2006) | $RX = a_1 \exp(-bt^{a_2}) + a_3 \exp(bt^{a_4}) + a_5$ (2) |
| Midilli (2002) | $RX = a \exp(-kt^n) + bt$ (3) |
| Page (1949) | $RX = \exp(-kt^n)$ (4) |
| Verma (1985) | $RX = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kt)$ (5) |

t: tempo de secagem; k: constante de secagem: a, a₁, a₂, a₃, a₄, a₅, b e n : coeficiente dos modelos.

- Caracterização físico-química e física do pó das folhas secas de erva cidreira

As folhas secas foram trituradas em um moinho de facas (MA048), obtendo-se um produto em pó. Após o processo de secagem foi selecionado a partir dos resultados da matriz

de planejamento o pó com as melhores condições de secagem, sendo realizadas no mesmo as análises químicas, físicas e físico-químicas em triplicata: O Teor de água e de cinzas foram determinados segundo metodologia descrita por AOAC (2010), a atividade de água foi medida em higrômetro AQUALAB da Decagon Devices.

O perfil colorimétrico foi avaliado utilizando o colorímetro marca Mini Scan Hunter (Lab XE), operando-se no sistema Hunter, segundo a metodologia de Altamirano-Fortoul e Rossel (2011). A Molhabilidade, higroscopicidade e solubilidade, foram realizadas segundo Freudig et al. (1999), Cano-Chauaca et al. (2005) e Cano-Chaucaet al. (2005), respectivamente. As massas específicas aparente e de compactação foram determinadas seguindo a metodologia descrita por Brasil (2005). O Índice de Compressibilidade e Fator de Hausner seguiram os critérios descritos na Farmacopéia americana (United States Pharmacopeia, 2006).

- Caracterização dos compostos bioativos das folhas de erva cidreira *in natura* e do pó obtido das folhas secas

As determinações de clorofila e carotenoides foram realizadas através da metodologia proposta por Lichtenthaler (1987), os flavonoides totais foram determinados de acordo com a metodologia de Francis (1992) e os taninos totais segundo Godstein e Swain (1963). Ambas análises, foram realizadas em triplicata.

- Análise granulométrica do pó

A análise granulométrica foi realizada através do peneiramento de 100 g de folhas secas, caracterizado pela passagem de uma série de peneiras padronizadas na faixa de 20 a 170 Mesh, com agitador eletromagnético. O tempo total de peneiramento foi realizado segundo metodologia da Farmacopéia (1988). O cálculo do diâmetro médio das partículas (D) foi obtido utilizando a equação de Sauter apresentada por Pereira et al. (2009), equação 6.

$$D = \frac{1}{\sum_i \frac{\Delta x_i}{D_i}} \quad (6)$$

Em que:

Δx_i = fração de mássica retida sobre cada peneira;

D_i = diâmetro médio de abertura das peneiras superior e inferior.

3. Resultados e discussão

- Caracterização físico-química e física das folhas de erva cidreira *in natura*

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de pH, acidez, teor de água, atividade de água, cinzas, cor e toxicidade das folhas de cidreira *in natura*. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 4 - Parâmetros químicos, físicos e físicos - químicos da erva cidreira

| Parâmetros | Média dos resultados |
|-------------------|----------------------|
| pH | 8,97 ± 0,02 |
| Acidez | 0,31 ± 0,06 |
| Teor de Água | 79,83 ± 0,03 |
| Atividade de água | 0,99 ± 0,00 |
| Cinzas | 2,04 ± 0,03 |
| Cor | |
| a* | -5,0 ± 0,09 |
| b* | 18,11 ± 0,24 |
| L* | 7,25 ± 0,09 |
| Toxicidade DL50 | 2.195,93 |

Média ± Desvio padrão. a* (intensidade de vermelho/verde); b* (intensidade de vermelho/amarelo); L* (Luminosidade).

De acordo com a Tabela 4 é possível observar que as folhas de erva cidreira antes do processo de secagem apresentaram baixa acidez total titulável (0,31%), refletida em valor relativamente alto de pH (8,97), atribuindo um caráter básico. Lins et al. (2015) em seu trabalho analisou as folhas de capim limão e erva cidreira obtendo valores de 0,3 e 0,1 para acidez e pH de 5,81 e 7,20, respectivamente, valores inferiores ao encontrado nessa pesquisa. Aroucha et al. (2010) afirma em seu estudo a importância da acidez não somente para determinar a percepção de doçura de um produto, mas também pela atuação como conservante, avaliação de qualidade e maturidade, indicador sensorial, entre outras.

Com relação a análise de cor, o valor obtido para o parâmetro a* -5,0 indica a grande predominância da cor verde na folha, destacando com isso uma grande quantidade do teor de clorofila, as folhas analisadas também apresentaram teor de água elevado (79,3%). Reis et al. (2012) em seu estudo com secagem de folhas de manjericão encontraram valor de teor de

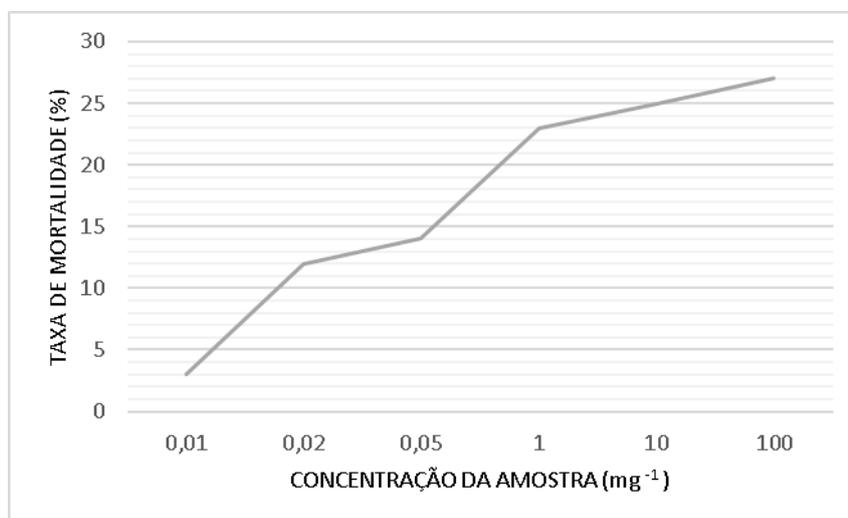
água de 82,7% próximo ao encontrado nesse trabalho, uma luminosidade de 29,4 e a^* (intensidade de vermelho/verde) de -2,88.

Assim como o teor de água, a atividade de água das folhas também apresentou valor elevado (0,99). De acordo com Barros et al. (2019) altos valores de teor de água associados a níveis elevados de atividade de água afetam diretamente a estabilidade do produto e possibilitando sua deterioração devido ação de microrganismos. Em virtude desses teores a aplicação de técnicas de conservação como a secagem convectiva, possibilita a redução na viabilidade do desenvolvimento microbiano através da redução do teor de água e atividade de água do produto, o que torna possível a conservação e armazenamento mais duradouros.

Em relação ao teor de cinzas, resíduo inorgânico mantido após a queima da matéria orgânica, as folhas *in natura* apresentaram valor de 2,04%, teor inferior ao encontro por Cardoso (2016) ao estudar a erva cidreira em pó (3,7%).

A Figura 1 ilustra a porcentagem de náuplios de artêmias salinas vivas em relação a concentração das folhas de erva cidreira (*Lippia alba*).

Figura 1 - Gráfico da taxa de mortalidade de náuplios de artêmias salinas em relação ao aumento da concentração de erva cidreira



Observa-se na Figura 1 uma baixa mortalidade de náuplios de artêmia, apresentando uma DL50 de 2.195,93 ppm, sendo considerada não tóxica. Em estudo realizado por Pereira et al. (2015) relacionado a toxicidade de plantas condimentares, sendo observadas dentre elas o endro e a erva doce que também são plantas medicinais, constatou-se baixa toxicidade para ambos, com DL50 de 428 ppm para o endro e 2.624 ppm para a erva doce. Dentre esses

resultados observa-se que a erva cidreira apresentou valor mais alto que o endro, todavia o valor obtido foi inferior ao encontrado para a erva doce.

Nguta et al. (2011) estudaram a toxicidade de extratos de plantas, mostrando que extratos com DL50 menores que $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ apresentam alta toxicidade, DL50 entre 100 e $500 \mu\text{g mL}^{-1}$ apresentam toxicidade moderada, DL50 entre de 500 e $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ apresentam fraca toxicidade e DL50 acima de $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$ são considerados atóxicos (não tóxicos). Logo, a erva cidreira apresenta baixa toxicidade.

- Cinética de secagem das folhas de erva cidreira

A análise dos resultados obtidos no processo de secagem das folhas para teor de água e rendimento foi realizada através de métodos estatísticos, utilizando-se o software Statistica 7.0, de acordo com o planejamento fatorial de $2^2 + 3$ pontos totalizando 7 experimentos.

Na Tabela 5 verificam-se os resultados encontrados ao serem analisados quantitativamente a influência das variáveis de entrada (temperatura e vazão) sobre as variáveis de resposta (teor de água e rendimento).

Tabela 5 - Matriz de planejamento fatorial $2^2 + 3$ repetições no ponto central e média dos resultados dos ensaios de secagem.

| Ensaio | T (°C) | V (m/s) | Teor de água (%) | Rendimento (%) |
|--------|--------|---------|------------------|----------------|
| 1 | 40 | 1,0 | 18,40 | 20,70 |
| 2 | 40 | 2,0 | 18,70 | 20,15 |
| 3 | 70 | 1,0 | 7,05 | 24,51 |
| 4 | 70 | 2,0 | 7,6 | 14,29 |
| 5 | 55 | 1,5 | 43,00 | 21,08 |
| 6 | 55 | 1,5 | 47,00 | 20,65 |
| 7 | 55 | 1,5 | 45,50 | 20,23 |

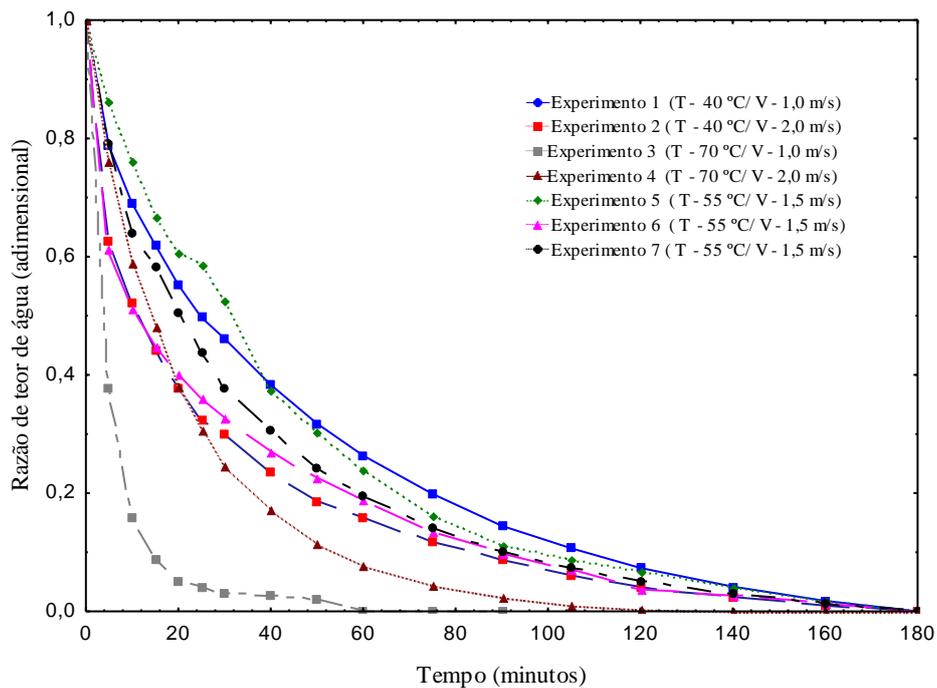
Considerando que para avaliação da eficiência do processo de secagem busca-se um menor teor de água e maior rendimento, de acordo com a Tabela 5 mediante o planejamento experimental utilizado pode-se destacar o ensaio 3, constando um valor de 24,51% para o rendimento e 7,05% para o teor de água.

De acordo com Santos et al. (2016) a redução desse teor visa minimizar as atividades biológicas e bioquímicas, prolongando desta maneira a vida útil e a estabilidade do produto

durante a estocagem. Em virtude da escolha do melhor pó resultante da secagem das folhas de erva cidreira o rendimento obtido com o experimento 3 torna-se mais viável em termos econômicos de custo benefício quanto comparado aos demais.

Na Figura 2 constam as curvas de secagem de folhas de erva cidreira em diferentes condições de temperatura e velocidade do ar de secagem.

Figura 2- Curvas de cinética de secagem



Observa-se que a maior razão de teor de água ocorre no início do processo, elucidada pela maior inclinação das curvas. Quanto maior for a temperatura do ar, maior é a taxa de secagem. As folhas apresentaram tempo de secagem inversamente proporcional ao aumento da temperatura do ar de secagem, em termos de custo benefício pode-se destacar o experimento 3, onde o uso da maior condição de temperatura contribuiu para que o processo de secagem ocorresse de forma mais rápida, condição semelhante ao estudo conduzido por Silva et al. (2015) no estudo das folhas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) sob camada delgada em estufa com circulação forçada de ar utilizando temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidade do ar de 0,5, 1,0 e 1,5 m.s⁻¹

Esse comportamento foi justificado por Silva et al. (2015) que afirmam que o acréscimo da temperatura do ar de secagem é responsável pela maior atuação dos mecanismos difusivos no interior da folha, por meio do aumento na quantidade de sítios ativos na

superfície de evaporação, proporcionando uma maior taxa de remoção de água do produto e diminuição do tempo de secagem.

Gomes et al. (2017) observaram que o aumento da temperatura no processo de secagem pode provocar a redução da viscosidade da água, indicando que a água encontrada no interior consegue migrar com maior facilidade quando comparada a menores temperaturas de secagem. Pode-se elucidar que o rendimento obtido no experimento 3 mediante os demais experimentos apresentou uma maior temperatura e menor tempo de secagem quando comparado as demais condições de secagem.

- Avaliação dos modelos de secagem

Os dados experimentais da cinética de secagem foram ajustados aos modelos empíricos de Midilli, Page, Cavalcante Mata e Verma, Tabela 6

Tabela 6- Parâmetros de ajuste, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) de modelos matemáticos ajustados aos dados de secagem de folhas de erva cidreira nas temperaturas de 40, 55 e 70 °C.

| Modelo | Ensaio | T (°C) | V _{ar} (m/s) | Parâmetros | | | | | R ² | DQM | |
|--------------------|--------|-----------|--------------------------|------------|--------|---------|---------|--------|----------------|---------|--------|
| | | | | a1 | b | a2 | a3 | a4 | | | a5 |
| Cavalcanti Mata | 1 | 40 | 1,0 | 0,5649 | 0,0660 | 0,6751 | 0,5649 | 0,6751 | -0,1331 | 99,969% | 0,0050 |
| | 2 | 40 | 2,0 | 0,5336 | 0,1784 | 0,5301 | 0,5336 | 0,5301 | -0,0678 | 99,976% | 0,0040 |
| | 3 | 70 | 1,0 | 0,4943 | 0,2575 | 0,8488 | 0,4943 | 0,8488 | 0,0119 | 99,876% | 0,0097 |
| | 4 | 70 | 2,0 | 0,9576 | 0,0643 | 0,8912 | 0,0464 | 1,1517 | -0,0038 | 99,987% | 0,0033 |
| | 5 | 55 | 1,5 | 0,5038 | 0,0265 | 0,9569 | 0,5035 | 0,9570 | -0,0182 | 99,735% | 0,0162 |
| | 6 | 55 | 1,5 | 0,6070 | 0,1837 | 0,4390 | 0,6070 | 0,4390 | -0,2154 | 99,910% | 0,0077 |
| | 7 | 55 | 1,5 | 0,5154 | 0,0715 | 0,7472 | 0,5154 | 0,7472 | -0,0297 | 99,946% | 0,0067 |
| Midilli | | | | a | k | n | b | | | | |
| | 1 | 40 | 1,0 | 0,9951 | 0,0704 | 0,6998 | -0,0004 | - | - | 99,952% | 0,0063 |
| | 2 | 40 | 2,0 | 0,9989 | 0,1840 | 0,5521 | -0,0002 | - | - | 99,969% | 0,0045 |
| | 3 | 70 | 1,0 | 1,0008 | 0,2757 | 0,8005 | 0,0001 | - | - | 99,835% | 0,0112 |
| | 4 | 70 | 2,0 | 1,0007 | 0,0669 | 0,8905 | 0,0000 | - | - | 99,986% | 0,0034 |
| | 5 | 55 | 1,5 | 0,9881 | 0,0262 | 0,9658 | -0,0001 | - | - | 99,732% | 0,0163 |
| | 6 | 55 | 1,5 | 0,9976 | 0,2129 | 0,4818 | -0,0005 | - | - | 99,863% | 0,0095 |
| 7 | 55 | 1,5 | 1,0006 | 0,0719 | 0,7569 | -0,0001 | - | - | 99,947% | 0,0067 | |
| Page | | | | | k | n | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|---|----|-----|--------|--------|--------|---|---|---|---------|--------|
| | 1 | 40 | 1,0 | - | 0,0559 | 0,7866 | - | - | - | 99,562% | 0,0191 |
| | 2 | 40 | 2,0 | - | 0,1614 | 0,6037 | - | - | - | 99,753% | 0,0129 |
| | 3 | 70 | 1,0 | - | 0,2846 | 0,7824 | - | - | - | 99,808% | 0,0121 |
| | 4 | 70 | 2,0 | - | 0,0660 | 0,8952 | - | - | - | 99,984% | 0,0037 |
| | 5 | 55 | 1,5 | - | 0,0266 | 0,9703 | - | - | - | 99,694% | 0,0174 |
| | 6 | 55 | 1,5 | - | 0,1671 | 0,5773 | - | - | - | 99,186% | 0,0231 |
| | 7 | 55 | 1,5 | - | 0,0657 | 0,7894 | - | - | - | 99,886% | 0,0098 |
| | | | a | k | k2 | | | | | | |
| Verna | 1 | 40 | 1,0 | 0,1725 | 0,3038 | 0,0196 | - | - | - | 99,896% | 0,0093 |
| | 2 | 40 | 2,0 | 0,4026 | 0,2680 | 0,0227 | - | - | - | 99,886% | 0,0088 |
| | 3 | 70 | 1,0 | 0,0939 | 0,0379 | 0,2220 | - | - | - | 99,969% | 0,0048 |
| | 4 | 70 | 2,0 | 0,1819 | 0,1440 | 0,0396 | - | - | - | 99,986% | 0,0035 |
| | 5 | 55 | 1,5 | 0,0306 | 3,8267 | 0,0229 | - | - | - | 99,745% | 0,0159 |
| | 6 | 55 | 1,5 | 0,3879 | 0,3638 | 0,0206 | - | - | - | 99,920% | 0,0073 |
| | 7 | 55 | 1,5 | 0,2261 | 0,1660 | 0,0230 | - | - | - | 99,931% | 0,0076 |

O grau de precisão dos ajustes dos modelos aos dados experimentais foi verificado em função do coeficiente de determinação (R^2) e do desvio quadrático médio (DQM) para as temperaturas de 40, 55 e 70 °C.

Para selecionar os modelos matemáticos não lineares deve-se utilizar como critério os valores de R^2 e do desvio quadrático médio (DQM), de acordo com Martins et al. (2014). Verifica-se conforme Tabela 6 que todos os modelos matemáticos aplicados na cinética de secagem das folhas de erva cidreira apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 99% para as temperaturas e vazões de ar avaliadas. Comportamento similar foi verificado por Barbosa et al. (2007) que utilizando um secador de plantas medicinais, com as temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade de 0,29 m s⁻¹ ajustaram os dados experimentais de erva-cidreira-brasileira. Araújo et al. (2017) afirma em seu estudo que valores de R^2 superiores a 98,0% indicam que os modelos matemáticos representam de maneira satisfatória o comportamento de secagem.

Com os parâmetros dos modelos logarítmicos observa-se que dentre as equações testadas a de Cavalcanti Mata se aproximou mais dos pontos experimentais que os demais modelos, por constar maiores valores de coeficiente de determinação (R^2) e menores valores para DQM quando comparado aos demais modelos.

- Caracterização físico-química e física do pó das folhas secas de erva cidreira

A Tabela 7 consta as principais propriedades nutricionais do pó obtido a partir da melhor condição de secagem mediante planejamento experimental e modelo de ajuste, o experimento 2, com condições de $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $V_{\text{ar}} = 2,0\text{ m/s}$.

Tabela 7 - Parâmetros químicos físicos e físico-químicos do pó das folhas secas de erva cidreira.

| Parâmetros | Pó das folhas da erva cidreira secas |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Teor de Água (%) | 18,70± 0,09 |
| Atividade de água (%) | 0,467± 0,28 |
| Cinzas (%) | 0,645± 0,32 |
| Molhabilidade (minutos) | 01:25 ± 0,03 |
| Higroscopicidade (%) | 0,00595± 0,24 |
| Solubilidade (%) | 80,0± 0,02 |
| Massa específica (g/mL) | 0,2± 0,03 |
| Massa específica de Compactação (g/L) | 1,78± 0,03 |
| Fator de Hausner | 8,93± 0,03 |
| Índice de Compressibilidade | 88,8± 0,02 |
| Cor | |
| a* | 0,12± 0,17 |
| b* | 16,64± 0,02 |
| L* | 30,72± 0,18 |

Média ± Desvio padrão. a* (intensidade de vermelho/verde); b* (intensidade de vermelho/amarelo); L* (Luminosidade).

Observa -se que o produto apresenta resultados satisfatórios em relação ao valor da matéria *in natura* para o teor de água passando de 79% para 18,7%, com uma redução de aproximadamente 77 % de água no produto. Salienta-se que essa redução elucidada a eficiência do processo de secagem utilizado uma vez que a diminuição desse parâmetro contribui para um maior tempo de armazenamento e manutenção das propriedades gerais nele presente ao ver evitada a proliferação de microrganismos, bem como a facilidade de transporte e estocagem.

Devido a redução do teor de água alguns componentes presentes também são eliminados resultando num rendimento de 20,15 %, valor superior encontrado por Silva (2013) na secagem de folhas de erva de jaboti com 4 %, o teor de cinza no pó obtido das folhas de cidreira (0,645 %) também foi superior ao desse estudo 0,4 %.

Observa-se que o produto é bastante solúvel apresentando uma solubilidade em torno de 80 % e de baixa higroscopicidade (0,00595 %) o que torna o produto propício para armazenamento mais prolongando. A massa específica aparente (0,20 g/mL) revela que os resíduos tendem a não se compactarem completamente, gerando os espaços vazios entre as partículas do produto. A realização das análises físicas permite uma maior explanação acerca de características que são de fundamental importância para compreender o comportamento do material vegetal estudado, tendo em vista sua aplicação seja na indústria farmacêutica ou alimentícia (Albuquerque, 2018).

Observa-se um escurecimento na cor das amostras com relação ao valor de a^* que foi de 0,12, e uma luminosidade de 30,72, valores elevados se comparados ao estudo de Reis (2012) que secou folha de manjerição e obteve uma cor de -2,89 e luminosidade de 29,55. Aral e Basa (2016) a variação da cor durante o processo de secagem pode identificar a degradação de nutrientes como os carotenoides.

- Caracterização dos compostos bioativos das folhas de erva cidreira *in natura* e em pó

De acordo com Souza et al. (2012) devido à crescente popularidade dos produtos naturais, os compostos bioativos presentes na constituição das plantas têm sido fonte de diversos estudos nos últimos anos por apresentar diversas atividades terapêuticas proporcionando benefícios à saúde.

As principais análises desses compostos constam na Tabela 8 onde estão descritos os teores de flavonoides, clorofila e carotenoides presentes nas folhas de erva cidreira *in natura* e no pó obtido das folhas de erva cidreira secas a fim de comparação da concentração desses compostos no processo de secagem.

Na tabela 8 são apresentados os valores de flavonoides, clorofila e carotenoide do pó de erva cidreira.

Tabela 8 - Compostos bioativos das folhas de erva cidreira seca *in natura* e do pó

| Parâmetros | Folhas da erva cidreira <i>in natura</i> | Folhas da erva cidreira seca |
|-------------------|---|---|
|-------------------|---|---|

| | | |
|--|--------------|--------------|
| Flavonoides (mg.100g ⁻¹) | 28,72 ± 0,03 | 35,900± 0,03 |
| Clorofila a (mg.100g ⁻¹) | 1,90± 0,02 | 2,254± 0,02 |
| Clorofila b (mg.100g ⁻¹) | 1,12± 0,02 | 9,445± 0,02 |
| Clorofila total (mg.100g ⁻¹) | 25,63± 0,02 | 54,501± 0,04 |
| Carotenoide (mg.100g ⁻¹) | 110,14± 0,02 | 72,948± 0,06 |

Média ± Desvio padrão.

De acordo com Albuquerque et al. (2018) a quantificação das substâncias bioativas vêm sendo pesquisada mundialmente por acrescentar qualidade nutricional e valor aos produtos que os contenha. O enriquecimento de alimentos, bem como o uso medicinal dessas substâncias é justificado apenas quando os componentes bioativos são bioacessíveis e biodisponíveis. Após o processo de secagem o teor de todos os compostos bioativos analisados (flavonoides, clorofila a, b e total) apresentaram um aumento na quantidade quando comparados ao das folhas *in natura* uma vez que o processo de secagem proporcionou a concentração dos mesmos.

A eficiência no processo de secagem convectiva apresenta um custo benefício associado ao fornecimento de um produto com teores mais elevados de bioativos que apresentam grande importância na dieta humana com uso medicinal

Os flavonoides são os responsáveis por refletir o brilho do azul, vermelho, amarelo e laranja nas flores, folhas e frutos, possuindo ação anti-inflamatória, como no controle da esteatose hepática (cirrose), nas infecções intestinais e no auxílio a cicatrização da pele (FERREIRA et al., 2014).

O teor obtido para determinação de flavonoides foi de 28,72 mg.100g⁻¹ para as folhas *in natura* valor superior ao obtido no estudo de Lins et al. (2015) que reportaram valores para análise de flavonoides de 14,08 mg.100g⁻¹ para a erva cidreira e 7,17 mg.100g⁻¹ para o capim cidreira. Ferreira et al. (2014) afirma que os flavonoides são compostos fenólicos com capacidade antioxidante, classificados como um dos mais importantes princípios ativos existentes na natureza que estão diretamente ligados ao sabor, odor e coloração dos vegetais, relacionados também a redução de risco das principais doenças crônicas.

Lins et al. (2015) em seu trabalho com folhas de erva cidreira (*Melissa officinales*) e capim cidreira *in natura*, encontraram teores de clorofila a e b, de 3,68 e 4,17 mg.100g⁻¹, respectivamente, valores esses maiores que o observado na Tabela 7. Essas diferenças observadas podem estar relacionadas a diversos fatores, tais como colheita, condições climáticas na época de frutificação, temperatura, exposição à luz.

O teor de clorofila total foi de 25,63 mg.100g⁻¹ superior ao encontrado por Oliveira (2016) ao analisar o teor de clorofila total em folhas de oliveira que reportaram um valor de 4,04 mg.100g⁻¹. Segundo Marenco e Lopes (2011) as clorofilas estão presentes nas membranas dos cloroplastos e possuem um importante papel no processo fotossintético, um importante captador de energia fotossintético e os carotenoides usados como acessórios nessa captação de energia justificando o alto crescimento adaptação dessa planta em diversos tipos de ambientes.

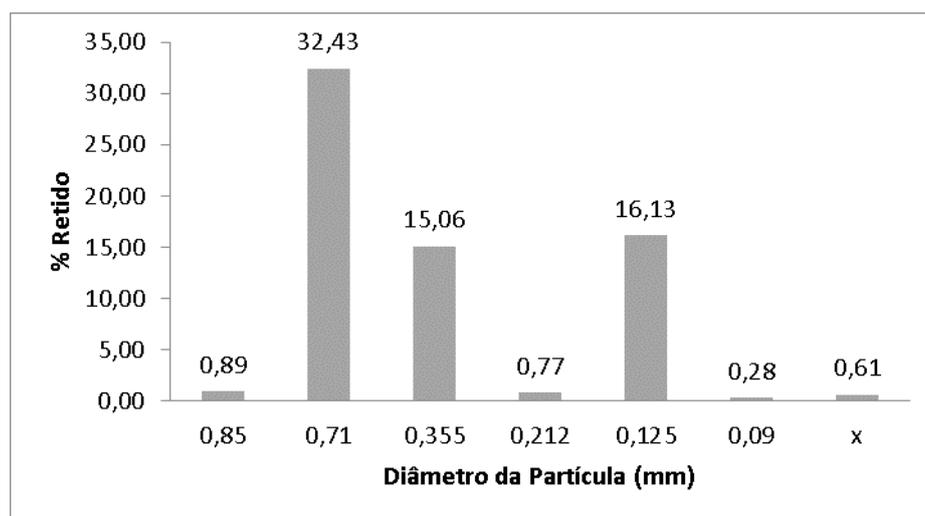
Souza (2015) secou ao sol folhas de Jamelão encontrando valores de clorofila a de 0,1883 mg.100g⁻¹, clorofila b de 0,1582 mg.100g⁻¹ e total de 0,34, valores esses menores que o encontrado, isso pode estar direcionado ao período de colheita, com o tipo de secagem. Jacques (2017) justifica a relação entre o conteúdo de carotenoides com à alta quantidade de clorofila total, tendo em vista que os carotenoides são responsáveis por auxiliar no processo de fotossíntese, o que justifica os teores mais elevados para ambos os parâmetros na espécie estudada, com um conteúdo de carotenoides de 110,14 mg.100g⁻¹.

Em relação à quantificação de carotenoides, foi possível observar a influência da temperatura na degradação do mesmo, ou seja, a temperatura utilizada nesse estudo degradou esse bioativo com redução desse parâmetro para 72,948 mg.100g⁻¹. Segundo Ahmad-Qasen et al. (2013) o processo de secagem provoca alteração nas quantidades desses nutrientes presentes nas folhas por se tratar de um composto termolábil, salientando que mesmo após esse decréscimo o resultado obtido ainda é alto quando comparado a outros produtos de origem vegetal.

- Análise granulométrica do pó

O pó obtido mediante as condições de secagem do ensaio 3 foi submetido a análise granulométrica com auxílio de conjunto de peneiras para obter a granulometria do pó após a moagem das folhas de erva cidreira seca, na Figura 3 é possível observar a distribuição granulométrica da folha de erva cidreira após moagem mecânica.

Figura 3 – Gráfico com perfis granulométrico do pó das folhas de erva cidreira secas



Observa-se na Figura 3 a distribuição granulométrica do pó, podendo ressaltar um maior índice de percentagem de retenção as partículas com diâmetros equivalentes a 0,71, 0,355 e 0,125 mm, correspondendo as peneiras de 24, 42 e 115 Mesh. Esses resultados são inferiores ou encontrado por Sacramento et al. (2013) ao estudarem a granulometria de uma droga vegetal, mesmo objetivo desse trabalho, resultante da pimenta *Schinus terebinthifolius* Raddi e encontraram partículas com diâmetros de 0,446, 0,255 e 0,229 mm, valores esses que evidenciando que o pó das folhas de erva cidreira apresenta grânulos finos que podendo vir a ser utilizado como produto medicinal.

Conforme a equação de Sauter (Equação 6) esse estudo obteve um diâmetro médio de 0,35 nm para partículas resultantes do pó das folhas de erva cidreira, valor esse bem inferior a pesquisa desenvolvida por Rocha et al. (2009) que encontraram diâmetro médio para partículas de quebra pedra de 2,7nm. Pode-se observar na figura 3 nenhuma faixa de tamanho ultrapassou a porcentagem de 35%., indicando uma boa distribuição dos grânulos resultantes de um bom processo de moagem com tamanhos de partículas em conformidade.

4. Conclusões

Mediante a realização do presente estudo foi possível concluir que a cinética de secagem das folhas de erva cidreira em secador convectivo mediante a utilização do planejamento fatorial foi conduzida com êxito constando que todos os modelos testados proporcionaram ajustes satisfatórios aos dados experimentais com coeficientes de determinação (R^2) superior a 99%.

Com os parâmetros dos modelos logarítmicos pode-se observar que dentre as equações testadas a de Cavalcanti Mata se aproximou mais dos pontos experimentais quando comparada aos demais modelos, verificando por meio do coeficiente de determinação R^2 e valores de DQM. O processo de secagem que mediante planejamento fatorial apresentou um melhor rendimento e menor teor de água foi o experimento 3 com maior temperatura e menor tempo de secagem.

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que as folhas da erva cidreira secas apresentaram resultados significativos para todos os parâmetros analisados, em especial para a quantificação de bioativos presentes, uma vez que esses compostos se concentraram devido ao processo de secagem, aumentando sua ação e contribuindo para seu uso nas indústrias alimentícias e farmacêuticas.

Salienta-se como sugestões de trabalhos futuros uma maior relação de análises quanto ao teor de outros compostos bioativos que possam estar presentes no produto, bem como um aumento das variáveis estudadas por meio do planejamento com a finalidade de avaliar de maneira mais ampla os possíveis efeitos da temperatura de secagem aplicada sobre a composição nutricional do produto.

Referências

Ahmad - Qasen, M. H; Barrajon - Catalán, E; Micol, V; Mullet, A; GÁRCIS – PÉREZ. (2013). Influence of freezing and dehydration of olive leaves (*var. Serrana*) on extract composition and antioxidant potential. Food Research International. v.50, p.189-196.

Albuquerque, A. P. Rocha, A.P.T.; Araújo, G.T. (2018). Extração hidroalcoólica da casca de cebola roxa: caracterização de compostos bioativos extraídos da casca de cebola roxa. Novas Edições Acadêmicas. Beau-Bassin, Mauritius.

Altamirano-Fortoul, R; Rossell, C. M. (2011). Physico chemical changes in breads from bake off technologies during storage. Food Science and technology. v. 44, p. 631-636.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18th ed, 3th review, Washington, USA: AOAC, 2010. 1094 p.

Araujo, W. D.; Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Filho, C. P. H. & Martins, E. A. S. (2017). Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. *Revista Ciência Agronômica*, v. 48, n. 3, p. 448-457.

Aral, S; Bese, A. V. (2016). Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus SSP*): effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food Chemistry*, v.201, n.1, p. 577-584.

Aroucha, E. M. M.; Gois, V. A.; Leite, R. H. L.; Santos, M. C. A. & Souza, M. S. (2010) - Acidez em frutas e hortaliças. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 5, n. 2, p. 01-04.

Barbosa, F.F.; Melo, E.C.; Santos, R.H.S.; Rocha, R. P.; Martinazzo, A. P.; Radünz, L. L.; Gracia, L. M. N. (2007). Evaluation of mathematical models for prediction of thinlayer drying of brazilian lemon-scented verbena leaves (*Lippia alba* (mill) N.E. Brown). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.9, n.1, p.73-82.

Barros, S. L., Silva, W. P., Figueiredo, R. M. F., Araujo, T. J., Santos, N. C. & Gomes, J. P. G. (2019) - Efeito da adição de diferentes tipos de açúcar sobre a qualidade de geleia elaborada com abacaxi e canela. *Revista Principia*, v. 45, p. 1-8.

Brasil, M. D. S. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 1017 p., 2005.

Cano- Chauaca, M; Stringueta, P. C; Ramos, A. M; Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the Carriers of the Microstructure of mango powder obtained spray drying and its functional characterization. *Innovative food emerging technologies*, v. 6, p. 420-428.

Cardoso, R. S. Desenvolvimento de técnicas farmacêuticas para a obtenção da droga vegetal a partir das folhas da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown) químiotipo II. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 62pg, 2016.

Costa, P. S., Souza, E. B., Brito, E. H. S., & Fontenelle, R. O. S. (2017). Atividade antimicrobiana e potencial terapêutico do gênero *Lippia* sensu lato (Verbenaceae). *Hoehnea*, v. 44, p. 158-171.

Dias, R. A. L.; Souza, P. S., & De Alsina, O. L. (2012). Efeito da temperatura de secagem sobre o rendimento na extração de taninos totais e óleos essenciais da hortelã (*Mentha x Vilosa* Hudson). *Revista Brasileira de Farmácia . Brazil Journal Of Pharmagy*, v.93, n.4, p.431-438.

Farmacopéia Brasileira, 4. Ed., São Paulo: Atheneu, 1988. pte. 1, 526p.

Ferreira, E; Oliveira, R. F; Carvalho, V. F. (2014). Flavonoides: um potente agente terapêutico. Fisa/Funcesi.

Francis, F. J. (1992). Análises of anthocianins. In: Markakis, P. (Ed). *Anthocyaninis as food colors*. New York: Academic, P. 181-20.

Freudig, B; Hoge Kamp, S; Schubert, H. (1999). Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. *Chemical engineering and processing*. Amsterdam, v. 38, n.4-6, p. 525-532.

Goldstein, J. L; Swaint, T. (1963). Changes in tannis in rioening fruits. *Phytochemistry*, v. 2, p. 371-383.

Gomes, A. F., Almeida, M. P., Leite, M. F., Schwaiger, S., Stuppner, H., Halabalaki, M., ... & David, J. M. (2019). Seasonal variation in the chemical composition of two chemotypes of *Lippia alba*. *Food chemistry*, v. 273, p. 186-193.

Jacques, A. C; Antunes, B. F; Sant, L. G. (2017). Determinação de Carotenóides e Clorofilas em farinha de folhas de Oliveira (*Olea europaea L.*) obtida por liofilização. *Congrega - Urcamp*.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls e carotenoides pigments of photosuntheticbiomembranes: in Racker, L; Douce. R (eds) *Methods in enzymologi*, Londom, v.148, p. 350 -382.

Lins, A. D. F; Oliveira, M. N; Fernandes, V.O; Trindade, A. P. T; Sousa, F. C; Martins, A. N. A; Nunes, E. N. (2015). Quantificação de Compsotos Bioativos em Erva Cidreira (*Melissa officinalis L.*) e Capim Cidreira [*Cymbopogon Citratus (DS) stpf.*]. Gaia Sciencia. v.9, n. 1, pg. 17-21.

Marenco, R.A & Lopes, N. F. Fisiologia Vegetal. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 486p., 2011.

Martins, J. J. A.; Marques, J. I.; Santos, D. C. & Rocha, A. P. T. (2014). Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. *Bioscience Journal*. v. 30, n. 6, p. 1652-1660.

Meyer, B. N.; Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. J., & McLaughlin, J. L. (1982). Brine Shrimp: A conveniente general bioassay for active plant constituents. *Journal of medical plant research*, v. 45, n. 1, p. 31-34.

Nguta, J. M; Mbaria, J. M; Gakuya, D. W; Gathumbi, P. R; Kabasa, J. D; Kiama, S.G. (2011). Biological Screening of Kenyan Medicinal Plants using *Artemia Salina L. (ATERMIDAE)*. *Pharmacology online*, v. 2, p. 458-478.

Oliveira, F. M; Antunes, B. F; Jacques, A. C; Zambiasi, R. C. (2016). Teor de Clorofila em folhas de oliveira cultivada na região da Campanha gaucha. 15ª Mostra da Produção Universitária- MPU. Rio Grande do Sul/RS, Brasil.

Pereira, E. M; Filho Manoel, T. L; Mendes, F. A; Mateus, A. N. A; Rocha, A. P. T. (2015). Potencial toxicológica frente *Artemia Salina* em plantas condimentares comercializadas no município de Campina Grande - PB. *Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável - Pombal - PB*. v. 10, n.1, p. 52-56.

Pereira, V.R.; Costa, S.S.; Rocha, S.C.S. (2009). Análise do crescimento da celulose microcristalina granulada em leite vibrofluidizado. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Uberlândia/MG, Anais... Campus de Santa Mônica: UFU, 2009.

Prates, M. F. O; Reis, R. D.; Devilla, I. A.; Faria, R. Q., & Lima Junior, A. F. (2013). Cinética de secagem de folha de *Solanum Lycocarpum A. St. Hil* (fruta do lobo). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.14, n.3, p. 514-521.

Reis, R. C; Devilla, I.Ç A; Ascheri, D. P. R; Servulo, A. C.O; Souza, A. B.M. (2012). Cinética de Secagem de folhas de Manjeriço (*Ocimum basilicum L.*) via infravermelho. *Agricambi*. v.16, n.12, p. 1346-1352.

Santos, A. E.; Martins, G. M. V.; Canuto, M. F. C. S.; Segundo, J. E. D. V. & Almeida, R. D. (2016). Modelagem matemática para a descrição da cinética de secagem do fruto da palma (*Opuntia ficus indica*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 11, n. 1, p. 1-6.

Sacramento, L. V. S; Junior, A. S; Foglio, M. A. (2013). Comparação granulométrica, densidade e do teor de extrativos de droga vegetal originada de folhas de *Schinus Terebinthifolius* Raddi. XXII. Simpósio de Plantas Medicinais do Brasil.

Santos, A. P. G., De Oliveira, A. S., & De Oliveira, V. J. D. S. (2018) Uso e eficácia da erva cidreira, um comparativo entre conhecimento científico e senso comum: metassíntese. *Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management*, v. 14, n. 2.

Silva, E. S.; Oliveira, J.; Machado, A. V. & Costa, R. O. (2015) - Secagem de grãos e frutas: revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 5, n. 1, p. 19-23.

Silva, L. A.; Resende, O.; Virgolino, Z. Z.; Bessa, J. F. V.; Morais, W. A. & Vidal, V. M. (2015) Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana L.*). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v.17, n.4, supl. II, p.953-963.

Silva, R. B.; Silva, F. S.; Porto, A G. & Alves, A P. (2016) - Estudo da cinética de secagem de polpa de carambola. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 10, n. 2, p. 2069-2080.

Silva, R. M. F; Ribeiro, J. F. A; Freitas, M. C. C; Arruda, M. S. P; Nascimento, M. N.; Barbosa, W.L.R; Rolim Neto, P. J. (2013). Caracterização físico-química e análises por espectrofotometria e cromatografia de *Peperomia Pellucida L.* (H. B. K). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*. Campinas, v. 15, n.4.

Souza, F. C. Martins, J. J. A; Rocha, A. P. T; Gomes, J. P; Pessoa, T; Martins, J. N. (2015) Predição de modelos sobre a cinética de secagem de folhas de *Ziziphus Joazeiro* Mat. Revista Brasileira de Plantas Medicinai. Campinas, v. 17, n.2, p.195-200.

Rocha, A. P. T; Silva, V. S; Silva, O. S; Alsina, O. L. S. (2009). Caracterização física de grânulos de quebra-pedra para uso em leito de jorro. Revista eletrônica de materiais e processos, v. 1, p. 32-37.

Teixeira De Oliveira, G., Siqueira Ferreira, J. M., Lima, W. G., Ferreira Alves, L., Duarte-Almeida, J. M., & Alves Rodrigues Dos Santos Lima, L. (2018) Phytochemical characterisation and bioprospection for antibacterial and antioxidant activities of *Lippia alba* Brown ex Britton & Wilson (Verbenaceae). Natural product research, v. 32, n. 6, p. 723-731.

United States Pharmacopeial Convention. (2006). States Pharmacopeia: USP29. Rockville: United States Pharmacopeial Convention, 2006. p.2639-2640, 3017-3020.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Mayara Eunice de Macedo Gomes – 16,67

Aline Pacheco Albuquerque – 16,67

Thais Jaciane Araújo Rodrigues – 16,67

Dannyelle Macedo Albuquerque Wanderley – 16,67

Ana Paula Trindade Rocha – 16,66

Oswaldo Soares da Silva – 16,66