



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**Ajustes de modelos matemáticos na secagem de folhas de chicória
(*Cichorium intybus*)**

Orientador: Prof. Dr. Celso Martins Belisário

Coorientador: Prof. Dr. Osvaldo Resende

Mestranda: Iaquine Maria Castilho Bezerra

RIO VERDE - GO

Agosto – 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**Ajustes de modelos matemáticos na secagem de folhas de chicória
(*Cichorium intybus*).**

Autora: Iaquine Maria Castilho Bezerra
Orientador: Dr. Celso Martins Belisário
Coorientador: Dr. Osvaldo Resende

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Linha de pesquisa: Inovação e desenvolvimento de produtos a partir de frutos nativos, com ênfase em frutos do Cerrado.

Rio Verde-GO

Agosto/2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

BB574a Bezerra, Iaquine Maria Castilho
Ajustes de modelos matemáticos na secagem de
folhas de chicória (*Cichorium intybus*) / Iaquine
Maria Castilho Bezerra; orientador Celso Martins
Belisário; co-orientador Osvaldo Resende. -- Rio
Verde, 2020.
21 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação
em Tecnologia de Alimentos) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Cinética de secagem. 2. Modelagem matemática.
3. Chicória. I. Belisário, Celso Martins, orient.
II. Resende, Osvaldo, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e | Educacional - Tipo: |

Nome Completo do Autor: Iaquine Maria Castilho Bezerra

Matrícula: 2018202330740027

Título do Trabalho: Ajustes de modelos matemáticos na secagem de folhas de chicória (*Cichorium intybus*)

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 25/03/21

- O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
- O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA


O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local: Rio Verde-GO, 19/03/2021.
Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 33/2020 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/DG-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação :	Tecnologia de Alimentos	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número:62
Data: 14/08/2020	Hora de início: 16:30h	Hora de encerramento: 18:30h
Matrícula do discente:	2018202330740027	
Nome da discente:	Jaqueline Maria Castilho Bezerra	
Título do trabalho:	Ajustes de modelos matemáticos na secagem de folhas de chicória (<i>Cichorium intybus</i>)	
Orientador:	Celso Martins Belisário	
Área de concentração:	Tecnologia e Processamento de Alimentos	
Linha de Pesquisa:	Pós-Colheita e Processamento de Grãos e Vegetais	
Projeto de pesquisa de vinculação	Cinética de secagem e seu efeito na obtenção de inulina da farinha das folhas de chicória (<i>Cichorium pumilum</i>)	
Titulação:	Mestre em Tecnologia de Alimentos	

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Celso Martins Belisário (Orientador), Prof^a. Dra. Geovana Rocha Plácido (Avaliadora interna), Dra. Diene Gonçalves Souza (Avaliadora externa) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada por vídeo conferência via Google Meet à distância, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **IAQUINE MARIA CASTILHO BEZERRA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Celso Martins Belisário, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGTA da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IFGoiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Diene Gonçalves Souza, Diene Gonçalves Souza - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 20/08/2020 10:12:39.
- Geovana Rocha Plácido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/08/2020 19:51:16.
- Celso Martins Belisario, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/08/2020 19:44:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/07/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 163284

Código de Autenticação: fa025f21f6



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**AJUSTES DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SECAGEM DE
FOLHAS DE CHICÓRIA (*CICHORIUM INTYBUS*)**

Autora: Jaqueline Maria Castilho Bezerra
Orientador: Celso Martins Belisário

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração em
Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 14 de agosto de 2020.

Dra. Diene Gonçalves Souza
Avaliadora externa
IF Goiano/RV

Dra. Geovana Rocha Plácido
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dr. Celso Martins Belisário
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Diene Gonçalves Souza, Diene Gonçalves Souza - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 20/08/2020 10:42:17.
- Geovana Rocha Plácido, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/08/2020 19:52:26.
- Celso Martins Belisario, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/08/2020 19:51:09.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/07/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 163285
Código de Autenticação: aec0d23315



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Com grande respeito e admiração, agradeço a todos os colegas que me acompanharam na trajetória até aqui e compartilharam aprendizado, experiências, somando em minha vida pessoal e profissional.

Em especial ressalto a gratidão de ser filha das pessoas mais honradas e altruístas que conheço. Ao meu pai, Sr. Vicente Bezerra da Silva, agradeço por todos os esforços para ver minha alegria em meio ao caos e pelo carinho sereno de todos os sacrifícios que fez sem hesitar para que eu pudesse realizar meus sonhos. A minha mãe Sra. Graceli Rodrigues Castilho Bezerra, por todo apoio e desdobramento para que eu conseguisse superar minhas próprias limitações e adversidades com a segurança da sua companhia. Obrigada por levantarem junto comigo todos os dias as cinco horas da manhã para que eu não precisasse caminhar sozinha até o ponto de ônibus, por cada lanchinho escondido na mochila, por cada bilhetinho de amor em meio as minhas anotações dando força nos momentos difíceis. Com vocês dois aprendi o que é amor verdadeiro e incondicional e devo tudo o que sou e o que um dia me tornar. Amo muito vocês.

Agradeço com imensa humildade ao meu orientador, professor Dr. Celso Martins Belisário por todos os ensinamentos, orientação, compreensão e suporte e a todo nosso time de integrantes do laboratório de Fitoquímica do Instituto Federal Goiano Rio Verde, Goiás.

E, sobretudo agradeço a Deus pela vida e saúde, pela oportunidade e capacidade de aprendizado e crescimento, e por todas as pessoas que colocou em meu caminho e ajudaram de forma direta ou indireta.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Iaquine Maria Castilho Bezerra, nascida em 19 de abril de 1991 em Santa Helena de Goiás, filha de Vicente Bezerra da Silva e Graceli Rodrigues Castilho Bezerra. Graduada em Engenharia de Alimentos pelo Instituto Federal Goiano e discente do Mestrado em Tecnologia de Alimentos – Campus Rio Verde – Goiás.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Chicória	1
1.2.	Secagem	2
2.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
3.	OBJETIVOS	6
3.1.	Geral.....	6
3.2.	Específicos	6
	CAPÍTULO I: AJUSTE DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SECAGEM DE FOLHAS DE CHICÓRIA (<i>CICHORIUM INTYBUS</i>).....	7
	RESUMO.....	7
	ABSTRACT	8
	INTRODUÇÃO.....	9
	MATERIAL E MÉTODOS	9
	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
	CONCLUSÃO.....	18
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Razão do teor de água das folhas de chicória durante a secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.	13
Figura 2- Valores estimados pelo modelo Logarítmico da cinética de secagem das folhas de chicória.	17

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos vegetais.	11
Tabela 2- Valores dos parâmetros estatísticos obtidos na secagem das folhas de chicória.	14
Tabela 3- Valores do Critério de informação de Akaike e Critério de informação de Bayesiano Schwarz (BIC) dos modelos com melhores ajustes da cinética de secagem para as folhas de chicória.	16
Tabela 4- Valores estimados dos coeficientes do modelo Logarítmico utilizado para prever as curvas de secagem de folhas e chicória.	18

1. INTRODUÇÃO

1.1. Chicória

A chicória é uma espécie vegetal pertencente à Família Asteraceae, cultivada na antiguidade pelos egípcios como planta medicinal e ocasionalmente utilizada para forragem animal (Munoz, 2004). Foi uma das primeiras matérias-primas utilizadas como substituto do café (Pazola, 1987). Sua utilização varia desde o consumo de suas folhas frescas usadas como salada, ricas em vitamina A e C e micronutrientes, a chás obtidos a partir de suas folhas secas e submetidas a infusão, e suas raízes são utilizadas como goma de mascar (Bremness, 1998).

No exterior essas hortaliças têm sido cultivadas na Europa, Líbano, em alguns países árabes e em toda América do Norte com usos comerciais do segmento fármaco e alimentício (Wang & Cui, 2011).

No Brasil as hortaliças são produzidas em todas as regiões, entretanto, nas regiões sudeste e sul é onde concentram a maior parte da produção, compondo uma fatia de mais de 80% plantados. Estimando a cerca de 174.061 hectares de hortaliças folhosas (VILELA E LUENGO, 2017).

Conhecida também por almeirão ou escarola, deriva do termo árabe “Chikouzych”, originária da região do mediterrâneo, muito utilizada como planta alimentar e medicinal desde a mais remota antiguidade até os dias atuais, sendo cultivada há mais de dois mil anos, segundo a bibliografia desde o séc. IV a.C. (JANUÁRIO, 2003; MOSADDEGH et al., 2012).

Quanto a variedade, são divididas em dois grupos, que se distinguem pela forma das folhas. As variedades lançadas na região centro-sul, não formam cabeças, produzindo folhas largas, rugosas ou lisas (FILGUEIRA, 1982). A *Cichorium endivia var. crispum* L., tem as folhas bem divididas e torcidas e a *Cichorium endivia var. latifolia* L., com folhas mais largas e mais lisas, sendo conhecida também como escarola (CERMEÑO, 1996). A variedade com folha lisa contém maior valor comercial ao público (FILGUEIRA, 2000).

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA–UNICAMP, 2011), estima os nutrientes da chicória com destaque para os valores substanciais de cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, vitamina A (RE), vitamina A (RAE), alfa-tocoferol (vitamina E), niacina e a vitamina C. Este alimento rico em nutrientes essenciais ao bom

funcionamento vital do organismo humano possui poucas formas de uso tecnológico na indústria de alimentos, ou seja, sua forma *in natura* ilustra basicamente pratos de saladas frias e de curta validade, porém considerando esta hortaliça rica em nutrientes, destaca-se a capacidade de uso em sua forma seca, seja como farinhas para enriquecimento de bolos, shakes, panquecas e até tortas salgadas ou ainda em infusão da folha seca para o consumo de chás. Dessa forma, torna-se necessário explorar metodologias tecnológicas para uso não sazonal desta hortaliça e aumentar suas formas de consumo.

Trabalhos de pesquisa publicados descrevem a composição fitoquímica e as propriedades da chicória, incluindo suas características antidiabéticas, cicatrização de feridas e capacidade antioxidante (SINKOVIČ et al, 2020; D'EVOLI et.al, 2013; AZAY-MILHAU et al., 2013; CARAZZONE et al., 2013; MORALES et al., 2014) ressaltando ainda mais seu potencial nutricional.

Oliveira (2006) destacou em seu trabalho sobre a determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória a carência de estudos de secagem para a exploração comercial ao identificar a perecibilidade da chicória e o superdimensionamento dos equipamentos com tempo ocioso durante a entressafra, destacando, assim a secagem como alternativa para prolongar a vida útil e disponibilizar o processamento ao longo do ano.

1.2. Secagem

A secagem é uma das mais antigas e usuais operações unitárias encontradas em indústrias alimentícias, agrícolas, químicas, farmacêuticas, mineral e de polímeros. Porém, é também uma das operações mais complexas e menos entendida, pela dificuldade e deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos de transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido. Assim, a secagem é um conhecimento baseado em extensiva observação experimental e experiência operacional (MENON e MUJUMDAR, 1987).

A água é um dos elementos primordiais no desenvolvimento de qualquer cultura, principalmente quando se tratam das hortaliças, que em sua grande maioria é constituída por grande porcentagem de água. De acordo com NEPA–UNICAMP (2011), a chicória possui valor médio do teor de água = 95,1 g/100 g, ou seja, por seu alto valor de umidade possui também alta capacidade de ceder água para o ar, facilitando assim seu processo de secagem.

Os produtos biológicos têm a propriedade de ceder ou absorver umidade do ar

circundante de acordo com a temperatura, a umidade contida no material biológico tende a entrar em equilíbrio com a umidade relativa do ar. Tal fenômeno ocorre pela relação entre a pressão de vapor d'água do material biológico e a pressão de vapor d'água do ar ambiente. Se a pressão de vapor do material biológico for menor que o presente no ar, o material tende a absorver umidade (adsorção); em situação inversa, o material cederá umidade para o ar (dessorção) (QUEIROZ, 1979).

Os métodos de cálculo da cinética de secagem de folhas são aplicados de modo diferente dependendo do tipo de secagem considerado. No período de taxa constante de secagem, são as transferências de calor e de massa na interface ar-produto que governam a secagem e fixam a velocidade de secagem, enquanto no segundo período, são as transferências internas que são limitantes (DAUDIN, 1983).

A utilização do método da secagem em espécies alimentícias e medicinais se apresenta como uma operação unitária para facilitar o armazenamento, uma vez que as indústrias não possuem estrutura para utilizar plantas frescas nas quantidades exigidas para a produção em escala. As empresas têm provido da secagem como uma das principais estratégias para preservação da qualidade dos produtos vegetais (GONELI et al., 2014).

Assim, este trabalho avaliou a cinética de secagem das folhas de chicória e seus ajustes de acordo com modelos matemáticos.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAY-MILHAU, J., FERRARE, K., LEROY, J., AUBATERRE, J., TOURNIER, M., LAJOIX, A. D., & TOUSCH, D. (2013). Antihyperglycemic effect of a natural chicoric acid extract of chicory (*Cichorium intybus* L.): a comparative in vitro study with the effects of caffeic and ferulic acids. **Journal of ethnopharmacology**, v. 150, n. 2, p. 755-760, 2013.

BREMNESS, L. **London:** dorling kindersley. In: CHISHOLM, J. (Ed.). The complete book of herbs. London: Dorling Kindersley, 1998. 288 p.

CARAZZONE C, MASCHERPA D, GAZZANI G, PAPETTI A. Identification of phenolic constituents in red chicory salads (*Cichorium intybus*) by high-performance liquid chromatography with diode array detection and electrospray ionisation tandem mass

spectrometry. **Food Chem.** 2013.

CERMEÑO, Z. S. Viente cultivos de hortalizas em invernadero. Sevilla: [s.n.], 1996. 638 p.

DAUDIN, J.D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. *Sciences des Aliments*, Paris, v.3, p.1-36, 1983.

D'EVOLI L, Morroni F, Lombardi-Boccia G, Lucarini M, Hrelia P, Cantelli-Forti G, et al. Red chicory (*Cichorium intybus* L. cultivar) as a potential source of antioxidant anthocyanins for intestinal health. *Oxidat Med Cell Longev.* 2013.

FILGUEIRA FAR. 1982. Manual de olericultura. São Paulo: Agronômica Ceres. 357p.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402p.

GASPARIN, P. P., Christ, D., & Coelho, S. R. M. (2017). Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agronômica**, 48(2), 242-250.

GHANAATIAN, K.; SADEGHI, H.. Divergences in Hormonal and Enzymatic Antioxidant Responses of Two Chicory Ecotypes to Salt Stress1. **Planta daninha**, Viçosa , v. 34, n. 2, p. 199- 208, June 2016 .

GONELI, A. L. D. et al. Modelagem matemática e difusidade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 56-64, jan./mar. 2014.

JANUÁRIO, M. I. N.; LEITÃO, A. E. B.; Leitão, M. C. A. (2003). Processamento das raízes de chicória para obtenção de um concentrado com elevado teor de frutose. In: *Actas do 6º Encontro de Química de Alimentos: Novas Perspectivas sobre Conservação, Processamento e Qualidade de Alimentos*, Lisboa, 22-26 de Junho, 2003, vol. I, pp. 437-441.

MORALES, P. et al. Mediterranean -cultivated vegetables as dietary sources of compounds

with antioxidant and biological activity. *LWT-Food Sci. Technol.*, v. 55, n. 1, p. 389-396, 2014.

MUNOZ, C. L. M. Spanish medicinal Plants: *Cichorium intybus* L. *B. R. Soc. Esp. His. Nat.*, v. 99, n. 1, p. 41-47, 2004.

NEPA-UNICAMP. TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4 ed. São Paulo: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, 2011.

OLIVEIRA, Rafael A. de; OLIVEIRA, Willian P. de; PARK, Kil J.. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 181-189, Apr. 2006.

PAZOLA, Z. The chemistry of chicory and chicory-product beverages. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). *Coffee related beverages*. New York: Elsevier Applied Science Publishers, 1987. p. 19-57.

QUEIROZ, G.M. Germinação, vigor e capacidade de armazenamento de semente de sorgo granífero, *Sorghum bicolor* (L.) Moench. 1979. 64f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1979.

SANTOS, P. A. D., Leite, N. D., MARTINS, L. D. S. A., LODETE, A. R., & Motta, R. G. (2017). Bebida fermentada a base de soja com sabor de ameixa e suplementada com inulina em substituição ao iogurte tradicional. *Veterinária e Zootecnia*, 24(4), 724-733.

SCHNEIDER, L. A., MANENTE, B. J., CARDOSO, E. V. S., SANTOS, E. F., & NOVELLO, D. (2016). Adição de inulina em pão de mel: caracterização físico-química e aceitação sensorial entre crianças. *Saúde (Santa Maria)*, 42(1), 205-214.

SINKOVIC, L., JAMNIK, P., KOROSIC, M., RAJKO, V & VLADIMIR, M. In-vitro and in-vivo antioxidant assays of chicory plants (*Cichorium intybus* L.) as influenced by organic and conventional fertilisers. *BMC Plant Biol* 20, 36 (2020).

VILELA E LUENGO. Produção de hortaliças no Brasil. Revista Campo e negócios,

Uberlândia, 2017.

WANG, Q.; CUI, J. Perspectives and utilization technologies of chicory (*Cichorium intybus* L.): a review. **Afr. J. Biotechnol.**, v. 10, n. 11, p. 1966-1977, 2011.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de secagem de folhas de chicória em diferentes temperaturas.

3.2. Específicos

1. Determinar, por meio de cinética de secagem quais as melhores condições de secagem para as folhas de chicória nas temperaturas 50, 60, 70 e 80°C;
2. Determinar qual a equação que melhor se adapta à cinética de secagem das folhas de chicória;
3. Analisar os critérios de avaliação de acordo com os valores de ajuste de AIC e BIC.

CAPÍTULO I: AJUSTE DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SECAGEM DE FOLHAS DE CHICÓRIA (*CICHORIUM INTYBUS*)

RESUMO

O presente trabalho avaliou a cinética de secagem de folhas de chicória em diferentes temperaturas e realizou o ajuste dos dados experimentais de acordo com modelos matemáticos. Para isso, as folhas de chicória foram secas em bandejas perfuradas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, colocando aproximadamente 100 g de folhas frescas em cada bandeja. Os ajustes dos modelos matemáticos foram realizados de acordo com os dados experimentais, e a partir desses, realizou-se a análise de regressão não linear, pelos métodos de Gauss-Newton e Quasi-Newton, por meio do programa estatístico que foi ajustado com os valores de temperatura do ar de secagem. Os modelos matemáticos de Midilli, Logarítmico e Valcam foram os que melhor se ajustaram as curvas de secagem das folhas de chicória para todas condições. O modelo Logarítmico foi utilizado para estimar a cinética de secagem das folhas de chicória, pois apresentou os melhores resultados nos parâmetros estatísticos avaliados.

Palavras Chave: cinética de secagem, modelagem matemática, chicória.

ABSTRACT

The present work evaluated the drying kinetics of chicory leaves at different prices and obtained the adjustment of the experimental data according to mathematical models. For this, the chicory leaves were dried in perforated trays at temperatures of 50, 60, 70 and 80° C. A randomized block design was used, with three replications, placing approximately 100 g of new leaves in each tray. The adjustments of the mathematical models were performed according to the experimental data and from them, a non-linear regression analysis was performed, using the Gauss-Newton and Quasi-Newton methods, through the program statistic, which was adjusted by temperature values of the drying air. The mathematical models of Midilli, Logarithmic and Valcam were the ones that best fit the drying curves of chicory leaves for all conditions. The Logarithmic model was used to estimate the drying kinetics of chicory leaves, as it presented the best results in the statistical parameters taken.

Keywords: drying kinetics, mathematical modeling, chicory.

INTRODUÇÃO

A chicória, é uma hortaliça folhosa pouco explorada industrialmente e, possui nutrientes importantes, em especial a inulina. Entretanto seu consumo é pouco usual devido ao sabor amargo de suas folhas e sua rápida deterioração no estado *in natura*. Portanto, torna-se interessante reduzir o seu teor de água, aumentando então a sua vida útil, que possibilitará a preservação de seus nutrientes, tornando-se um produto com alto valor nutricional e com a possibilidade de uso em sua forma solúvel, conforme Schneider et al. (2016) e Santos et al. (2017).

O termo equilíbrio é almejado em todas as áreas do conhecimento, entretanto, existe uma relativa parcela de variáveis que dificulta o conhecimento e a padronização dessa condição de equilíbrio para diferentes tipos de produtos. Para avaliar as condições de secagem, o equilíbrio higroscópico é essencial. Sendo assim, os modelos matemáticos têm sido utilizados para identificar e otimizar as operações industriais, conforme Gasparin et al. (2017).

Assim, pode se utilizar a modelagem matemática como ferramenta de auxílio para identificar o ponto de equilíbrio de secagem e em qual modelo matemático o produto se ajusta, de acordo com suas variáveis. Através desses modelos, o planejamento das operações é facilitado, assim, otimiza-se o dimensionamento dos equipamentos que suportem as condições envolvidas na atividade de fabricação do produto, otimizando tempo, padronizando atividades mecanizadas, economizando custos e determinando a viabilidade de aplicação comercial (BERBERT et al., 1995; BROOKER et al., 1992).

De acordo com o exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a cinética de secagem de folhas de chicória e obter curvas de secagem por meio do ajuste de modelos matemáticos, além de identificar quais modelos descrevem melhor esta perda de água durante a secagem sob diferentes temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Aquisição e preparo das amostras

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio

Verde (IFGoiano - Campus Rio Verde).

As folhas de chicória foram adquiridas na rede varejista do município de Rio Verde – GO, sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio ($1,052 \times 10^{-7}$ ppm durante 10 minutos) e, em seguida lavadas com água destilada, e, após a sanitização foram expostas sobre papel toalha, para retirada do excesso de água.

Cinética de Secagem

A cinética de secagem foi realizada avaliando as temperaturas de 50; 60; 70 e 80°C em estufa de circulação de ar forçada. A secagem das folhas de chicória foi realizada em bandejas perfuradas, retiradas periodicamente do secador e pesadas em balança analítica, alternando sempre a posição das amostras dentro da câmara de secagem com valores médios de 100 g de produto. Em seguida as amostras foram submetidas à estufa a vácuo (25 lbf/ in^2) a 70°C durante 24 horas, para determinação do peso seco (IAL, 2008).

Para a determinação das curvas de secagem e ajustes dos modelos matemáticos, as folhas de chicória foram secas até o equilíbrio higroscópico (peso constante com variação máxima de 0,05 g).

Os teores de água foram determinados em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), durante 24 horas com três repetições.

As razões de teor de água do produto foram determinadas pela Equação 1.

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

Em que:

RX- razão de teor de água (adimensional);

X^* - teor de água do produto (b.s.);

X_i^* - teor de água inicial do produto (b.s.);

X_e^* - teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Para a representação da secagem das folhas de chicória foram utilizados os modelos matemáticos conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem de produtos vegetais.

Equação	Modelo	Eq.
$RX=1+at+bt^2$	Wang e Sing	(2)
$RX=a \cdot \exp(-kt) + (1-a) \exp(-k_1t)$	Verma	(3)
$RX=\exp\left(\frac{-a-(\sqrt{a^2-4 \cdot b \cdot t})}{2 \cdot b}\right)$	Thompson	(4)
$RX=\exp(-k \cdot t^n)$	Page	(5)
$RX=\exp(-k \cdot t)$	Newton	(6)
$RX=a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli	(7)
$RX=a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Logarítmico	(8)
$RX=a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis	(9)
$RX=a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \exp(-k \cdot a \cdot t)$	Exponencial de dois termos	(10)
$RX=a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	Dois termos	(11)
$RX=a + (b \cdot t) + (c \cdot t \cdot 1,5) + (d \cdot t \cdot 2)$	Valcam	(12)
$RX=\exp[-(k \cdot t)^n]$	Page modificado	(13)

t – tempo (h); k, k₀, k₁ – constante da equação (h⁻¹); a, b, c, n – parâmetros da equação;
RX – razão de teor de água.

Para o ajuste dos modelos matemáticos obtidos com a secagem, os valores experimentais foram submetidos à análise de regressão não linear, pelo método de Gauss-Newton e Quasi-Newton, utilizando o programa *Statística 7.0*®.

Para determinar o grau de ajuste das temperaturas de secagem, considerou-se a significância dos coeficientes de regressão pelo teste t, adotando-se o nível de 5% de significância, a magnitude do coeficiente de determinação (R²), os valores do erro médio relativo (P) e do erro médio estimado (SE), o teste de Qui-quadrado (χ²) ao nível de significância de 5% e o intervalo de confiança a 95 % (p<0,05), de acordo com adaptações apresentadas em Martins et al. (2018).

$$P = \frac{100}{n} \sum \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (14)$$

$$SE = \sqrt{\frac{(Y - \hat{Y}^2)}{DF}} \quad (15)$$

$$\chi^2 = \sum \frac{|Y - \hat{Y}|^2}{DF} \quad (16)$$

Em que:

Y- valor observado experimentalmente;

\hat{Y} - valor estimado pelo modelo;

n- número de observações experimentais;

DF- graus de liberdade do modelo (número de observações experimentais menos o número de parâmetros do modelo).

Além dos parâmetros anteriores, foram avaliados os critérios de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação de Bayesiano de Schwarz (BIC) (Eq. 17 e 18).

O AIC é usado para comparar modelos não alinhados ou para comparar três ou mais modelos.

Valores mais baixos de AIC refletem o melhor ajuste (AKAIKE, 1974).

$$AIC = -2\loglike + 2p \quad (17)$$

Em que:

p- número de parâmetros;

loglike- valor do logaritmo da função de verossimilhança considerando as estimativas dos parâmetros.

O BIC também considera o grau de parametrização do modelo e, portanto, quanto menor o valor do BIC for Schwarz (1978), melhor será o ajuste do modelo.

$$BIC = -2\loglike + p\ln(n) \quad (18)$$

Em que:

n- número de observações utilizadas para ajustar a curva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as curvas de cinética de secagem das folhas de chicória comparando o tempo de secagem até o equilíbrio higroscópico.

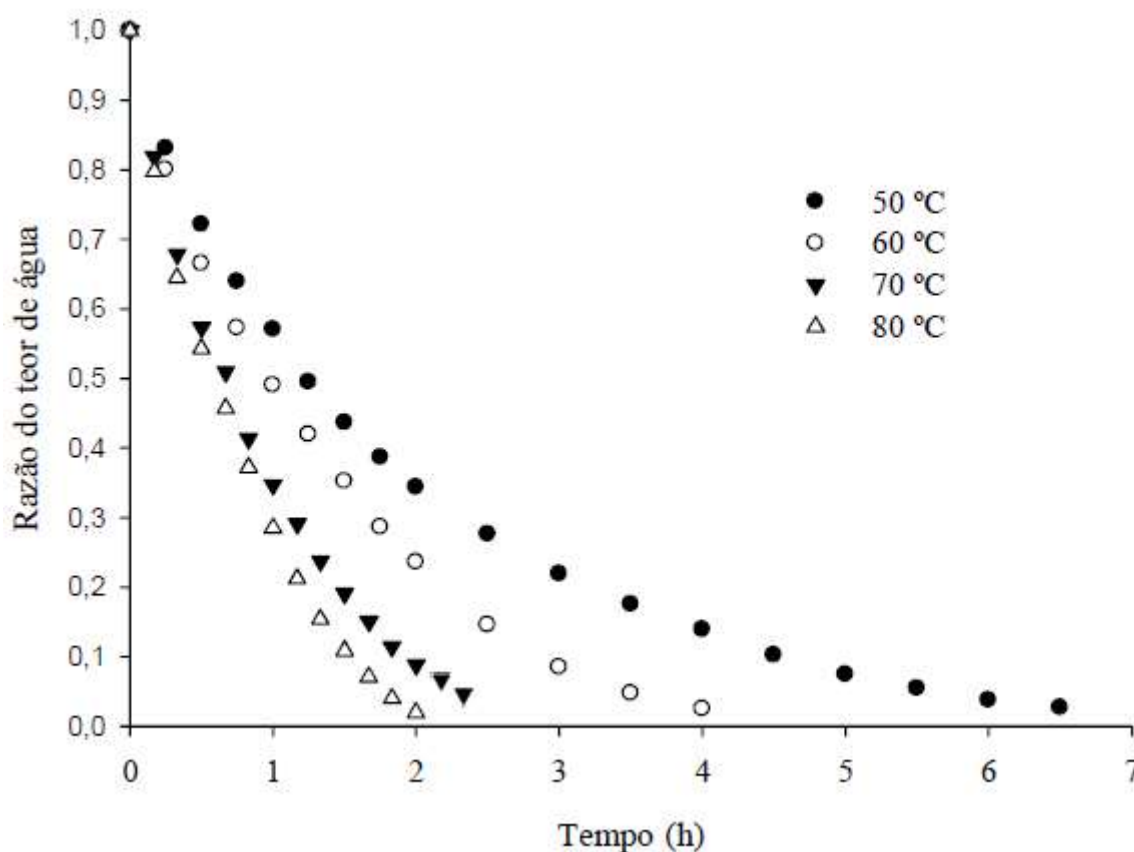


Figura 1- Razão do teor de água das folhas de chicória durante a secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

De acordo com o observado, o tempo de secagem das folhas de chicória decresce com o aumento da temperatura do ar. Além disso, a perda do teor de água é mais rápida no início do processo de secagem. Os tempos médios para completar o processo de secagem foram de 6,5; 4; 2,33 e 2 horas para as temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, respectivamente. Comportamento semelhante foram observados em estudos realizados de secagem de folhas de sálvia (HADUNZ et al., 2010; VIDAL et al., 2016; SILVA et al., 2017).

Um experimento de secagem em virtude do aumento da temperatura do ar em folhas de jenipapo realizado por Silva et al. (2015), submetidas a temperaturas de 35, 46 e 65°C apresentaram tempo médio de secagem respectivos de 92, 63 e 24 horas. Acredita-se que a estrutura pouco fibrosa das folhas de chicória permitiu a liberação de água livre mais facilmente em comparação ao experimento de secagem das folhas de jenipapo.

A análise do ajuste dos modelos matemáticos é apresentada na Tabela 2, que se encontram os parâmetros estatísticos para cada condição de secagem.

Tabela 2- Valores dos parâmetros estatísticos obtidos na secagem das folhas de chicória.

Temp. (°C)	Modelos	SE (%)	X ²	P (%)	R ² (%)
50	Page Modificado	0,00042	0,00010	9,65239	99,88680
	Page	0,00042	0,00010	9,65242	99,88680
	Midilli	0,00007	0,00002	2,12671	99,98098
	Newton	0,00168	0,00041	6,42475	99,52973
	Thompson	0,00088	0,00022	11,71069	99,76177
	Henderson e Pabis	0,00089	0,00022	5,68852	99,75868
	Dois Termos	0,00019	0,00005	6,44606	99,95226
	Verna	0,00179	0,00046	6,42469	99,52973
	Logarítmo	0,00084	0,00021	8,20583	99,77097
	Wang e Singh	0,01726	0,00432	43,68686	99,31953
	Exponencial de Dois Termos	0,00086	0,00022	12,49230	99,76681
	Valcam	0,00019	0,00005	4,37606	99,94725
60	Page Modificado	0,00157	0,00047	17,50407	99,52739
	Page	0,00157	0,00047	17,50362	99,52739
	Midilli	0,00041	0,00014	8,16207	99,88822
	Newton	0,00150	0,00043	17,56482	99,52738
	Thompson	0,00157	0,00047	17,57557	99,52722
	Henderson e Pabis	0,00149	0,00045	18,45762	99,55138
	Dois Termos	0,00164	0,00055	18,45779	99,55138
	Verna	0,00146	0,00046	19,37658	99,52738
	Logarítmo	0,00080	0,00025	4,53503	99,77023
	Wang e Singh	0,00568	0,00171	22,80828	98,28564
	Exponencial de Dois Termos	0,00139	0,00042	19,36830	99,52738
	Valcam	0,00043	0,00014	5,46965	99,88239
70	Page Modificado	0,00116	0,00032	10,04876	99,65315
	Page	0,00116	0,00032	10,04881	99,65315
	Midilli	0,00025	0,00008	2,98136	99,93051
	Newton	0,00123	0,00033	11,89703	99,61603
	Thompson	0,00128	0,00036	11,90049	99,61586
	Henderson e Pabis	0,00128	0,00036	11,88703	99,61604

	Dois Termos	0,00098	0,00030	8,28228	99,61604
	Verna	0,00976	0,00282	32,98195	99,61603
	Logarítmico	0,00050	0,00014	2,63217	99,82722
	Wang e Singh	0,00341	0,00095	12,54784	98,61603
	Exponencial de Dois Termos	0,00128	0,00036	11,89713	99,61603
	Valcam	0,00025	0,00008	2,28777	99,92985
	Page Modificado	0,00245	0,00074	26,87871	99,29912
	Page	0,00245	0,00074	26,87878	99,29912
	Midilli	0,00048	0,00016	9,07189	99,87539
	Newton	0,00356	0,00103	39,87322	98,93866
	Thompson	0,00371	0,00112	39,87827	98,93837
	Henderson e Pabis	0,00359	0,00108	38,54671	98,97394
80	Dois Termos	0,00397	0,00132	38,54814	98,97394
	Verna	0,02403	0,00760	93,70589	93,45119
	Logarítmo	0,00061	0,00019	5,41558	99,83280
	Wang e Singh	0,00239	0,00072	15,53913	99,31747
	Exponencial de Dois Termos	0,00371	0,00112	39,87430	98,93866
	Valcam	0,00042	0,00014	5,76498	99,89207

R²- coeficiente de determinação, X²- teste de Qui-quadrado, P- erro médio relativo e SE- erro médio estimado.

Com relação ao teste de Qui-quadrado, todos os modelos ajustados apresentaram valores dentro do intervalo de confiança de 95%. Por se tratar de uma análise que avalia a diferença da estimativa do modelo, alguns autores avaliam os valores deste parâmetro recomendando ajustes com menores valores (GUNHAN et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2018). Os modelos de Midilli e Valcam apresentaram de modo geral, menores valores para este parâmetro para todas as condições de secagem.

Madamba et al. (1996) indicam Valores da magnitude do coeficiente de determinação R² superiores a 95% para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, no entanto, esses critérios não podem ser utilizados como decisivos. Nota-se na Tabela 2 que todos os ajustes dos modelos apresentaram valores superiores a 98%.

A recomendação de ajuste de modelos matemáticos de secagem indica que o erro médio relativo (P) deve ser inferior a 10%, e este critério é frequentemente utilizado na

modelagem matemática de processos de secagem (MOHAPATRA & RAO, 2005; VIDAL et al., 2016; MARTINS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018). Dessa forma, para a temperatura de 50°C não se recomenda a utilização dos modelos de Thompson, Wang e Singh, e Exponencial de Dois Termos, enquanto para as temperaturas de 60 e 80°C apenas os modelos de Midilli, Logarítmico e Valcam são recomendados para estimar o comportamento da secagem desse produto nessas condições. Para a temperatura de 70°C, somente os modelos de Midilli, Logarítmico, Dois termos e Valcam são recomendados para o ajuste das curvas de secagem.

Assim, analisando todos os parâmetros da modelagem matemática, o modelo de Midilli, Logarítmico e Valcam apresentaram os melhores ajustes para a secagem das folhas de chicória em todas as condições de secagem. Com a finalidade de escolher um modelo dentre estes, utilizou-se os parâmetros de AIC e BIC (Tabela 3).

Tabela 3- Valores do Critério de informação de Akaike e Critério de informação de Bayesiano Schwarz (BIC) dos modelos com melhores ajustes da cinética de secagem para as folhas de chicória.

Temp. (°C)	Midilli		Logarítmico		Valcam	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
50	-138,20530	-133,75340	-95,35620	-91,79471	-119,80960	-115,35770
60	-73,56327	-70,73852	-66,18397	-63,92417	-72,88560	-70,06085
70	-94,35863	-90,81838	-85,53293	-82,70073	-94,20406	-90,66380
80	-71,47202	-68,64727	-69,64292	-67,38312	-73,33870	-70,51396

Os parâmetros de AIC e BIC estão sendo recentemente utilizados na indicação do melhor modelo dentre aqueles que apresentaram bom ajuste aos dados experimentais (QUEQUETO et al., 2019; SOUSA et al., 2019). Gomes et al. (2018) utilizaram estes parâmetros no ajuste de modelos matemáticos à secagem de massa triturada de jambu, definindo que o modelo de Logarítmico melhor se ajustou a maioria das condições de secagem.

De acordo com Akaike (1974) e Schwarz (1978) menores valores para estes critérios indicam melhores ajustes, sendo assim, o modelo de logarítmico é o melhor modelo que representa a cinética de secagem de folhas de chicória em todas as condições estudadas, sendo, portanto, o modelo selecionado para estimar as curvas de secagem do produto nas

diferentes condições (Figura 2).

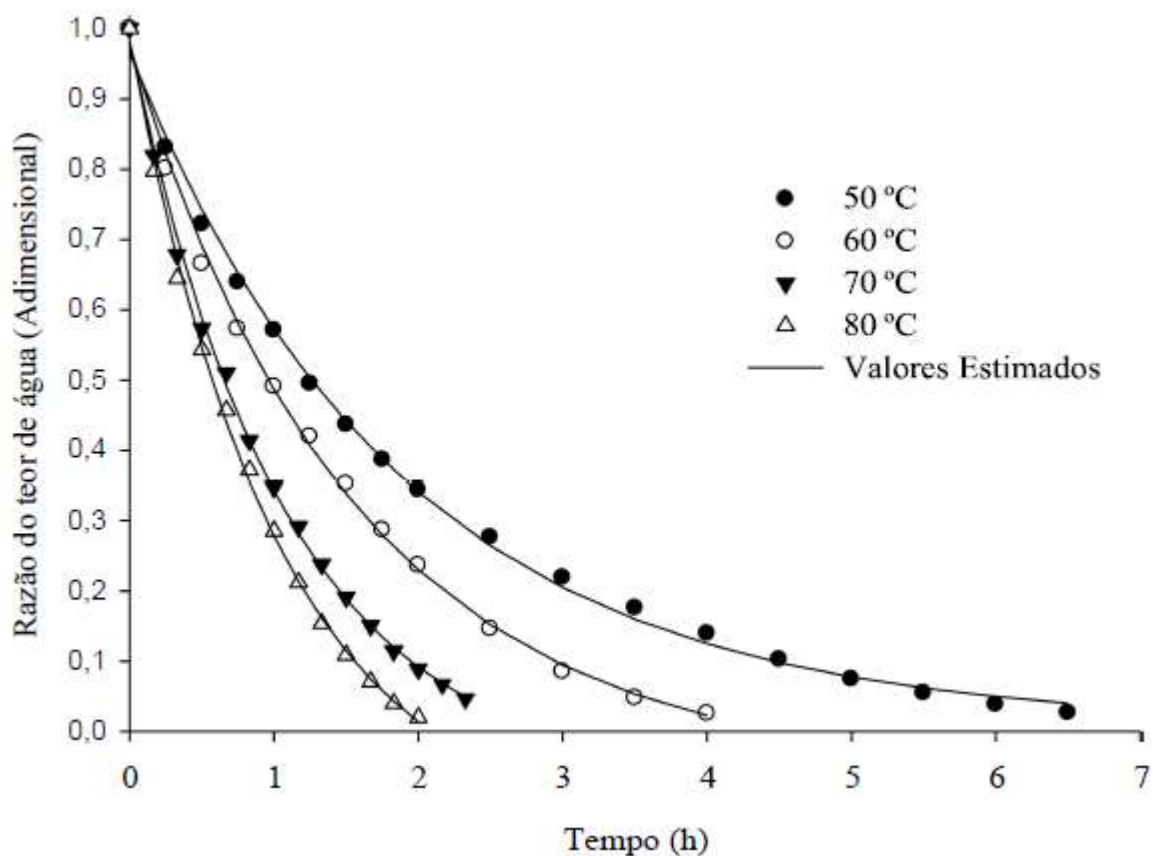


Figura 2- Valores estimados pelo modelo Logarítmico da cinética de secagem das folhas de chicória.

Observa-se na Figura 2 bom ajuste dos dados estimados pelo modelo aos dados experimentais. O modelo Logarítmico também foi recomendado para estimar a secagem de coentro tanto sob a ação da radiação direta e difusa, bem como secagem em estufa (SOUSA et al., 2018). O modelo que melhor se ajustou as curvas de secagem do fruto da palma (SANTOS et al., 2016), polpa de manga em espuma (SILVA FILHO et al., 2016), massa triturada de jambu (GOMES et al., 2018), e fatias de acuri (SANTOS et al., 2019).

A Tabela 4 apresenta os valores dos coeficientes do modelo Logarítmico utilizados no ajuste das equações.

Tabela 4- Valores estimados dos coeficientes do modelo Logarítmico utilizado para prever as curvas de secagem de folhas e chicória.

Coeficientes	50°C	60°C	70°C	80°C
a	0,95499	1,03069	1,05149	1,2733
k	0,52995	0,63899	0,93750	0,98224
c	0,00944	-0,05740	-0,06973	-0,14409

Observa-se que os coeficientes a e k aumentam com a elevação da temperatura, enquanto o coeficiente c apresenta comportamento contrário. De acordo com Corrêa et al. (2010), tal comportamento do coeficiente k que é uma constante de secagem, é esperado, visto que, maiores temperaturas acarretam maior taxa de secagem. A tendência dos coeficientes a e c não foram descritas na literatura, visto que, estes coeficientes são empíricos, não apresentando relação teórica ao ajuste da equação aos dados experimentais.

CONCLUSÃO

Com o aumento da temperatura têm-se o decréscimo do tempo de secagem necessário para reduzir o teor de água das folhas de chicória.

Os modelos matemáticos de Midilli, Logarítmico e Valcam foram os que melhor se ajustaram as curvas de secagem das folhas de chicória para todas condições.

O modelo Logarítmico foi utilizado para estimar a cinética de secagem das folhas de chicória, por ter apresentados os melhores resultados aos parâmetros estatísticos avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akaike, H. (1974) A new look at the statistical model identification. *IEEE Transaction on Automatic Control*, 19, 716-723.

Berbert, P. A., Queiroz, D. M., Silva, J. S., & Pinheiro Filho, J. B. (1995). Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 60(3), 167-173.

Brooker, D. B.; Baker-Arkema, F. W.; Hall, C. W. Drying and storage of grains and oilseeds. **New York: AVI Book Publication**, 1992. 450 p.

Gasparin, P. P., Christ, D., & Coelho, S. R. M. (2017). Secagem de folhas *Mentha piperita* em leito fixo utilizando diferentes temperaturas e velocidades de ar. **Revista Ciência Agronômica**, 48(2), 242-250.

Gomes, F. P., Resende, O., Sousa, E. P., Oliveira, D. E. C.; & Araújo Neto, F. R. (2018) Drying kinetics of crushed mass of 'jambu': Effective diffusivity and activation energy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(7), 499-505.

Günhan, T.; Demir, V.; Hancioglu, E.; Hepbasli, A. (2005) Mathematical modelling of drying of bay leaves. **Energy Conversion and Management**, 46(11-12), 1667-1679.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

Madamba PS, Driscoll RH, Buckle KA. Thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering** (London). 1996; 29(1):75-97.

Martins, E. A., Goneli, A. L., Goncalves, A. A., Hartmann Filho, C. P., Siqueira, V. C., & Oba, G. C. (2018). Drying kinetics of blackberry leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(8), 570-576.

Mohapatra, D., & Rao, P. S. (2005). A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, 66(4), 513-518.

Oliveira, P. M., Oliveira, D. E. C., Resende, O., Silva, D. V. (2018) Study of the drying of mesocarpo f baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(12), 872-877.

Quequeto, W. D., Resende, O., Silva, P. C., Silva, F. A. S., Silva, L. C. M. (2019) Drying kinetics of noni seeds. **Journal of Agricultural Science**, 11(5), 250-258.

Radünz, L. L., Mossi, A. J., Zakrzewski, C. A., do Amaral, A. S., & Grassmann, L. (2010). Análise da cinética de secagem de folhas de sálvia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, 14(9).

Santos, A. E., Martins, G. M. V., Canuto, M. F. S., Vieira Segundo, E. D., & 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**, 11(1), 01-06.

Santos, P. A. D., Leite, N. D., Martins, L. D. S. A., Lodete, A. R., & Motta, R. G. (2017). Bebida fermentada a base de soja com sabor de ameixa e suplementada com inulina em substituição ao iogurte tradicional. **Veterinária e Zootecnia**, 24(4), 724-733.

Santos, D. C., Leite, D. D. F., Lisbôa, J. F.; Santos, F. S.; Lima, T. L. B. Figueiredo, R. M. F., & Costa, T. N. (2018) Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de fatias de acuri. **Brazilian Journal of Food Technology**, 22, e2018031.

Schneider, L., de Araujo Manente, B. J., Cardoso, E. V., da Silva, É. C., dos Santos, E. F., & Novello, D. (2016). Adição de inulina em pão de mel: caracterização físico-química e aceitação sensorial entre crianças. *Saúde (Santa Maria)*, 42(1), 205-214.

Schwarz, G. Estimating the dimension of a model. **Annals of Statistics**, v. 6, p. 461-464, 1978.

Silva Filho, E. D., Figueirêdo, M. F., Queiroz, A. J. M., & Guimarães, M. K. A. (2016) Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Haden. **Comunicata Scientiae**, 7(3).

Silva, F. P. D., Siqueira, V. C., Martins, E. A., Miranda, F., & Melo, R. M. (2017). Thermodynamic properties and drying kinetics of *Bauhinia forficata* Link leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 21(1), 61-67.

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*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 17(4), 953-963.

Sousa, K. S. M., Silva, T. B. S., Lessa, T. B. S., Barbosa, K. S., Pereira-Silva, V., & Machado, N. S. (2018) Estudo da cinética de secagem do coentro sob ação da radiação direta e difusa. **Nucleus**, 15(2), 423-432.

Souza, D. G., Resende, O., Moura, L. C., Ferreira Junior, W. N., & Andrade, J. W. S. (2019) Drying kinetics of the sliced pulp biofortified sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Engenharia Agrícola**, 39(2), 176-181.

Vidal, V. M., Resende, O., Bessa, J. F. V., Morais, W. A., Silva, L. A., & Virgolino, Z. Z. (2016). Ajuste de modelos e difusividade efetiva na secagem de folhas de *Azadirachta indica* A. Juss. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, 21(4).