

Descrição da cinética de secagem da cenoura (*Daucus carota L.*) através de modelos empíricos.

Helymarckson Batista de Azevedo¹, Marconi Silva Santos Junior²; Susy Larriny Dantas Amaral de Ataíde³; Vera Solange de Oliveira Farias⁴; Aluizio Freire Silva Júnior⁴; Jair Stefanini Pereira de Ataíde⁴.

¹ Aluno do curso de Licenciatura em Física, Unidade Acadêmica de Física e Matemática, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – Cuité/PB – Brasil

² Aluno da Pós-Graduação do curso de Física Aplicada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife-PE, Brasil

³ Aluna do curso de Engenharia de Alimentos, Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – Campina Grande/PB – Brasil.

⁴ Professor(a) Doutor(a) da Unidade Acadêmica de Física e Matemática, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG – Cuité/PB – Brasil

Resumo

A cenoura (*Daucus carota L.*) é uma raiz tuberosa pertencente à família *Apliaceae*. Este legume possui um importante valor nutricional, pois apresenta em sua composição, diversos componentes responsáveis por manter o bom equilíbrio do corpo (potássio, magnésio, cobre, cálcio e fósforo), bem como vitaminas do complexo B, que são importantes para a regulação do sistema nervoso e do aparelho digestivo. Como a cenoura é um legume conhecido por possuir alto teor de umidade, logo, a sua vida útil se torna curta. Diante disso, a secagem se torna um procedimento para aumentar a sua vida de prateleira. Nessa perspectiva, objetivou-se nesse trabalho avaliar o processo de secagem da cenoura através de modelos empíricos e determinar por meio de dados experimentais as curvas de secagem da cenoura para as temperaturas de 40, 50 e 70 °C. Observando os resultados obtidos e os parâmetros estatísticos (qui-quadrado e coeficiente de determinação) utilizados na análise dos resultados, verifica-se que as equações de Page e Silva et al foram as que melhores se ajustaram aos dados experimentais. Assim sendo, esses modelos foram utilizados para obter a taxa de secagem, através da qual, foi observada a existência de um período de indução para todas as temperaturas estudadas. O fim destes períodos e o início do período de taxa decrescente ocorreram próximos aos 40 min (a 40 °C), 36 min (a 50 °C) e 30 min (a 70 °C). Portanto, pode-se concluir que o período de indução tende a diminuir com o aumento da temperatura.

Palavras chave: Cenoura, Cinética de secagem, Modelos empíricos, Taxa de secagem.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e crescimento da população humana mundial desencadeou um grande crescimento no consumo de gêneros alimentícios. Porém, na maioria das vezes os alimentos não são destinados ao consumo pela população do local onde foram produzidos, e sim, por outras que se encontram distantes do local de produção. Por esse e outros motivos, a população contemporânea exige que a indústria alimentícia produza e processe alimentos que tenham um maior tempo de prateleira com segurança alimentar. Para isso, é necessário que a mesma utilize técnicas de conservação de alimentos que garantam a qualidade dos produtos que serão consumidos pela população.

Hoje são conhecidas várias técnicas de conservação de alimentos que foram sendo aprimoradas com o passar do tempo. Em termos gerais, são baseadas na redução da atividade da água nos alimentos, na utilização do calor, adição de sal, adição de açúcar, resfriamento, secagem, entre outros. Todas com a finalidade de retardar o desenvolvimento de micro-organismos e enzimas que possam danificar a qualidade dos alimentos e bebidas que serão consumidos.

Conforme explica Alves et al. (2010), embora exista uma grande oferta de produtos agrícolas no Brasil, os níveis de perda pós colheita é grande. Por isso, são necessários processos em que possam oferecer meios para aumentar a conservação desses alimentos.

Dentre os processos de conservação de alimentos, segundo FIOREZE (2004) a secagem é um dos métodos mais antigos que se tem conhecimento, usado na preservação e armazenamento de alimentos. Sua utilização, há séculos, ou mesmo milênios, ainda que de forma empírica, sem levar em consideração as diversas variáveis envolvidas no processo, tem permitido ao homem retardar a deterioração de produtos biológicos por períodos variáveis, após sua maturidade fisiológica.

Alguns alimentos como cereais, já são colhidos consideravelmente secos, por essa razão, os mesmos sendo adequadamente armazenados, permanecem em condições de consumo por longos períodos de tempo. Mas, existem muitos alimentos que são colhidos com alto teor de umidade, logo, permitindo a ação de agentes microbiológicos que certamente comprometerão a vida útil e a qualidade do produto. Assim, faz-se necessário a remoção da maior quantidade possível de água. Dentre esses produtos, encontra-se a cenoura (*Daucus carota L.*) que é uma planta hortense da família das *Apiaceae*.

A cenoura é de origem afegã, no século XIII se popularizou na Europa, de onde mais tarde migrou para a América (DELMIRO, 2016). É uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, onde se destacam os estados de Minas Gerais e São Paulo por serem os maiores produtores. Esta hortaliça é bastante apreciada na culinária brasileira, seja in natura ou processada, pois possui importante valor nutricional, por estarem presentes em sua composição, nutrientes responsáveis por manter o bom funcionamento do corpo. De acordo com Araújo (2010), o consumo diário desse alimento traz diversos benefícios à saúde, dos quais podem ser citados a prevenção de doenças na visão, a contribuição para o bom estado da pele e mucosas e o melhoramento da digestão. Por ser uma hortaliça, a cenoura possui um alto teor de umidade, o que a torna um produto perecível. O pequeno tempo de vida de prateleira de alimentos com elevado teor de umidade é consequência da disponibilidade de água para a propagação de micro-organismos e reações químicas indesejáveis. Então, para evitar a rápida deterioração do alimento, é usado o processo de secagem, como forma de conservação do alimento, por propiciar a redução do teor de umidade.

São encontrados na literatura alguns trabalhos sobre secagem de cenoura (KUMAR et al. 2012; ANDRÉOLA, 2013; ZHAO, 2014; DOYMAZ, 2016). Outros ainda podem ser citados. Delmiro (2016) estudou e avaliou a secagem da cenoura pelo método foammat (camada de espuma), utilizando como agente emulsificante o Emustab. Eim et al. (2013) desenvolveram uma metodologia para modelar, simular e otimizar processos de secagem de cenouras, não só do ponto de vista da transferência de massa, mas também a avaliação da degradação das propriedades dos nutrientes do produto seco.

A temperatura do ar de secagem é fundamental no processo de secagem, pois, juntamente com o fluxo de ar, é o principal fator determinante da velocidade de secagem (SILVA et al., 2000).

A secagem é um processo que deve ser previsto, dimensionado e planejado, sendo útil para qualquer projetista ou pesquisador a utilização de um programa que permita a simulação desse processo de forma a predizer, de acordo com as condições de uma região, o melhor tipo de secador a ser usado e as condições de secagem, bem como o tempo necessário para realizá-lo (MATA et al., 1999).

O modelo de difusão líquida (Difusivo) tem sido amplamente utilizado por pesquisadores para descrever o processo de transferência de massa. Este modelo envolve a determinação de parâmetros como a difusividade efetiva de água e o coeficiente de transferência convectiva de massa (KUMAR et al., 2012; DOYMAZ, 2017). No entanto, para que estes modelos possam ser aplicados, deve-se levar em consideração que a secagem se faz de maneira isotérmica (com taxa de secagem decrescente) durante todo o intervalo de tempo estudado. Porém, de acordo com a literatura, existe um período inicial, denominado período de indução, em que o produto geralmente pode ser mais frio que o ar (FIOREZE, 2004; PARK et al. 2007). Para muitos produtos biológicos, o período de taxa de secagem constante é insignificante ou mesmo inexistente (PARK et al. 2007). Como os modelos difusivos não descrevem apropriadamente períodos de taxa não-decrescente, eles devem ser empregados a partir do momento em que se inicia o período de taxa decrescente (PARK et al. 2007). Deste modo, as taxas de secagem devem ser previamente estudadas para que então os modelos difusivos possam ser usados.

Deste modo, esta pesquisa teve como objetivos encontrar uma equação empírica que melhor se ajustasse aos dados de secagem de discos de cenouras nas temperaturas de 40, 50 e 70°C e, a partir dessa equação, obter uma expressão para a taxa de secagem, visando determinar a existência de períodos de indução ou de taxa de secagem constante.

2. MODELAGEM MATEMÁTICA DE SECAGEM

Os modelos matemáticos buscam estimar as transferências simultâneas de calor e massa envolvidas na cinética de secagem. Portanto, estes modelos são empregados para prever o comportamento das curvas de secagem do material.

A utilização de modelos matemáticos que consideram as características do sistema de transferência de massa em alimentos é uma ferramenta cada vez mais explorada pelos pesquisadores, sendo de grande utilidade para o cálculo do desenvolvimento eficiente de cada análise, tendo em vista a melhoria no processamento, redução de perdas e aumento da qualidade do produto final (DANTAS et al. 2011).

O método empírico é um método de abordagem com base em dados experimentais e na análise adimensional. Os modelos empíricos de secagem apresentam uma relação direta entre o teor médio de umidade e o tempo de secagem (MARTINAZZO et al., 2007). Esses métodos possibilitam a simulação no processo de secagem sem que seja necessária a construção de protótipos de secadores, trazendo diversos benefícios, além da redução no tempo necessário para o seu desenvolvimento.

Os modelos de simulação permitem avaliar o efeito de qualquer combinação das variáveis envolvidas no grau de uniformidade, no teor de água final do produto, na eficiência do processo em termos energéticos e na relação custo/benefício dos diversos métodos de secagem (BORGES, 2016). A cinética de secagem é uma análise sobre o comportamento da transferência de massa entre o produto e o agente de secagem, e contribui com informações sobre o comportamento do mesmo durante o processo (SIQUEIRA et al. 2012).

3. MATERIAIS E METÓDOS

3.1 Matéria prima

Neste trabalho, foi utilizada como matéria-prima a cenoura (Figura 1), que foi adquirida na feira livre de Barra de Santa Rosa, Estado da Paraíba, Brasil.

Figura 1: Cenouras utilizadas neste experimento



3.2 Metodologia Experimental

Antes de iniciar as secagens, as cenouras foram lavadas em água corrente, e logo em seguida descascadas e fatiadas em discos com 10 mm de espessura e 30 mm de diâmetro, em média. E em seguida, os discos foram colocados em dois cestos de alumínio identificados por um código, cada uma com aproximadamente 40g de cenoura, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2. Discos de cenoura nos cestos de alumínio



Os dois cestos utilizados nas secagens foram pesados, sendo descartado o peso do cesto para saber o peso inicial das amostras. Após isso, os cestos foram colocados simultaneamente dentro da estufa de circulação e renovação de ar para iniciar o experimento. Nos intervalos de 2, 5, 10, 20, 30, 60 e 120 min as amostras foram retiradas da estufa e pesadas. Esse procedimento foi repetido até que o peso constante fosse alcançado. Finalmente, a temperatura da estufa foi ajustada para 105°C e as amostras foram deixadas por 24 h a fim de determinar a massa seca. Essa metodologia foi utilizada nos processos com as temperaturas de 40, 50 e 70°C.

3.3 Modelos empíricos para descrever a secagem

Um modelo empírico consiste numa correlação direta entre o teor de umidade médio e o tempo de secagem. Segundo Silva (2007), o modelo empírico geralmente descreve bem a cinética de secagem, mas não possibilita visualizar a distribuição de umidade no interior do produto, em um instante de tempo previamente especificado. Esses modelos negligenciam os fundamentos termodinâmicos dos processos de secagem, o que permite considerar o teor de água e a temperatura uniforme para toda a amostra. Procuram relacionar o teor de água e o tempo de secagem com dados obtidos experimentalmente (BORGES, 2016).

Varias pesquisas foram realizadas na literatura a fim de encontrar equações empíricas que satisfaçam os pressupostos estabelecidos (TURHAN; SAYAR; GUNASEKARAN, 2002; AKPINAR e BICER, 2005; KALETA e GÓRNICKI, 2010; MERCALI et al., 2010; DIAMANTE et al., 2010; SILVA et al., 2012; BORGES, 2016).

Alguns modelos empíricos e suas respectivas equações utilizadas neste trabalho para descrever a cinética de secagem são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Modelos empíricos utilizados para descrever a cinética de secagem.

Modelo	Nome do modelo	Equação Empírica	Referência
1	Page	$\bar{M}^* = \exp(-at^b)$	(DIAMANTE et al., 2010)
2	Silva et alii	$\bar{M}^* = \exp(-at - bt^{1/2})$	(SILVA et al., 2012)
3	Peleg	$\bar{M}^* = 1 - t/(a + bt)$	(MERCALI et al., 2010)
4	Wang e Singh	$\bar{M}^* = 1 + at + bt^2$	(KALETA; GÓRNICKI, 2010)
5	Lewis	$\bar{M}^* = \exp(-at)$	(KALETA; GÓRNICKI, 2010)
6	Henderson e Pabis	$\bar{M}^* = a \exp(-bt)$	(DIAMANTE et al., 2010)

em que: a e b são parâmetros de ajuste;

t: tempo (em minutos);

\bar{M}^* : é a razão de umidade.

3.4 Software utilizado neste trabalho

Para a determinação dos parâmetros de ajuste e indicadores estatísticos foi utilizado o programa *LAB Fit Curve Fitting Software*, versão 7.2.49, desenvolvido por (SILVA e SILVA, 2011) O *software* apresenta interface simples, onde se deve carregar o conjunto de pontos experimentais obtidos na secagem (teor de umidade, tempo) num arquivo texto (txt).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção do melhor modelo foi feita através dos indicadores estatísticos: coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2). A Tabela 2 apresenta os parâmetros calculados a partir do ajuste de cada equação aos dados experimentais, bem como os indicadores estatísticos.

Observando os indicadores estatísticos na Tabela 2, pode-se concluir que o melhor modelo para descrever as cinéticas de secagem nas temperaturas de 40, 50 e 70°C foi o modelo 1 (Page). O segundo melhor modelo foi o de Silva et al.

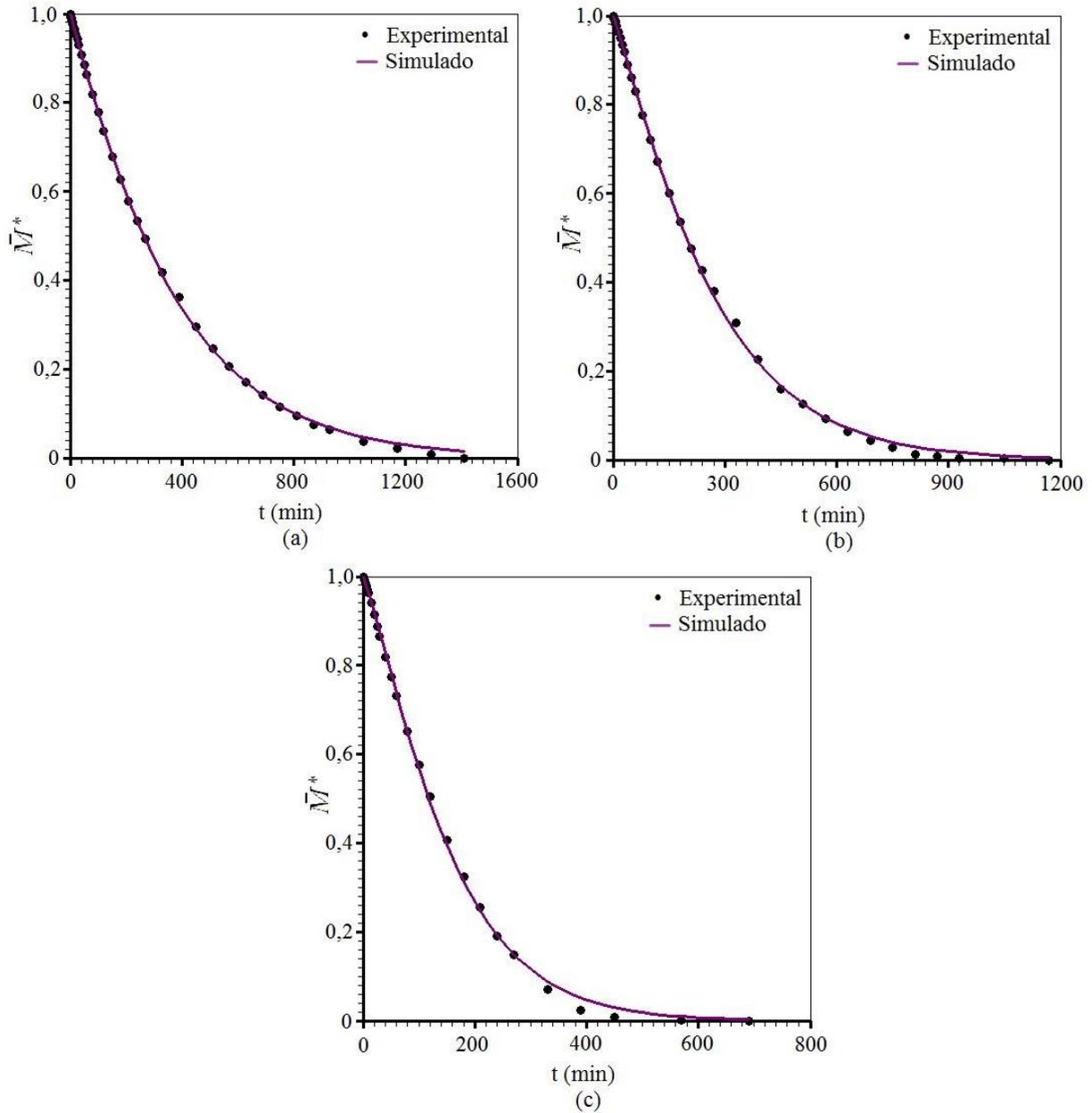
Tabela 2: Resultados dos ajustes dos modelos empíricos aos dados experimentais.

T(°C)	Modelo	a	B	R ²	χ ²
40	1	1,7888 x 10 ⁻³	1,0703	0,99979	1,2342 x 10 ⁻³
	2	2,9379 x 10 ⁻³	-4,0722 x 10 ⁻³	0,99957	2,6498 x 10 ⁻³
	3	3,3629 x 10 ²	7,1341 x 10 ⁻¹	0,99772	1,2764 x 10 ⁻²
	4	-1,9080 x 10 ⁻³	8,9774 x 10 ⁻⁷	0,99176	5,3189 x 10 ⁻²
	5	2,7032 x 10 ⁻³	-	0,99948	5,8036 x 10 ⁻³
	6	1,0101	2,7438 x 10 ⁻³	0,99930	4,6011 x 10 ⁻³
50	1	1,6116 x 10 ⁻³	1,1482	0,99964	2,1814 x 10 ⁻³
	2	4,3385 x 10 ⁻³	-9,9189 x 10 ⁻³	0,99904	6,3582 x 10 ⁻³
	3	2,5161 x 10 ²	7,1085 x 10 ⁻¹	0,99497	3,0434 x 10 ⁻²
	4	-2,4897 x 10 ⁻³	1,4809 x 10 ⁻⁶	0,99023	5,9333 x 10 ⁻²
	5	3,6659 x 10 ⁻³	-	0,99864	1,9253 x 10 ⁻²
	6	1,0242	3,7966 x 10 ⁻³	0,99807	1,3200 x 10 ⁻²
70	1	2,1368 x 10 ⁻³	1,2127	0,99932	2,8577 x 10 ⁻³
	2	7,6772 x 10 ⁻³	-1,6868 x 10 ⁻²	0,99772	9,8788 x 10 ⁻³
	3	1,5379 x 10 ²	6,8424 x 10 ⁻¹	0,99050	4,0206 x 10 ⁻²
	4	-4,3204 x 10 ⁻³	4,3291 x 10 ⁻⁶	0,99278	2,8534 x 10 ⁻²
	5	6,1507 x 10 ⁻³	-	0,99662	2,8728 x 10 ⁻²
	6	1,0332	6,4648 x 10 ⁻³	0,99553	1,9658 x 10 ⁻²

O melhor modelo observado na Tabela 2 (modelo 1) foi usado para descrever a secagem nas temperaturas de 40, 50 e 70°C.

Os gráficos de ajustes podem ser observados na Figura 3.

Figura 3: Cinéticas de secagem para as temperaturas: (a) 40°C; (b) 50°C e (c) 70°C



As Figuras 3a e 3b confirmam os indicadores estatístico apresentados na Tabela 2, apresentando bons ajustes do Modelo 1 aos dados experimentais.

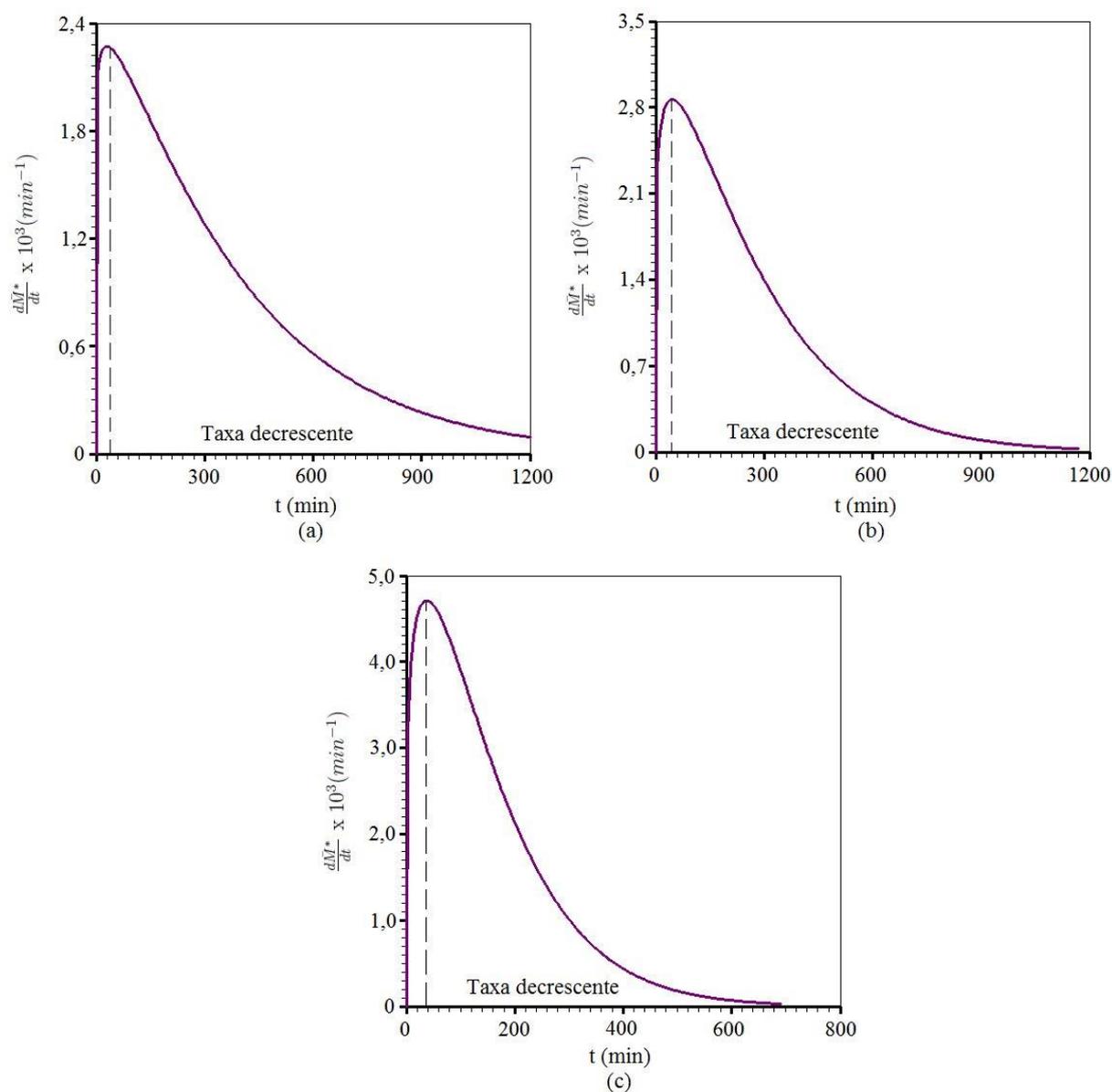
A fim de obter a taxa de secagem nas duas temperaturas estudadas, a expressão do modelo 4 foi derivada em função do tempo e a seguinte expressão foi obtida:

$$\frac{dX^*}{dt} = -abt^{b-1}e^{-at^b},$$

(1)

A partir da Equação (1), foram obtidas as taxas de secagem para as temperaturas de 40 e 70°C. Os gráficos dessas taxas são apresentados na Figura 4.

Figura 4. Taxas de secagem para as temperaturas: (a) 40°C; (b) 50°C e (c) 70°C.



Através da Figura 4 é possível observar que a taxa de secagem apresenta um período inicial no qual é crescente. Este período ocorre durante o aquecimento do produto. À medida que este produto é aquecido pelo ar de secagem, ocorre um aumento na pressão de vapor e na taxa de secagem até que a temperatura de bulbo úmido seja atingida por ele. Este período é conhecido como Período de Indução (FIOREZE, 2004).

Com auxílio do *software xyExtract* (SILVA, 2011) foi determinado o tempo exato do início do período de taxa decrescente. Na secagem à 40 °C, o período de taxa decrescente iniciou próximo aos 42 min à uma taxa de $2,26 \times 10^{-3}(\text{min}^{-1})$. Para a secagem à 50 °C, o período de taxa decrescente iniciou próximo aos 38 min à uma taxa de $2,87 \times 10^{-3}(\text{min}^{-1})$. Por fim, na secagem à 70°C, o período de taxa decrescente iniciou próximo aos 35 min à uma taxa de $4,72 \times 10^{-3}(\text{min}^{-1})$. É possível notar a influência da temperatura sobre a taxa de secagem e sobre o período de indução.

5. CONCLUSÕES

Entre todos os modelos usados para descrever as cinéticas de secagem da cenoura, o que apresentou o melhor indicador estatístico foi o modelo 1 (Page). O mesmo modelo foi então utilizado para obter a taxa de secagem. O estudo da taxa de secagem demonstrou a existência de um período de indução, logo, podemos concluir que todo o processo dentro do intervalo de tempo estudado foi não isotérmico. Logo após o período de indução, o restante do processo se dá através de uma taxa decrescente.

Os períodos de taxa decrescente para as temperaturas de 40 e 50 °C indicados pelos modelos estudados iniciaram em torno dos 40 e 36 min, respectivamente. Para 70 °C houve uma pequena diferença entre as taxas analisadas, mas para essa temperatura o período de taxa decrescente iniciou em aproximadamente 30 min.

REFERÊNCIAS

- AKPINAR, E. K.; BICER, Y. Modelling of the drying of eggplants in thin-layers. **International journal of food science & technology**, Wiley Online Library, v. 40, n. 3, p. 273-281, 2005.
- ALVES, J. A. et al. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, SciELO Brasil, v. 30, n. 3, p. 625-634, 2010.
- ANDREOLA, K. Secagem de cenoura (*Daucus carota* L.) assistida por microondas. 205 p. Dissertação (Mestrado) | Universidade Estadual de Campinas- SP, 2013.
- ARAÚJO, P. M. d. Estudo da desidratação osmótica da cenoura (*Daucus carota*) em fatias. Dissertação (Mestrado) | Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.
- BORGES, F. **Descrição da secagem convectiva de grãos de milho através de modelos difusivos**. Tese (Doutorado) - Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2016.
- DANTAS, L. A.; MATA, M.; DUARTE, M. E. M. Programa computacional dinâmico para simulação de secagem de grãos e sementes de milho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindust**, v. 13, n. 3, p. 309-318, 2011.
- DELMIRO, T. M. **Secagem da cenoura (*Daucus carota* L.) pelo método foam-mat**. Dissertação (B.S. thesis) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
- DIAMANTE, L. M. et al. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. **International journal of food science & technology**, Wiley Online Library, v. 45, n. 9, p. 1956-1962, 2010.
- DOYMAZ, I. Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot- air drying of carrot slices. *Heat Mass Transfer*, Springer, v. 53, n. 1, p. 25–35, January, 2017.
- EIM, V. S.; URREA, D.; ROSSELLÓ, C.; PÉREZ, J. V. G.; FERMENIA, A.; SIMAL, S. **Optimization of the drying process of carrot (*Daucus carota* v. Nantes) on the basis of quality criteria**. *Drying Technology: An International Journal*, v. 31, p. 951-962, 2013.
- FERREIRA, M. M. P. **Desenvolvimento, caracterização e secagem de sementes com cobertura artificial**. 235 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos - SP, 2004.
- FIOREZE, R. Princípios de secagem de produtos biológicos. **João Pessoa: Editora Universitária/UFPB**, 2004.

HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Principles of process engineering**. [S.l.]: Kenya Agricultural Research Institute (KARI), 1997.

KALETA, A.; G_ ORNICKI, K. Evaluation of drying models of apple (var. mcintosh) dried in a convective dryer. **International journal of food science & technology**, Wiley Online Library, v. 45, n. 5, p. 891-898, 2010.

KUMAR, N., SARKAR, B. C., SHARMA, H. K. Mathematical modelling of thin layer hot air drying of carrot pomace. *Journal of Food Science and Technology*, Springer, v. 49, n. 1, p. 33–41, February, 2012.

MARTINAZZO, A. P. et al. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 11, n. 3, p. 301-306, 2007.

MERCALI, G. D. et al. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of bananas (musa sapientum, shum.). **International journal of food science & technology**, Wiley Online Library, v. 45, n. 11, p. 2281-2289, 2010.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. d. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. **Campinas: Unicamp**, 2007.

ROSA, J. G. Secagem de cenoura (daucus carota l.) em micro-ondas. Universidade Federal de São Carlos, 2010.

SIQUEIRA, V. C.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H. Drying kinetics of jatropha seeds. **Revista Ceres**, SciELO Brasil, v. 59, n. 2, p. 171-177, 2012.

SILVA, J. D. S.; AFONSO, A.; FILHO, A. d. L. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. **Viçosa: Aprenda Fácil**, 2000.

SILVA, W. **Transporte difusivo em sólidos com forma arbitrária usando coordenadas generalizadas**. Tese (Doutorado) - Tese (Doutorado e Engenharia de Processos) Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2007.

SILVA, W. P. xyExtract. 2011. Disponível em: <http://zeus.df.ufcg.edu.br/lab_t/indexnxyExtract.htm>.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. **LAB Fit Curve Fitting Software**. 2011. Disponível em: <http://www.lab_t.net>.

TURHAN, M.; SAYAR, S.; GUNASEKARAN, S. Application of peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. **journal of food engineering**, Elsevier, v. 53, n. 2, p. 153-159, 2002.

ZHAO, D.; AN, K.; DING, S.; LIU, L.; XU, Z.; WANG, Z. Two-stage intermittent microwave coupled with hot-air drying of carrot slices: drying kinetics and physical quality. *Food Bioprocess Technol*, Springer, v. 7, n. 8, p. 2308–2318, August, 2014