

# Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem do caldo de cana *in natura*

Edmilson Dantas da Silva Filho <sup>[1]</sup>, Gilcean Silva Alves <sup>[2]</sup>, Marco Tullio Lima Duarte<sup>[3]</sup>, Thiago Murilo da Fonseca <sup>[4]</sup>, Mary Karla A. Guimarães <sup>[5]</sup>

[1] edmsegundo@hotmail.com. [2] gilcean.alves@ifpb.edu.br. [3] marco.duarte@ifpb.edu.br. [4] murillo\_2011@hotmail.com. [5] mary.guimaraes@ifpb.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo determinar a cinética de secagem em camada de espuma, do caldo de cana *in natura*, com adição de 2,0% de Emustab®, 2,0% Super Liga Neutra® e 1,0% de fosfato de sódio, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, e espessura da camada de espuma 0,5 cm, os quais serão homogeneizados em batedeira doméstica, na velocidade máxima, durante 30 min, para formação da espuma, com densidade aproximadamente de 0,500 g/cm<sup>3</sup>. Durante o processo de secagem em camada de espuma, foi feito o acompanhamento da cinética de secagem pesando-se as bandejas em intervalos regulares até peso constante. Com os dados das secagens, foram calculados os valores da razão do teor de água e construídas as curvas da cinética de secagem. Em seguida, foram construídas as curvas de secagem e ajustados os modelos de Henderson e Pabis, Henderson, Logarítmico, Page e Exponencial de dois termos, aos dados experimentais da cinética de secagem. Verificou-se que as temperaturas de secagem influenciaram no tempo de secagem, ou seja, o menor tempo de secagem foi observado na maior temperatura. Os tempos de secagens foram de 665, 545 e 485 minutos, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C, e espessuras de 0,5 cm, respectivamente. O tempo de secagem reduziu de forma mais rápida com o aumento da temperatura do ar de secagem. O modelo de Henderson foi o que descreveu de forma mais satisfatória os dados da secagem da espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação (0,9935) e o menor desvio quadrático médio (0,0007), na temperatura de 50, e espessuras de 0,5 cm.

**Palavras-chave:** Caldo. Pasteurização. Secagem. Modelos.

## ABSTRACT

*The aim of this work was to determine the drying kinetics in the foam layer of fresh cane broth with the addition of 2,0% Emustab®, 2,0% Super Neutral® and 1,0% phosphate. At temperatures of 50, 60 and 70°C and a total of 0,5 cm of thickness in the foam layer, which will be homogenized in the domestic mixer at the maximum speed for 30 min for foaming formation with approximately 0,500 g/cm<sup>3</sup> of density. During the drying process in the foam layer, we monitored the drying kinetics by weighing the trays at regular intervals until we had constant weight. The drying data enabled the calculation of the values of the water content ratio and the construction of drying kinetics curves. Then we constructed the drying curves and adjusted the two-term models Henderson & Pabis, Henderson, Logarithmic, Page and Exponential to the experimental data of the drying kinetics. It was found that the drying temperatures influenced the drying time, in other words the shortest drying time was observed at the highest temperature. Drying times were 665, 545 and 485 minutes at temperatures of 50, 60 and 70°C whilst the thicknesses were 0,5 cm respectively. The drying time has been reduced more rapidly with the increase of the drying air temperature. The Henderson model was the one that described the most satisfactory data of the foam drying, presenting the highest coefficient of determination (0,9935) and the lowest square deviation (0,0007) at the temperature of 50 and thicknesses of 0,5 cm.*

**Keywords:** Broth. Pasteurization. Drying. Models.

## 1 Introdução

A cana-de-açúcar (*Sacharum spp*) é uma das gramináceas mais cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais, devido à grande contribuição socioeconômica que sua exploração representa em razão de armazenar grande quantidade de sacarose (STUPIELLO, 1987). Além de produzir açúcar, álcool combustível, cachaça, servir para alimentação animal, a cana-de-açúcar pode ainda ser utilizada para a produção de garapa, ou caldo de cana, servida imediatamente após a moagem em moedores elétricos ou manuais.

No Brasil, a cultura da cana-de-açúcar (*Sacharum spp*) é um importante fator socioeconômico, desde sua introdução nos primeiros séculos, após o descobrimento, até os dias atuais. Desde 1532, há referências de cultivo da cana e produção de açúcar no Nordeste brasileiro, especificamente no Estado de Pernambuco, onde se implantou o primeiro centro açucareiro do Brasil. A região apresentava como vantagens o fato de possuir terra e clima favoráveis à cultura da cana e a localização geográfica mais próxima da Europa em relação à região de São Vicente (São Paulo), outro centro que se destacou como produtor de açúcar no Brasil Colonial (MARQUES, 2009). Entretanto, no Brasil, as regiões de grande produção estão concentradas em apenas alguns estados do Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, sendo o estado de São Paulo o maior produtor nacional (UNICA, 2016).

O comércio de caldo de cana é caracterizado pela venda feita por ambulantes, espalhados pelas cidades brasileiras, quase sempre sem as mínimas condições higiênico-sanitárias necessárias à manipulação de alimentos (SILVA FARIAS, 2006). Há atualmente um aumento na procura pelo mercado de produtos estáveis à temperatura ambiente, que sejam livres de conservadores químicos e de fácil utilização. Estes produtos precisam receber processos de industrialização adequados para tornarem-se estáveis quanto às alterações microbiológicas e enzimáticas, e serem comercializados sem a necessidade da cadeia de frio (MANO, 2000).

O processo de secagem, além de ser utilizado como método de conservação reduzindo a deterioração e as perdas do valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, agregando-lhe valor e dando origem a uma nova opção no mercado. Os produtos desidratados podem ser apresentados como produtos prontos para o consumo ou como ingredientes para elaboração de produtos de confeitaria,

iogurtes, sorvetes, entre outros (SOUZA NETO *et al.*, 2005). Este método permite que o produto obtido tenha maior vida de prateleira devido à redução da atividade de água, o que é associado à redução no custo do transporte e armazenamento, em razão da leveza e compactação, combinadas com os efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química dos alimentos (FELLOWS, 2006). Atualmente, os produtos em pó, obtidos a partir de polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, uma vez que o processamento desses frutos reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação (COSTA; MEDEIROS; MATA, 2003).

Entre as técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) destaca-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis por meio de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados (SILVA *et al.*, 2008).

A secagem em camada de espuma é considerada um processo simples e de baixo custo, que apresenta a particularidade de utilizar agentes que têm a função de facilitar e manter a estabilidade da espuma durante o processo. Tem ainda outras vantagens como o processamento em baixas temperaturas, menor tempo de desidratação devido à maior área de contato exposta ao ar, remoção mais rápida da água do produto e obtenção de um produto poroso facilmente reidratável. O presente trabalho teve como objetivo determinar a cinética de secagem em camada de espuma do caldo de cana *in natura*, com adição de 2,0% de Emustab®, 2,0% Super Liga Neutra® e 1,0% de fosfato de sódio, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e espessura da camada de espuma 0,5 cm.

## 2 Material e métodos

As atividades foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), campus de Campina Grande, e também na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O caldo de cana *in natura* utilizado no experimento foi obtido no comércio local, e a cana de açúcar foi produzida na microrregião de Campina Grande-PB.

Para a sua obtenção, o produtor do caldo de cana foi instruído a extraí-lo de forma correta, conforme as recomendações do controle de qualidade Boas Práticas de Fabricação de Alimentos (CHAVES, 2006). O caldo de cana foi coado por duas peneiras domésticas comuns e submetido a tratamento térmico, pasteurização, em uma temperatura de 80 ° C, durante 3 minutos, e resfriado em seguida. Após o tratamento térmico, o caldo de cana foi envasado em frascos de vidros com tampas herméticas e mantido sob refrigeração em refrigerador doméstico com temperatura de aproximadamente 7 °C.

Os frascos de vidros e suas tampas foram submetidos à esterilização em banho-maria, em temperatura de ebulição, por um período de 1 minuto. O caldo de cana foi envasado a quente (80 °C ± 5 °C). Em seguida, foi elaborada uma formulação com o caldo de cana, na temperatura ambiente, com adição de 2,0% de Emustab®, 2,0% Super Liga Neutra® e 1,0% de fosfato de sódio, os quais serão homogeneizados em batedeira doméstica, na velocidade máxima, durante 30 min, para formação da espuma, com densidade de aproximadamente 0,500 g/cm<sup>3</sup>. A espuma produzida foi espalhada em bandejas de aço inoxidável, com espessura da camada da espuma de 0,5 cm, e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

As análises físicas, químicas e físico-químicas do caldo de cana e da formulação (espuma) foram determinadas de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008): a umidade, em estufa a 105 °C/24 horas; o pH pelo método potenciométrico, com o medidor de pH da marca Tecnal modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, com os resultados expressos em unidades de pH. Os sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, foram determinados pelo método refratométrico, com refratômetro do tipo Abbe, de acordo com as normas do manual do Instituto Adolfo Lutz (2008), a Acidez Total Titulável (ATT) foi determinada pelo método acidimétrico, em que as amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1 N, sendo os resultados expressos em percentagem de ácido cítrico. A determinação da cor da amostra foi realizada em espectrofotômetro portátil, modelo MiniScan XE Plus (HunterLab), cujas leituras foram realizadas no sistema de cor CieLab (L\*, a\* e b\*), em que L\* é a luminosidade; a\* a transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*); b\* a transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*).

A determinação da atividade de água foi realizada em triplicata com o auxílio do equipamento *Aqualab*, modelo 3TE, da Decagon Devices, a 25°C. A solubilidade do pó foi determinada de acordo com a metodologia de Santos *et al.* (2005), adicionando-se 2 g do material a 50mL de água destilada à temperatura ambiente (25°C). A mistura foi agitada em um béquer de 100mL com um agitador magnético, utilizando-se uma barra magnética. O tempo requerido (min) para o material ser dissolvido completamente foi também registrado. O rendimento foi calculado pela razão entre a massa do pó após o período de secagem e a massa da emulsão. A densidade das amostras em pó foi determinada em triplicata, em picnômetro de vidro de 25mL, utilizando-se hexano como líquido imiscível. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Durante o processo de secagem em camada de espuma, foi feito o acompanhamento da cinética de secagem pesando-se as bandejas em intervalos regulares até peso constante.

Com os dados das secagens, foram calculados os valores da razão do teor de água (Equação 1) e construídas as curvas da cinética de secagem.

$$R = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (1)$$

Em que:

- RX - Razão do teor de água, adimensional;
- X - teor de água, base seca;
- X<sub>e</sub> - teor de água de equilíbrio, base seca;
- X<sub>0</sub> - teor de água inicial, base seca.

Os modelos semi teóricos de Henderson e Pabis, Henderson, Logarítmico, Page e Exponencial de dois termos, apresentados na Tabela 1, servirão para ajustar as curvas da cinética de secagem, utilizando-se o programa Statistica 7.0.

**Tabela 1** – Modelos matemáticos aplicados aos dados da cinética de secagem

Modelo	Equação	Referência
Henderson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-kt)$	HENDERSON & PABIS (1961)
Henderson	$RX = a \cdot \exp(-bt) + c \cdot \exp(-dt)$	HENDERSON (1974)
Logarítmico	$RX = a \cdot \exp(-kt) + c$	YAGCIOGLU; DEGIRMENCIOGLU; CAGATAY (1999)
Page	$RX = \exp(-kt^n)$	PAGE (1949)
EDT	$RX = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-ka)$	SHARAF-ELDEEN; BLAISD; HAMDY (1980)

RX – razão do teor de água; a, b, c, d e n – parâmetros das equações; t – tempo (min); k – constante da equação (min<sup>-1</sup>); EDT= Exponencial de dois termos.

Fonte: Elaborada pelo autor

Como critério de avaliação do ajuste dos modelos matemáticos utilizaremos o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o desvio médio quadrático (DQM) (Equação 2).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (2)$$

Em que:

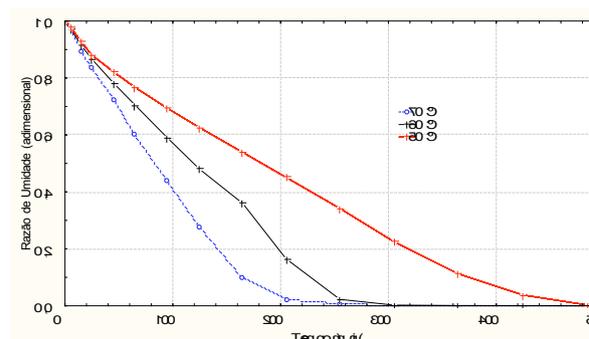
- DQM - desvio quadrático médio;
- RX<sub>pred</sub> - razão do teor de água predito pelo modelo;
- RX<sub>exp</sub> - razão do teor de água experimental;
- n - número de observações.

### 3 Resultados e discussão

Na Figura 1 está representada a cinética de secagem do caldo de cana *in natura* e de aditivos, nas temperaturas de secagens de 50, 60 e 70°C, com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, na forma de razão de umidade em função do tempo de secagem em minutos. De acordo com o que se vê no gráfico abaixo, o tempo de secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C foi de 665, 545 e 485 minutos, respectivamente. Observa-se que a temperatura influenciou as curvas de secagem e que a perda de umidade foi mais rápida no início do processo; tam-

bém é possível concluir que quanto maior a temperatura mais rápida é a secagem (SILVA FILHO, 2012). Verifica-se, na temperatura de 70°C, que a perda de umidade foi maior do tempo 0 (min) até aproximadamente 300 minutos, e nas temperaturas de 50 e 60°C a perda de umidade do produto apresenta uma taxa quase constante, do tempo zero ao tempo de 20 minutos; a partir daí, a perda de umidade foi maior na temperatura de 60 °C com espessura de 0,5 cm. Silva Filho (2012), ao estudar a cinética de secagem da polpa da manga Haden com aditivos (Super Liga Neutra e Emustab), nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e na espessura de 0,5 cm, obteve maiores tempos de secagens (690, 630 e 480 minutos). Marques (2009), em estudo de secagem com caldo de cana *in natura*, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, obteve tempos de secagens que variaram de 0 zero até 360 (min). O comportamento das curvas de secagem obtidas nos tratamentos estudados foi típico de um processo de secagem (PARK *et al.*, 2007).

**Figura 1** – Cinética de secagem do caldo de cana *in natura* e de aditivos com espessura da camada de espuma de 0,5 cm nas diferentes temperaturas



Fonte: Dados da pesquisa

Observa-se na Tabela 2 os parâmetros dos modelos matemáticos de Henderson e Pabis, Logarítmico, Henderson, Page e Exponencial de Dois Termos ajustados aos dados de secagem da formulação com o caldo de cana *in natura* desidratado, em diferentes temperaturas de secagem 50, 60 e 70°C e espessuras da camada de espuma de 0,5 cm, os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e os desvios quadráticos médios. Verifica-se que os valores dos parâmetros dos modelos matemáticos Logaritmo, Henderson e Page ajustaram-se melhor às curvas de secagem da formulação com o caldo de cana *in natura* em diferentes temperaturas de secagem 50, 60 e 70°C e espessuras da camada de espuma de 0,5 cm e podem ser utilizados para representar o processo de secagem

em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>), sendo todos eles superiores a 0,9823 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,0023.

Silva *et al.* (2008), utilizando os modelos de Page e Henderson e Pabis, para o ajuste da curva de secagem da polpa do tamarindo pelo método de secagem, em camada de espuma na temperatura de 80°C, também verificaram bons ajustes com esses modelos, encontrando valores de R<sup>2</sup> de 0,99 e 0,96, respectivamente. Babalis *et al.* (2006), em estudo com secagem de figo nas temperaturas de 55 e 85°C, encontraram, para o modelo Henderson e Pabis, valores de R<sup>2</sup> > 0,99.

Observa-se também que, entre os modelos testados, Henderson e Pabis, Logarítmico, Henderson e Exponencial de Dois Termos apresentaram os maiores valores de R<sup>2</sup> nas temperaturas de 50 e 70°C, ajustando-se melhor aos dados observados, sendo o modelo de Henderson, na temperatura de 50°C, o que apresentou o maior valor de R<sup>2</sup> (0,9935) e o

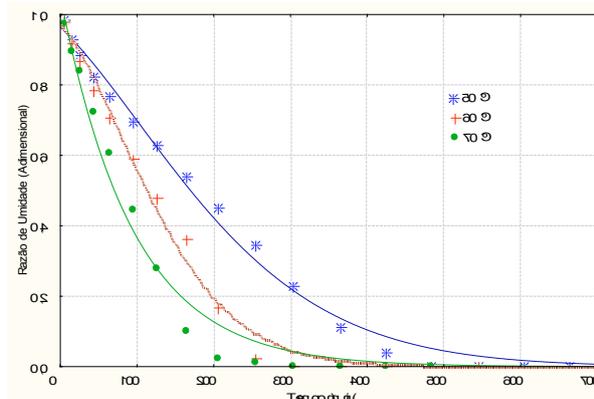
menor desvio quadrático médio DQM (0,0007), como já era esperado. Em razão de o modelo apresentar maior número de parâmetros, geralmente é o que melhor ajusta. De todos os modelos testados, o de Page foi, entretanto, o que obteve menores coeficientes de determinação e maiores desvios quadráticos médios (DQM) nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e espessuras de 0,5 cm. Marques (2009), em estudo de secagem de caldo de cana em leito de espuma, nas temperaturas de 50, 60 e 70°C encontrou valor de R<sup>2</sup> > 0,99 com o modelo de Henderson.

Marques (2009) também observou comportamento ruim com o ajuste obtido pelo modelo de Page para a espuma do caldo de cana *in natura*, nas três temperaturas em estudo. Na modelagem para descrição do processo de secagem de feijão, Afonso Júnior e Corrêa (1999) encontraram, para a temperatura de 55°C, um coeficiente de 0,9996 para este mesmo modelo. Segundo Mohapatra e Rao (2005), valores inferiores a 0,01 de desvios quadráticos médios são recomendados para a seleção de modelos.

**Tabela 2** – Parâmetros, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados às curvas de secagem do caldo de cana *in natura* com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, para as diferentes temperaturas avaliadas

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro				R <sup>2</sup>	DQM
		a		c	K		
Henderson e Pabis	50	1,9872			0,0048	0,9782	0,0030
	60	1,0479			0,0075	0,9747	0,0034
	70	1,0541			0,0105	0,9823	0,0023
	Temperatura (°C)	a		c	K	R <sup>2</sup>	DQM
Logarítmico	50	1,1905		-0,1913	0,0033	0,9922	0,0008
	60	1,1317		-0,1007	0,0060	0,9834	0,0019
	70	1,1006		-0,0200	0,0093	0,9868	0,0016
	Temperatura (°C)	a	b	c	d	R <sup>2</sup>	DQM
Henderson	50	41,97	0,011	-3,7738	0,002	0,9935	0,0007
	60	135,8	0,021	-4,9413	0,004	0,9933	0,0009
	70	0,586	0,010	0,5864	0,000	0,9823	0,0022
	Temperatura (°C)	n			K	R <sup>2</sup>	DQM
Page	50	1,000			0,0046	0,9770	0,0033
	60	1,487			0,0087	0,9781	0,0035
	70	1,000			0,0099	0,9786	0,0027
	Temperatura (°C)	a			K	R <sup>2</sup>	DQM
EDT	50	1,385			0,0057	0,9842	0,0021
	60	1,409			0,0089	0,9789	0,0029
	70	1,388			0,0123	0,9846	0,0022

**Figura 2** – Cinética de secagem da polpa da manga Haden e de aditivos com espessuras de camada de espuma de 0,5 cm, nas diferentes temperaturas, com ajuste pelo modelo de Henderson



Fonte: Dados da pesquisa

## 4 Conclusões

Diante dos resultados obtidos neste trabalho com o caldo de cana *in natura*, formulado e em pó, pode-se concluir que:

- Os valores médios dos parâmetros da caracterização do caldo de cana *in natura* e do caldo após o batimento, ou seja, o formulado, apresentaram estatísticas diferentes; o caldo de cana *in natura* apresentou maiores valores de umidade (82,07%), pH (5,41), acidez total titulável (0,45% ácido cítrico) e intensidade do vermelho (-3,01), em relação ao caldo de cana formulado, o qual, por sua vez, apresentou maiores valores de sólidos totais (18,14%), sólidos solúveis totais (16,50 °Brix) luminosidade (17,40) e intensidade de amarelo (17,57);
- O caldo de cana em pó obtido por secagem em camada de espuma, na temperatura de 70°C e espessuras da camada de espuma de 0,5 cm apresentou: teores de umidade de 7,82% b.u.; pH de 5,65, ou seja, pouco ácido; sólidos solúveis totais de 45oBrix; atividade de água de 0,308, indicando que a baixa atividade de água em combinação com a acidez possibilitam conservação do

produto durante longo tempo e um rendimento de 19,95%;

- Os tempos de secagens foram de 665, 545 e 485 minutos nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e espessuras de 0,5cm, respectivamente. O processo de secagem reduziu de forma mais rápida com o aumento da temperatura do ar de secagem;
- O modelo de Henderson foi o que descreveu, de forma mais satisfatória, os dados da secagem da espuma, apresentando o maior coeficiente de determinação (0,9935) e o menor desvio quadrático médio (0,0007) na temperatura de 50 °C e espessuras de 0,5 cm.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 349-53, 1999.
- BABALIS, S. J. *et al.* Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 2, p. 205-214, 2006.
- CHAVES, J. B. P. *et al.* Boas práticas de fabricação (BPF) para restaurante, lanchonetes e outros serviços de alimentação. 1. reimpr. Viçosa: Ed UFV, 2006.
- CORRÊA, P. C. *et al.* Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.
- COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucuscarota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 34, p. 5-9, 2003.
- DANTAS, H. J. *et al.* Obtenção da polpa de Jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat drying) In: JORNADA NACIONAL

- DA AGROINDÚSTRIA. 3, 2008, Bananeiras.  
**Anais...Bananeiras:** UFPB, 2008 CD Rom.
- DANTAS, S. C. M. **Desidratação e polpas de frutas pelo método foam mat drying.** 2010. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2010.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos:** princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, p. 602, 2006.
- HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 6, n. 3 p.169-174, 1961.
- HENDERSON, S. M. Progress in developing the thin layer drying equation. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 1167-1168, 1974.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4. ed. v. 4. São Paulo: IMESP, 2008.
- MANO, C. Os produtos campeões de venda num mundo ávido por praticidade. **Revista Exame**, São Paulo, v. 34, n. 13, p. 40-43, jun. 2000.
- MARQUES, G. M. Secagem de caldo de cana em leite de espuma e avaliação sensorial do produto. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)–Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia UESB, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Itapetinga – BA, 2009.
- MELO, K. S. *et al.* Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 513-18, 2005.
- PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer.** Thesis Dissertation (M.Sc.)–Purdue University, Indiana, 1949.
- PARK, K. J. *et al.* **Conceitos de processo e Equipamentos de secagem.** Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.html>>. Acesso em: set. 2007.
- PEREIRA, D. A. **Extração aquosa de própolis e secagem em leito de espuma para uso alimentícios.** 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2008.
- SANTOS, A.B. *et al.* Preparo e caracterização de microcápsulas de oleoresina de páprica obtidas por atomização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.322-326, 2005.
- SOUZA NETO, M. A. *et al.* Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1021-1028, 2005.
- SHARAF-ELDEEN, Y. I.; BLAISDELL, J. L.; HAMDY, M. Y. A model for ear corn drying. **Transactions of the ASAE**, v. 23, p. 1261-1265, 1980.
- SILVA, A. S. *et al.* Dehydration of tamarind pulp through the foam –mat drying method. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 6, p.1899-1905, nov./dez., 2008.
- SILVA, K. S.; FARIA, J. de A. F. Avaliação de processo de industrialização de caldo de cana-de-açúcar (*Sacharum ssp*) por enchimento a quente e sistema asséptico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 754-758, 2006.
- SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma.** 2012. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.
- STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S. B. **Canade-açúcar:** cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, p. 761-804,1987.
- UCHOA, A. M. A. *et al.* Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.
- ÚNICA. **União das Indústrias de cana de açúcar.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- YAGCIOGLU, A.; DEGIRMENCIOGLU, A.; CAGATAY, F. Drying characteristics of laurel leaves under different conditions. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL MECHANIZATION AND ENERGY, 7th., 1999, Adana. **Proceedings...** Adana: Cukurova University, p. 565-569, 1999.