

OBTENÇÃO DAS ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DAS FARINHAS DAS SEMENTES DE NONI (*MORINDA CITRIFOLIA* L.)

DANIELLE MARTINS LEMOS^{1*}, ROSSANA MARIA FEITOSA DE FIGUEIRÊDO²; ALEXANDRE JOSÉ DE MELO QUEIROZ³; ELISABETE PIANCÓ DE SOUSA⁴; EMANUEL NETO ALVES DE OLIVEIRA⁵

¹Docente do IFAL, Batalha-AL, daniellemartins_jua@yahoo.com.br

²Profª. Associada da UFCG, Campina Grande-PB, rossana@deag.ufcg.edu.br

³Prof. Associado da UFCG, Campina Grande-PB, alex@deag.ufcg.edu.br

⁴Docente do IFAP, Macapá-AM, Elisabete.sousa@ifap.edu.br

⁵Docente do IFRN, Pau dos Ferros-RN, emanuel.oliveira16@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Existe um número expressivo de plantas nativas e exóticas, com potencial fitoterápico e socioeconômico para a região Nordeste do Brasil, como o noni (*Morinda citrifolia* L.). Destaca-se as sementes de noni, as quais são usadas como laxante desde os tempos antigos. Objetivou-se com essa pesquisa determinar as isotermas de adsorção de umidade da farinha das sementes, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. As isotermas de adsorção de água da farinha das sementes de noni obtidas da moagem das sementes secadas a 70 °C, foram determinadas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Os modelos de GAB, Peleg e Oswin foram ajustados às isotermas de adsorção de água. Todos os modelos testados (GAB, Peleg e Oswin) se ajustaram bem aos dados das isotermas de adsorção de água da amostra da farinha das sementes de noni nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, de vez que apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,97 (R^2) e desvios percentuais médios (P) abaixo de 10%. Dentre os modelos de GAB, Peleg e Oswin, o modelo de Peleg se ajustou melhor às isotermas de adsorção das sementes de noni, podendo representar as isotermas de adsorção de água da farinha das sementes. As isotermas foram classificadas como sendo do Tipo II.

PALAVRAS-CHAVE: farinha, fruto, higroscopicidade.

OF OBTAINING ADSORPTION ISOTHERMS OF FLOUR OF SEEDS NONI (*MORINDA CITRIFOLIA* L.)

ABSTRACT: There is a significant number of native and exotic plants, herbal medicine and socio-economic potential for the Northeast region of Brazil, as the noni (*Morinda citrifolia* L.). Noteworthy is the noni seeds, which are used as a laxative since ancient times. The objective of this research to determine the moisture adsorption isotherms of flour seeds at temperatures of 20, 30 and 40 °C. The isotherms for water adsorption flour of noni seeds obtained from grinding of the seeds dried at 70 °C, were determined at temperatures of 20, 30 and 40 °C. The models of GAB, Oswin Peleg and were adjusted to the adsorption isotherms of water. All the models tested (GAB, Peleg and Oswin) adjusted well to the data of adsorption isotherms of water sample flour of noni seeds at temperatures of 20, 30 and 40 °C, as it showed determination coefficients above 0.97 (R^2) and average percentage deviations (P) below 10%. Among the models of GAB, Oswin and Peleg, the model Peleg adjusted better to the adsorption isotherms of noni seeds, may represent the adsorption isotherms of water flour seeds. The isotherms were classified as type II.

KEYWORDS: flour, fruit, hygroscopicity.

INTRODUÇÃO

Existe um número expressivo de plantas nativas e exóticas, com potencial fitoterápico e socioeconômico para a região Nordeste do Brasil, como o noni (*Morinda citrifolia* L.). Este é usado como suplemento alimentar, principalmente na forma de suco além de utilizado na medicina popular, no tratamento de doenças e/ou distúrbios como: diabetes, diarreia, dores, hipertensão, artrite, estresse e câncer.

Praticamente, todas as partes da planta de noni são utilizadas e a cada uma delas são atribuídas propriedades medicinais distintas. É atribuída propriedade adstringente à casca, a qual vem sendo utilizada no tratamento da malária; as folhas são usadas como analgésico e para inflamações externas; as flores empregadas no tratamento de inflamações oculares; o extrato das raízes é usado para baixar a pressão sanguínea e as sementes utilizadas como laxante (Correia, 2010).

As sementes, à semelhança dos demais órgãos da planta, apresentam composição química bastante variável. Considerando o principal composto armazenado, as sementes podem ser divididas em ricas em carboidratos (a maioria dos cereais) e ricas em lipídeos, sendo que as espécies ricas nesses componentes são cultivadas pelo homem com a finalidade de sua utilização como alimento ou como matéria-prima para as indústrias (Carvalho & Nakagawa, 2000), além das proteínas.

Todos os produtos agrícolas, inclusive as sementes, têm a capacidade de ceder ou absorver água do ambiente, convergindo constantemente para uma relação de equilíbrio entre seu teor de água e as condições do ar ambiente, sendo o teor de água de equilíbrio alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto se iguala à do ar que o envolve (Resende et al., 2006). Tal comportamento é conhecido como higroscopicidade e consiste na habilidade do alimento em absorver umidade relativa do ambiente ocorrendo sobretudo em produtos em pó (Jaya & Das, 2004).

Devido a escassez de trabalhos na literatura sobre sementes de noni, objetivou-se com essa pesquisa determinar as isotermas de adsorção de água da farinha das sementes, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

MATERIAIS E MÉTODOS

As isotermas de adsorção de água da farinha das sementes de noni obtidas da moagem das sementes secadas a 70 °C, foram determinadas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C utilizando-se o método estático-indireto com base no estudo realizado por Capriste e Rotstein (1982). As medidas da atividade de água em diferentes temperaturas foram realizadas usando-se o higrômetro Aqualab modelo 3TE, da Decagon Devices. O teor de água de equilíbrio foi determinado usando-se a Equação 1:

$$X_e = \frac{m_e}{m_s} \cdot 100 \quad (1)$$

Os modelos de GAB (Equação 2), Peleg (Equação 3) e Oswin (Equação 4) foram ajustados às isotermas de adsorção de água utilizando-se o programa computacional Statistica por meio de regressão não linear dos dados com o método de estimativa Quasi-Newton.

GAB

$$X_e = \frac{m_e}{m_s} \cdot \frac{1}{1 - \exp(-k_1 X_e) - \exp(-k_2 X_e)} + \frac{m_e}{m_s} \quad (2)$$

Peleg

$$X_e = \frac{m_e}{m_s} \cdot \frac{1}{1 + k_1 X_e + k_2 X_e^2} \quad (3)$$

Oswin

$$X_e = \frac{m_e}{m_s} \cdot \frac{1}{1 - \exp(-k X_e^b)} \quad (4)$$

Onde:

X_e - teor de água de equilíbrio, % base seca;

m_e - massa da amostra no equilíbrio, g;

m_s - massa seca da amostra, g;

a_w - atividade de água;

a e b – parâmetros de ajuste do modelo;
 X_m – teor de água na monocamada molecular;
 C e K – parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto;
 K_1, K_2, n_1, n_2 – constantes do modelo.

Para determinar os melhores ajustes dos modelos às isotermas de adsorção de água, os critérios utilizados foram o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P) conforme a Equação 5.

$$100 \frac{\sum_{i=1}^n |X_{\text{exp}} - X_{\text{pred}}|}{n} \quad (5)$$

Onde:

P – desvio percentual médio (%);
 X_{exp} – valores obtidos experimentalmente;
 X_{pred} – valores preditos pelo modelo;
 n – número de dados experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C, da amostra da farinha das sementes de noni com os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Todos os modelos testados (GAB, Peleg e Oswin) se ajustaram bem aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água da amostra da farinha das sementes de noni nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, de vez que apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,97 (R^2) e desvios percentuais médios (P) abaixo de 10%.

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água da farinha de sementes de noni nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C

Modelo	Temp. (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)	
		X_m	C	K			
GAB	20	3,6678	41,9239	0,8741	0,9826	5,93	
	30	3,4809	17,4097	0,8825	0,9796	9,17	
	40	3,5818	12,4920	0,8749	0,9807	8,23	
Modelo	Temp. (°C)	K_1	n_1	K_2	n_2	R^2	P (%)
Peleg	20	15,0917	1,1761	25,1215	21,2885	0,9991	1,41
	30	19,0343	18,9643	14,4093	1,1148	0,9978	1,63
	40	18,5952	21,5322	15,0270	1,1882	0,9958	3,64
Modelo	Temp. (°C)	a		b		R^2	P (%)
Oswin	20	6,7228		0,4081		0,9943	4,26
	30	6,8593		0,3658		0,9906	8,64
	40	6,9369		0,3586		0,9891	10,05

Observa-se que o melhor modelo para a amostra em questão foi o de Peleg nas três temperaturas; e comportamento semelhante foi verificado por Alexandre et al., (2007) para as isotermas de adsorção de pitanga em pó nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, obtidas a partir do processo de secagem em camada de espuma com valores de coeficiente de determinação (R^2)

superiores a 0,98 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 3,64% para o modelo de Peleg. Ajustes satisfatórios com o modelo de Oswin também foram verificados por Gálvez et al. (2006) com $R^2 > 0,93$ e $P < 11,51\%$ para as isotermas de farinha de milho nas temperaturas de 7, 22 e 45 °C e por Alcântara et al. (2008) para as isotermas de adsorção de pedúnculo seco de caju nas temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C, com $R^2 > 0,99$ e $P < 4,43\%$.

Verifica-se que os valores de X_m (umidade na monocamada) do modelo de GAB da farinha das sementes de noni variaram de 3,4809 a 3,6678% (b.s.), indicando que a farinha por ter teor de água menor apresentou valores de X_m menores. Yazdani et al. (2006) observaram, para as isotermas, nas temperaturas de 15 a 40 °C, de pistache desidratado com ajustes pelo modelo de GAB, que o valor do parâmetro X_m variou de 2,45 a 1,74% (b.s.) e diminuiu com o aumento da temperatura, sendo inferiores aos da farinha das sementes de noni. Quanto menor o X_m maior será a estabilidade do produto (Ascheri et al., 2006), determinando o teor de água para uma armazenagem segura.

O parâmetro C do modelo de GAB é a constante relacionada com o calor de adsorção do produto (Guerra et al., 2005). Moreira et al. (2012) ao ajustarem o modelo de GAB as isotermas da farinha de sementes de chia em diferentes temperaturas (20, 35, 50 e 65 °C) observaram que o parâmetro C diminuiu à medida que a temperatura aumentava; comportamento semelhante ao da farinha de sementes de noni.

Constata-se, segundo Blahovec (2004) que as isotermas de adsorção da farinha de sementes de noni são classificadas como Tipo II por apresentarem as constantes do modelo de GAB com os valores de $0 < K \leq 1$ e $C > 2$; classificação semelhante foi verificada por Corrêa et al. (2014) para cafés (*C. canephora*) secadas com as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C e por Pittia et al. (2007) para as isotermas de adsorção a 20 °C de grãos de café crus e torrados.

Observa-se para a farinha aumento dos valores K_1 e n_1 à medida que a temperatura se torna superior. Hayoglu e Gamli (2007) verificaram acréscimo dos parâmetros K_1 , n_1 , K_2 e n_2 do modelo de Peleg para amêndoas de pistache nas temperaturas de 4 e 20 °C. Para a amostra os valores de n_1 variaram entre 1,1761 a 21,5322.

Analisando os parâmetros do modelo de Oswin para a amostra verifica-se que a constante “a” aumentou com aumento da temperatura e b diminuiu com o aumento da temperatura; e comportamento inverso foi verificado por Almeida et al. (1999) para as isotermas de adsorção, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do gergelim (CNPA G3) seco(secagem solar) em que ocorreu diminuição nos valores do parâmetro “a” (modelo de Oswin) à medida que aumentou a temperatura e por Zomorodian et al. (2011) para o ajuste das isotermas de adsorção de canola nas temperaturas de 25, 40 e 55 °C..

As isotermas de adsorção de água da farinha das sementes de noni na Figura 1 apresentam condições de atividade de água e teor de água de equilíbrio muito próximas para as temperaturas avaliadas. Observa-se que as isotermas da farinha mostram o comportamento típico de material biológico indicando que a quantidade de água aumenta com o aumento da atividade de água, a temperatura constante (Al-mahasneh et al., 2010).

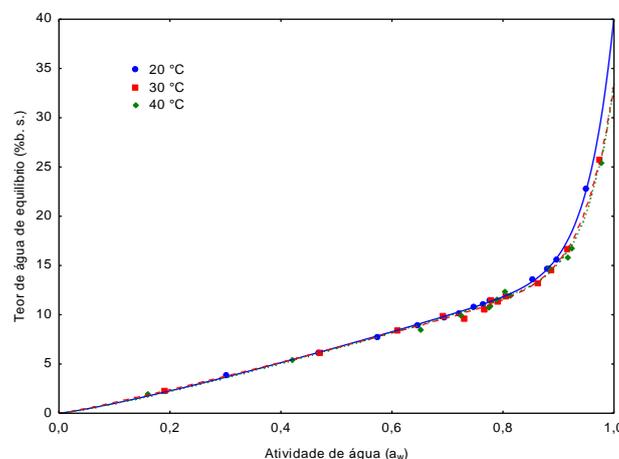


Figura 1– Isotermas de adsorção de água da farinha nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com ajustes pelo modelo de Peleg

CONCLUSÃO

Dentre os modelos de GAB, Peleg e Oswin, o modelo de Peleg se ajustou melhor às isotermas de adsorção das sementes de noni, podendo representar as isotermas de adsorção de água da farinha das sementes. As isotermas foram classificadas como sendo do Tipo II.

REFERÊNCIAS

- Alcântara, S. R.; Almeida, F. A. C.; Silva, F. L. H.; Gomes, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 81–87, 2008.
- Alexandre, H. V.; Figueiredo, R. M. F.; Queiroz, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.
- AL-Mahasneh, M. A.; Rababah, T. M.; AL-U'datt, M. H.; Yang, W. Moisture adsorption thermodynamics of fractionated sesame hulls (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Food Process Engineering*, v. 33, n. 5, p. 802–819, 2010.
- Almeida, F. A. C.; Fonseca, K. S.; Gouveia, J. P. G. Secagem natural de gergelim e determinação da umidade de equilíbrio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 3, n. 3, p. 343-348, 1999.
- Ascheri, D. P. R.; Andrade, C. T.; Carvalho, C. W. P.; Ascheri, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jaboticaba. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006.
- Blahovec, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. *Journal of Food Engineering*, v. 65, n. 4, p. 489–495, 2004.
- Capriste, G. H.; Rotstein, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. *Journal of Food Science*, v. 47, p. 1501-1507, 1982.
- Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- Correia, A. A. S. Maceração enzimática da polpa do noni (*Morinda citrifolia* L.). 2010. 105f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- Gálvez, A. V.; Aravena, E. L.; Mondaca, R. L. Isotermas de adsorción em harina de maíz (*Zeamays* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 4, p. 821-827, 2006.
- Guerra, R. B.; Neves, E. C. A.; Pena, R. S. Caracterização e processamento de leite bubalino em pó em secador por nebulização. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 3, p. 443-447, 2005.
- Hayoglu, I.; Gamli, O. F. Water sorption isotherms of pistachio nut paste. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 42, n. 2, p. 224–227, 2007.
- Jaya, S.; Das, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. *Journal of Food Engineering*, v. 63, n. 2, p. 125-134, 2004.
- Moreira, R.; Chenlo, F.; Prieto, D. M.; Torres, M. D. Water adsorption isotherms of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Bioprocess Technology*, v. 5, n. 3, p. 1077–1082, 2012.
- Pittia, P.; Nicoli, M. C.; Sacchetti, G. Effect of moisture and water activity on textural properties of raw and roasted coffee beans. *Journal of Texture Studies*, v. 38, n. 1, p.116–134, 2007.
- Resende, O.; Corrêa, P. C.; Goneli, A. L. D.; Ribeiro, D. M. Isotermas e calor isostérico de sorção do feijão. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 3, p. 626-631, 2006.
- Yazdani, M.; Sazandehchi, P.; Azizi, M.; Ghobadi, P. Moisture sorption isotherms and isosteric heat for pistachio. *European food research and technology*, v. 223, n. 5, p. 577–584, 2006.
- Zomorodian, A.; Kavooosi, Z.; Momenzadeh, L. Determination of EMC isotherms and appropriate mathematical models for canola. *Food and Bioproducts Processing*, v. 89, n. 4, p. 407-413, 2011.