



PRPG Pré-Reitoria de Pós-Graduação  
PIBIC/CNPq/UFPG-2009

## ISOTERMAS DE DESSORÇÃO DE UMIDADE DE GRÃOS DE ABÓBORA IN NATURA

Karla Barboza Pereira<sup>1</sup>, Alexandre José de Melo Queiroz<sup>2</sup>, Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo<sup>2</sup>

### RESUMO

As isotermas de dessecção dos grãos de abóbora *in natura* foram determinadas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, utilizando-se o método gravimétrico estático. Os dados experimentais foram ajustados pelos modelos de GAB, Peleg, Oswin e Henderson. As umidades de equilíbrio decresceram com o aumento da temperatura. O modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para as temperaturas de 30 e 40 °C, apresentando coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,97 e os menores desvios percentuais médios, inferiores a 10%. Para a temperatura de 20 °C o modelo que melhor se ajustou foi o de GAB, com  $R^2 = 0,9892$  e  $P = 3,48\%$ . As isotermas foram classificadas como tipo II.

**Palavras-chave:** *Cucurbita moschata*, atividade de água, temperatura

## MOISTURE DESORPTION ISOTHERM OF PUMPKIN SEEDS IN NATURA

### ABSTRACT

The desorption isotherms of the pumpkin seeds in natura were determined at temperatures of 20, 30 and 40 °C, using the static gravimetric method. The experimental data were fitted by the models of GAB, Peleg, Oswin and Henderson. The equilibrium moisture decreased with increasing temperature. The Peleg model was the best fit to the experimental data for temperatures of 30 and 40 °C, showing coefficients of determination ( $R^2$ ) greater than 0.97 and the lowest average percentage deviation less than 10%. For a temperature of 20 °C the model that best fit was the GAB, with  $R^2 = 0.9892$  and  $P = 3.48\%$ . The isotherms were classified as type II.

**Keywords:** *Cucurbita moschata*, water activity, temperature

### INTRODUÇÃO

Pertencente à família *Cucurbitaceae* e ao gênero *Cucurbita*, a abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) tem, como centro de origem, a região central do México, estendendo-se até a Colômbia e a Venezuela (CASALI et al., 1982). A abóbora é uma das hortaliças de grande importância no Brasil, destacando-se pelo seu valor comercial (CASAROLI et al., 2006). O aumento do consumo, gerado pelo crescimento da população mundial, ocasionou a escassez de alguns alimentos aumentando, assim, a subnutrição protéica em regiões economicamente pouco desenvolvidas. O desenvolvimento científico e tecnológico permite avaliar o valor nutritivo de diversos alimentos não convencionais. Isso faz com que sementes de várias espécies vegetais se tornem recursos alternativos de proteínas para a alimentação humana. Desse modo, o que antes era considerado mérito somente da soja ampliou-se para outras sementes como, por exemplo, a de abóboras (CERLETTI et al., 1978; MONTEIRO, 1992).

<sup>1</sup> Aluna de Curso de Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: [karlabpereira@gmail.com](mailto:karlabpereira@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, E-mail: [alex@deag.ufcg.edu.br](mailto:alex@deag.ufcg.edu.br); [rossana@deag.ufcg.edu.br](mailto:rossana@deag.ufcg.edu.br)

A semente de abóbora está sendo aplicada de várias formas na alimentação humana, como aperitivo, óleo ou em forma de farinha. A farinha possui efeito vermífugo e antioxidante, elevado teor de fibra alimentar e representa, também, uma boa fonte protéica (ESUOSO et al., 1998).

A determinação da atividade de água ( $a_w$ ) é uma das medidas mais importantes no processamento e na análise dos materiais biológicos devido à sua importância, no que diz respeito à qualidade e estabilidade. A afinidade existente entre a água e os outros componentes de um produto definem sua higroscopicidade que é muito marcante nos produtos e se torna uma característica fundamental a influenciar os processos de manuseio, estocagem e consumo de materiais biológicos (TEIXEIRA NETO et al., 1993). O estudo da  $a_w$  pode ser feito através de isotermas que descrevem, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio entre uma quantidade de água sorvida pela semente e a umidade relativa, a uma determinada temperatura. O conhecimento das isotermas de sorção é indispensável para a determinação do grau de umidade necessário na estabilidade do produto (FANTINATI, 2004).

As isotermas de sorção são ferramentas muito importantes na caracterização dos alimentos e na previsão do comportamento de um alimento antes, durante e depois do seu processamento; sendo assim, não se deve trabalhar com um alimento sem levantar sua isoterma de sorção (DITCHFIELD, 2000). Essas curvas podem servir como parâmetro indicativo de qual tipo de embalagem é apropriado para melhor conservação de um produto durante o período de estocagem (CORRÊA et al., 2000).

O aumento da atividade de água acima de limites críticos pode ter, como consequência, um rápido crescimento de micro-organismos o que, por sua vez, obriga o uso de preservativos químicos para evitar a deterioração do alimento (LIMA, 2006).

As sementes, por serem higroscópicas, apresentam comportamento diferenciado nas isotermas de sorção. Sementes ricas em óleo apresentam teores de umidade de equilíbrio mais baixos em relação às sementes amiláceas, quando armazenadas em condições ambientais semelhantes, pois absorvem menos água, por serem hidrófobas (BROOKER et al., 1992).

Diante do exposto se objetivou, neste trabalho, a determinação das isotermas de dessorção de umidade de grãos de abóbora *in natura* nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C utilizando-se o método gravimétrico estático e selecionar o modelo que melhor se ajustou às curvas experimentais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

A matéria-prima utilizada foi grãos de abóbora (*Cucurbita moschata* Duchesne) da variedade jacarezinho, provenientes de frutos adquiridos na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA) no município de Campina Grande, PB.

Os grãos foram extraídos manualmente de frutos maduros, submetidos previamente a lavagem e higienização com água e sabão e em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, durante 15 min; após a extração os grãos foram submetidos a uma secagem natural (exposição às condições ambientais do laboratório) pelo tempo de seis horas, para a evaporação da umidade superficial; em seguida, os grãos foram acondicionados em sacos duplos de polietileno de baixa densidade e, posteriormente, armazenados em freezer a -22 °C, até o momento da realização dos experimentos; por fim os grãos de abóbora foram descongelados até atingir a temperatura ambiente.

Determinaram-se as isotermas de dessorção de umidade dos grãos *in natura* utilizando-se o método gravimétrico estático; as amostras, em triplicata, foram colocadas em recipientes de vidro herméticos, contendo soluções saturadas de sais (NaOH, CH<sub>3</sub>COOK, MgCl<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaBr, NaCl, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCl e K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) com atividades de água variando entre 0,0758 a 0,9708 (GREENSPAN, 1977).

Os recipientes com as amostras foram colocados em câmaras com temperatura controlada, do tipo B.O.D, a 20, 30 e 40 °C, permanecendo nesses ambientes até que atingissem peso constante, determinando-se, em seguida, as umidades de equilíbrio. A umidade de equilíbrio foi determinada através do método padrão da estufa onde a amostra permanece a 105 °C até peso constante. As umidades de equilíbrio ( $X_e$ ) foram calculadas pela Eq.1.

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (\text{Eq.1})$$

em que:

- $X_e$  - umidade de equilíbrio (% base seca)
- $m_e$  - massa da amostra no equilíbrio (g)
- $m_s$  - massa seca da amostra (g)

Os modelos matemáticos de GAB, Peleg, Oswin e Henderson, apresentados na Tabela 1, foram ajustados às isotermas de dessorção de umidade dos grãos de abóbora utilizando-se o programa STATISTICA 5.0, por meio de análises de regressões não-lineares, estimadas pelo método Quase-Newton. Utilizaram-se para determinar o melhor ajuste de cada equação aos dados experimentais, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação (2).

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados no ajuste das isotermas de dessorção de umidade

Modelo	Equação	Referência
GAB	$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$	VAN DER BERG (1984)
Peleg	$X_e = k_1 (a_w^{n_1}) + k_2 (a_w^{n_2})$	PELEG (1993)
Oswin	$X_e = a \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b$	LOMAURO et al. (1985)
Henderson	$1 - a_w = \exp \left[ a \cdot T_{abs} \left( X_e^b \right) \right]$	PALIPANE & DRISCOLL (1992)

em que:  $X_e$  – umidade de equilíbrio (% b.s.);  $X_m$  – umidade na monocamada molecular (% b.s.);  $a_w$  – atividade de água;  $T_{abs}$  – Temperatura absoluta; K, C, a, b,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  – parâmetros dos modelos

$$P = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{X_{eexp} - X_{eteo}}{X_{eexp}} \right| \quad (\text{Eq. 2})$$

em que:

P - desvio percentual médio

$X_{eexp}$  – umidade de equilíbrio experimental

$X_{eteo}$  – umidade de equilíbrio teórica

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 se tem os valores experimentais das umidades de equilíbrio ( $X_e$ ) dos grãos de abóbora *in natura* para cada atividade de água ( $a_w$ ) correspondente, determinados a 20, 30 e 40 °C. Nota-se que a umidade de equilíbrio dos grãos de abóbora diminui com a redução da atividade de água para todas as temperaturas estudadas, demonstrando a capacidade de perda de água das amostras. Observa-se tendência de redução da umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura. RESENDE et. al (2006) também constataram o mesmo comportamento para as isotermas de grãos de feijão.

Tabela 2. Valores médios da umidade de equilíbrio ( $X_e$ ) dos grãos de abóbora *in natura* em função da atividade de água ( $a_w$ ) nas diferentes temperaturas

Temperatura = 20 °C		Temperatura = 30 °C		Temperatura = 40 °C	
$a_w$	$X_e$ (% b.s.)	$a_w$	$X_e$ (% b.s.)	$a_w$	$X_e$ (% b.s.)
0,0891	4,82	0,0758	3,81	0,0626	3,20
0,2311	6,23	0,2161	5,47	0,2040	3,98
0,3307	6,44	0,3244	5,89	0,3160	5,31
0,4316	8,33	0,4317	6,20	0,4320	5,82
0,5380	9,48	0,5140	6,48	0,4842	6,39
0,6021	10,95	0,5603	10,07	0,5317	9,12
0,6990	13,43	0,6789	11,29	0,7468	11,18
0,7547	13,57	0,7509	14,26	0,7991	13,72
0,8134	17,37	0,8063	15,33	0,8232	14,61
0,8511	20,14	0,8362	15,98	0,9589	15,52

Na Tabela 3 se encontram os parâmetros dos modelos de GAB, Peleg, Oswin e Henderson ajustados às isotermas de dessorção de umidade, a 20, 30 e 40 °C, dos grãos de abóbora *in natura*.

Tabela 3. Parâmetros dos modelos de GAB, Peleg, Oswin e Henderson ajustados às isotermas de dessecção dos grãos de abóbora *in natura*

Modelo	Parâmetro	Temperatura (°C)		
		20	30	40
GAB	X <sub>m</sub>	5,0339	4,6188	8,5843
	C	96,2102	41,8818	4,7143
	K	0,8765	0,8681	0,5768
	R <sup>2</sup>	0,9892	0,9607	0,9419
	P(%)	3,48	7,98	14,10
Peleg	k <sub>1</sub>	22,9190	5,6586	0,9656
	n <sub>1</sub>	5,3144	0,1317	-0,3921
	k <sub>2</sub>	10,609	18,0128	16,168
	n <sub>2</sub>	0,3542	2,8090	1,3428
	R <sup>2</sup>	0,9866	0,9703	0,9703
	P(%)	4,51	7,57	7,90
Oswin	A	9,3370	8,2056	7,8174
	B	0,4156	0,4276	0,2613
	R <sup>2</sup>	0,9852	0,9663	0,8877
	P(%)	6,62	11,11	19,55
Henderson	A	0,1168	0,1676	0,1610
	T	0,1168	0,1676	0,1610
	B	1,7323	1,5035	1,6214
	R <sup>2</sup>	0,9717	0,9412	0,9675
	P(%)	17,92	25,35	22,38

Conforme se vê na Tabela 3, apesar do modelo de GAB ter resultado em ajustes ligeiramente melhores na temperatura de 20 °C, o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, em virtude de apresentar coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) acima de 0,97 e menores desvios percentuais médios (P), abaixo de 10%, para as temperaturas de 30 e 40 °C, resultando em ajuste também satisfatório para a temperatura de 20 °C. FANTINATTI (2004), estudando isotermas de sementes de *Pinus taeda* L. e HENAO et al. (2009), para as isotermas de dessecção de grãos de café Arábica (*Coffea arabica* L.) da cultivar Novo Mundo-Acaiá, também obtiveram o melhor ajuste com o modelo de Peleg. FRANCISCO et al. (2007) obtiveram o melhor ajuste das isotermas de sorção para sementes de feijoeiro, cultivares Tibatã e Una, com os modelos de Oswin e Peleg, respectivamente.

Verifica-se, para o modelo de GAB na temperatura de 40 °C, para o modelo de Oswin nas temperaturas de 30 e 40 °C e para o modelo de Henderson em todas as temperaturas, que o valor do desvio percentual médio foi superior a 10%, devendo ter seu uso evitado para a predição das isotermas de dessecção dos grãos de abóbora *in natura*, nessas temperaturas. CORREA et al. (2005), ao determinarem as isotermas de dessecção de umidade de grãos de trigo, não obtiveram bons ajustes com o modelo de Henderson, que apresentou erros médios relativos superiores a 10%.

Os parâmetros C e K do modelo de GAB, mostraram valores maiores que 2 e entre zero e 1, respectivamente, valores que definem as isotermas como sendo do Tipo II (BLAHOVEC, 2004).

Os valores de X<sub>m</sub> se aproximaram dos obtidos por ALMEIDA et al. (2003), cujos resultados determinados para isotermas de vagens de algaroba foram de 5,88% e 5,2% para as temperaturas de 20 e 30 °C, respectivamente.

Na Figura 1, tem-se a representação gráfica das isotermas de dessecção dos grãos de abóbora *in natura*, nas três temperaturas estudadas, com ajustes pelo modelo de Peleg. Observa-se que a umidade de equilíbrio diminui com o aumento da temperatura, em toda a faixa de atividade de água avaliada.

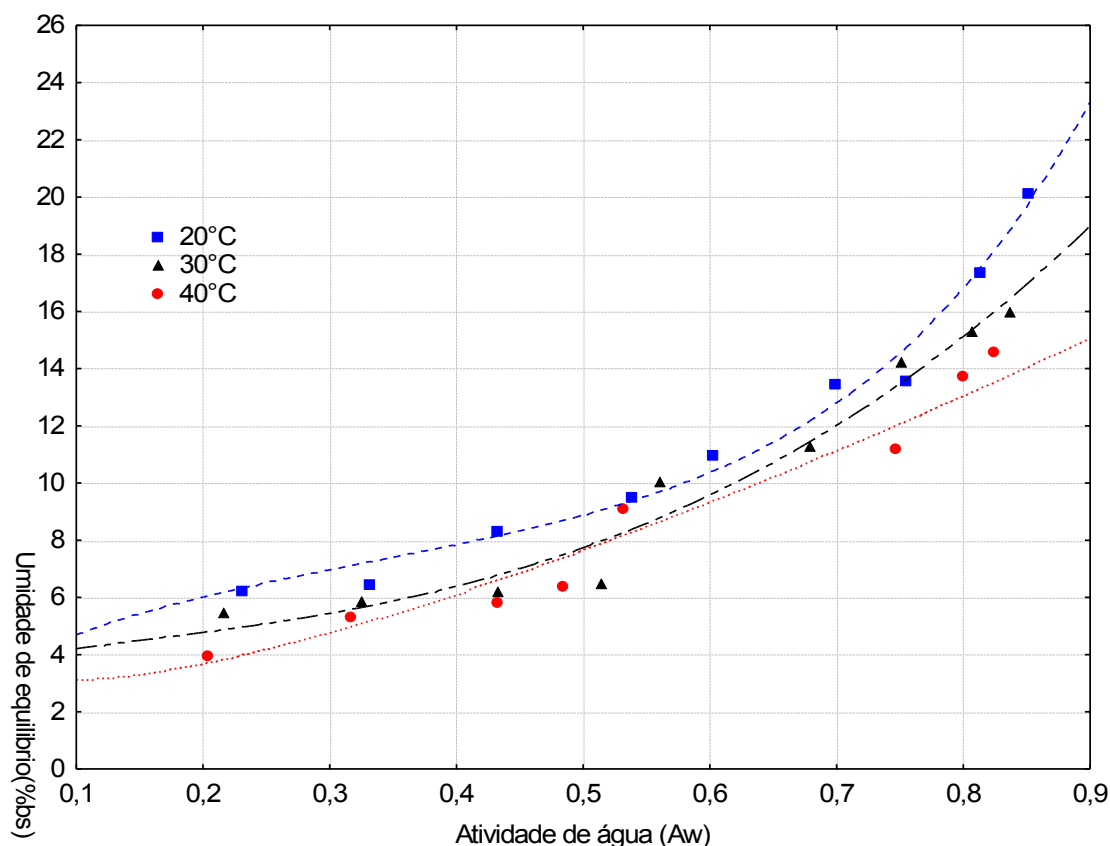


Figura 1. Isothermas de desorção de umidade a 20, 30 e 40 °C, dos grãos de abóbora in natura com ajustes pelo modelo de Peleg

## CONCLUSÕES

O modelo que melhor se ajustou às isothermas de desorção de umidade dos grãos de abóbora nas temperaturas de 30 e 40 °C, foi o de Peleg, e na temperatura de 20 °C, o de GAB. A temperatura influenciou nos valores na umidade de equilíbrio, diminuindo com o aumento da temperatura a uma certa atividade de água.

As isothermas de desorção de umidade dos grãos de abóbora se classificam como sendo do Tipo II.

## AGRADECIMENTOS

A UFCG e ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. de A.C.; SILVA, J.E. da; ARAÚJO, M.E.R.; GOUVEIA, J.P.G. de; ALMEIDA, S.A. Componentes Químicos e Estudo da Umidade de Equilíbrio em Vagens de Algaroba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.5, n.1, p.43-50, 2003.
- 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.
- BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Grain equilibrium moisture content. In: BROOKER, D.B., BAKKERARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**, New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1992, p.67-86.
- CASALI, V. W.D.; SATURNINO, H. M.; PEDROSA, J. F. Botânica e origem das cucurbitáceas. In: EPAMIG. As cucurbitáceas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 22-23, 1982.
- CASAROLI, D.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; MUNIZ, M.F.B.; BAHRY, C.A. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de abóbora. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.13, n.2, p. 97-107. 2006
- CERLETTI, P.; FUMAGALLI, A.; VENTURINI, D. Protein composition of seed of *Pupinus albus*. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p.1409-1414, 1978.
- CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; STRINGHETA, P.C. Estudo do fenômeno de adsorção de água e seleção de modelos matemáticos para representar a higroscopicidade do café solúvel. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.19-25, 2000.

CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; R.O.; RIBEIRO, D.M. Obtenção e modelagem das isotermas de dessorção e do calor isostérico de dessorção para grãos de trigo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.39-48, 2005.

DITCHFIELD, A. D. The comparative phylogeography of Neotropical Mammals: patterns of intraespecific mitochondrial DNA variation among bats contrasted to non-volant small mammals. **Molecular Ecology**, v. 9, n.2, p.1307-1318, 2000.

ESUOSO K.; LUTZ H.; KUTUBUDDIN M.; BAYER E. Chemical composition and potential of some underutilized tropical biomass. I: fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 61, n. 4, p. 487-92. 1998.

FANTINATTI, J. B. **Equações de Viabilidade para Sementes de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Pinus taeda* L.** 2004. 94f. Tese (Doutorado em engenharia agrícola) - Univerdade Estadual de Campinas, Campinas

FRANCISCO, F.G.; USBERTI, R.; TONELI, J.T.C.L. Ajuste de isotermas de sorção de sementes de cultivares de feijoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.35-39, 2007.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal Resources Nat. Bur. of standards**, v.81A, n.1, p.89-96, 1977.

HENAO, J.D., QUEIROZ, M.R. ; HAJ-ISA, N.M.A. Umidade de equilíbrio de café cereja descascado baseada em métodos estático e dinâmico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.470-476, 2009.

LIMA, E.E. **Produção e armazenamento da farinha de facheiro**. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande, 2006, 149p.(Dissertação de Mestrado).

LOMAURO,C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations – Part I: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**,v.18, n.2, p.111-117, 1985.

MONTEIRO, C. A. O mapa da pobreza no Brasil. **Cadernos de Nutrição**, São Paulo, v. 4, p. 1-6, 1992.

PALIPANE, K.B.; DRISCOLL, R.R. Moisture sorption characteristics of in-shell macadamia nuts. **Journal Food Engineering**. v.18, p.63-76, 1992.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering**, Westport, v.16, n.1, p.21-37, 1993.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Isotermas e Calor Isostérico de Sorção do Feijão. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.626-631, 2006.

TEIXEIRA NETO, R.O.; QUAST, D.G. Isotermas de adsorção de umidade em alimentos. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.8, p.141-197, 1993.

VAN DER BERG, C. Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the GAB model of sorption. In: MCKENNA, B. M. (Ed.). **Engineering and Food**. London: Elsevier Applied Science, v.1, p.311-21, 1984.