

ISOTERMAS DE SORÇÃO E PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS DE SEMENTES DE MARACUJÁ DOCE

Autores: Wellytton Darci Quequeto¹; Eder Pedroza Isquierdo²; Valdiney Cambuy Siqueira¹; Petterson Baptista da Luz²; Geraldo Acácio Mabasso¹.

¹Universidade Federal da Grande Dourados; ²Universidade do Estado de Mato Grosso.

Resumo: Objetivou-se com o presente trabalho, determinar as isotermas de sorção de sementes de maracujá doce através da determinação de suas curvas de sorção, selecionar o modelo matemático que melhor descreve o comportamento higroscópico e estimar o calor isostérico integral e a entropia diferencial para as condições estudadas. A higroscopicidade foi determinada pelo método estático gravimétrico, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C e atividades de água entre 0,11 e 0,83 (decimal). Aos dados experimentais, foram ajustados os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da higroscopicidade de produtos agrícolas. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que: o teor de água de equilíbrio higroscópico das sementes de maracujá é diretamente proporcional à atividade de água e decresce com o aumento de temperatura, para um mesmo valor de umidade relativa de equilíbrio; baseando-se em parâmetros estatísticos, o modelo de Chung Pfof é o que melhor representa a higroscopicidade das sementes de maracujá doce quando comparados com os demais modelos testados; com a redução do teor de água ocorre um aumento do calor isostérico integral de adsorção, indicando o aumento da energia necessária para retirar água das sementes; a entropia diferencial aumenta com a redução do teor de água de equilíbrio das sementes de maracujá doce.

Palavras-chave: *Passiflora alata* Curtis; Atividade de água; Modelagem matemática.

MOISTURE SORPTION ISOTHERMS AND THERMODYNAMIC PROPERTIES OF PASSION FRUIT SEEDS

Abstract: The objective was to present the work, to determine sorption isotherms of sweet passion fruit seeds by determining their sorption calories, to select the mathematical model that improved the hygroscopic performance and to estimate the integral isosteric heat and the differential entropy for the studied conditions. Hygroscopicity was determined by the gravimetric static method, at temperatures of 10, 20, 30 and 40 °C and water activities between 0.112 and 0.867 (decimal). To the experimental data, the mathematical models frequently used to represent the hygroscopicity of agricultural products were adjusted. From the obtained results, it was concluded that: the hygroscopic equilibrium water content of the passion fruit seeds is directly proportional to the water activity and decreases with the increase of temperature, for the same equilibrium relative humidity; based on statistical parameters, the Chung Pfof model is the one that best represents the hygroscopicity of sweet passion fruit seeds when compared with the other models tested; with the reduction of the water content an increase of the integral isosteric adsorption heat, indicating the increase of the energy necessary to remove water from the seeds; the differential entropy increases with the reduction of equilibrium water content of sweet passion fruit seeds.

Keywords: *Passiflora alata* Curtis; Water activity; Mathematical modeling.

INTRODUÇÃO

O maracujá pertence à família Passifloraceae com cerca de 18 gêneros e mais de 500 espécies, sendo o gênero *Passiflora* o mais representativo, com aproximadamente 400 espécies, das quais 150 são encontradas no Brasil (Faleiro et al., 2005).

Dentre as espécies mais cultivadas do gênero *passiflora*, está o maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis), uma espécie brasileira, que possui frutos comestíveis de elevada cotação no mercado (Cunha et al., 2002). Seu cultivo se dá também para fins medicinais e ornamentais (Meletti & Maia, 1999).

No que se refere às sementes do maracujá-doce, há relatos de dificuldades de conservação e observações indicativas da existência de vida curta (Meletti & Maia, 1999). O armazenamento de sementes por períodos prolongados e com teores de água elevados é praticamente inviável, pois nessas condições o metabolismo das sementes continua intenso. Além de favorecer o crescimento de microrganismos, que podem causar perdas na qualidade sanitária e fisiológica, o que torna a secagem, outro fator importante na produção de mudas a partir de sementes (Carlesso et al., 2008).

Nesse sentido, o estudo do comportamento higroscópico de sementes, através da análise das isotermas de sorção, torna-se importante na avaliação de mudanças do teor de água sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ambiente e para definir os teores de água adequados de armazenamento (Hall, 1980).

Além disso, através das isotermas de sorção é possível calcular diferentes propriedades termodinâmicas, como o calor isostérico e a entropia. Que auxiliam na compreensão dos processos de secagem e de armazenagem (Silva et al. 2015).

Diante do exposto, o trabalho foi realizado com o objetivo de determinar as isotermas de sorção de sementes de maracujá doce através da determinação de suas curvas de sorção, selecionar o modelo matemático que melhor descreve o comportamento higroscópico dessas sementes e estimar o calor isostérico integral e a entropia diferencial para as condições estudadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes e Plantas Ornamentais do Departamento de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Cáceres. As sementes utilizadas no experimento foram extraídas do maracujá-doce (*Passiflora alata* Curtis), espécie do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), cultivado na área experimental do laboratório de melhoramento da UNEMAT.

Os frutos foram colhidos em estágio de maturação ideal para consumo (coloração amarelada), selecionados observando-se critérios de uniformidade do grau de maturação e integridade física. Em seguida, os frutos foram lavados em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 minutos).

Inicialmente, as sementes de maracujá foram separadas manualmente da polpa, e rapidamente lavados para a máxima retirada de resíduos, de forma a se obter um material composto apenas pelas sementes, e menos suscetível a deterioração. Em seguida, o material foi espalhado em uma peneira, e deixado exposto no ambiente para a eliminação da água superficial. Posteriormente, as sementes foram colocadas em dessecador com sílica gel até atingir o equilíbrio higroscópico.

As características higroscópicas das sementes de maracujá foram avaliadas por meio das curvas de equilíbrio higroscópico para diferentes temperaturas e atividades de água. Para a análise dos resultados foram confeccionadas curvas denominadas de isotermas de sorção que se caracterizam como a relação entre o teor de água da semente e a atividade de água para uma dada temperatura. Como a atividade de água é analisada no momento em que ocorre o equilíbrio higroscópico, para a análise dos dados foi considerado a atividade de água (a_w) como sendo igual a umidade relativa do ar, em decimal (Jayas et al., 1995; Sauer, 1995).

Para obtenção do teor de água de equilíbrio higroscópico utilizaram-se sementes com teor de água inicial de 0,02 (g.g⁻¹ b.s.) e o método estático-gravimétrico. Para cada repetição foram colocados 3 ± 0,2 g de sementes no interior de recipientes herméticos. A fim de permitir a passagem do ar através das sementes, essas foram envolvidas por um tecido permeável. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas por meio de um data logger, Hobo, modelo UX100-023, com sonda inserida no interior dos recipientes.

Visando o controle da umidade relativa no interior dos recipientes herméticos utilizaram-se diferentes soluções salinas saturadas e os recipientes foram colocados em câmara incubadora tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) reguladas para as temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C.

Na Tabela 1 estão apresentadas as soluções salinas saturadas utilizadas no presente trabalho, assim como as umidades relativas do ar que cada uma proporciona em função da temperatura. Foram realizadas 2 repetições para cada combinação de umidade relativa e temperatura.

Tabela 1. Umidades relativas do ar (%) em função das soluções saturadas e temperaturas usadas para determinação do equilíbrio higroscópico

Solução saturada	Temperaturas			
	10°C	20°C	30°C	40°C
Cloreto de lítio	11,29	11,31	11,28	11,21
Cloreto de magnésio	33,47	33,07	32,44	31,60
Nitrato de magnésio	57,36	54,38	51,40	48,42
Iodeto de potássio	72,11	69,90	67,89	66,09
Cloreto de potássio	86,77	85,11	83,62	82,32

Fonte: Greenspan (1977)

Para a determinação do teor de água de equilíbrio higroscópico, as sementes foram pesadas periodicamente (de doze em doze horas) até o momento em que não houve mais variação da sua massa. Neste momento considerou-se que foi atingido o equilíbrio higroscópico entre a massa de sementes e o ambiente. Em seguida, determinou-se o teor de água de equilíbrio das sementes pelo método da estufa à 105 ± 3 °C, durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009).

Para a obtenção das isotermas de equilíbrio higroscópico das sementes de maracujá doce para diferentes atividades de água foram realizadas simulações matemáticas a partir de equações que descrevem o fenômeno de higroscopicidade para produtos biológicos (Tabela 2).

Tabela 2. Modelos utilizados para a verificação do comportamento da isoterma

Modelo	Equação	Eq.
Chung Pfost	$U_e = a - b \ln[-(T + c) \ln(a_w)]$	(1)
Copace	$U_e = \exp[a - (bT) + (ca_w)]$	(2)
GAB Modificado	$U_e = \frac{ab(c/T)a_w}{\{[1 - ba_w][1 - ba_w + b(c/T)a_w]\}}$	(3)
Halsey Modificada	$U_e = [\exp(a - bT) / -\ln(a_w)]^{1/c}$	(4)
Henderson	$U_e = [\ln(1 - a_w) / (-aT_{abs})]^{1/c}$	(5)
Henderson Modificada	$U_e = \{\ln(1 - a_w) / [-a(T + b)]\}^{1/c}$	(6)
Oswin	$U_e = (a - bT) / [(1 - a_w) / a_w]^{1/c}$	(7)
Sabbab	$U_e = a (a_w^b / T^c)$	(8)
Sigma Copace	$U_e = \exp\{a - (bT) + [c \exp(a_w)]\}$	(9)

U_e - teor de água do produto, em b.s.; a_w - atividade de água, decimal; T - temperatura do ar ambiente, °C; T_{abs} - temperatura absoluta do ar ambiente, em K; a , b , c - parâmetros que dependem da natureza do produto.

A estimativa dos parâmetros dos modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais foi realizada por meio da utilização do programa STATISTICA 7.0 com aproximação não linear pelo método Quasi-Newton. Para a análise de representatividade dos dados aos modelos propostos, os dados experimentais foram comparados com os valores estimados por cada modelo, verificando-se a representatividade de cada um. Para isto foram estimados o coeficiente de determinação (R^2), a porcentagem de erro médio relativo (P), e o erro médio estimado (SE), respectivamente com as Equações 10 e 11.

$$P = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (10)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (11)$$

em que,

Y - valor observado experimentalmente; $\hat{Y}$ - valor estimado pelo modelo; GLR - graus de liberdade do modelo; N - número de observações experimentais.

Após a determinação do modelo matemático que melhor representa as isotermas de equilíbrio higroscópico das sementes de maracujá doce, foram determinadas as propriedades termodinâmicas dessas sementes relacionadas à sorção, calor isostérico integral de sorção (Q_{st}), calor isostérico líquido de sorção ou entalpia diferencial (Δh_{st}), entropia diferencial de sorção (ΔS), calculadas pelas Eqs. de 12 a 14.

$$\ln(a_w) = \pm \frac{\Delta h_{st}}{RT} - \frac{\Delta S}{R} \quad (12)$$

$$L = 2502,2 - 2,39 T_m \quad (14)$$

$$Q_{st} = \Delta h_{st} + L \quad (13)$$

em que,

Δh_{st} - calor isostérico líquido de sorção, kJ kg^{-1} ; ΔS - entropia diferencial de sorção, $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$; R - constante universal dos gases, $8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$; T - temperatura absoluta, K; Q_{st} - calor

isostérico integral de sorção, kJ kg^{-1} ; L – calor latente de vaporização da água livre, kJ kg^{-1} ; T_m – Temperatura média usada no experimento, $^{\circ}\text{C}$.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Dentre os modelos matemáticos utilizados nesse experimento para descrever a higroscopicidade de sementes de maracujá doce, os modelos matemáticos GAB Modificado, Halsey Modificado, Henderson, Henderson Modificado e Oswin não apresentaram ajuste satisfatório aos dados experimentais.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros dos modelos que apresentaram ajuste satisfatório aos valores de teor de água de equilíbrio higroscópico das sementes de maracujá doce, obtidos por adsorção, para as diferentes combinações entre temperatura e atividades de água, bem como os respectivos valores dos coeficientes de determinação (R^2), erro médio estimado (SE) e erro médio relativo (P).

Tabela 3. Coeficientes dos modelos ajustados aos teores de água de equilíbrio higroscópico das sementes de maracujá e seus respectivos R^2 , SE, e P

Modelos	Parâmetros			R^2 (decimal)	SE (decimal)	P (%)
	a	b	c			
Chung Pfo	0,2044	0,0342	52,2681	0,9908	0,0135	6,0854
Sabbab	0,1954	0,7680	0,1435	0,9835	0,0180	6,9278
Copace	-3,4073	0,0058	1,6638	0,9841	0,0177	10,4825
Sigma Copace	-4,1482	0,0055	0,9267	0,9727	0,0230	13,9937

Observa-se na Tabela 3, que os modelos de Chung Pfo, Sabbab, Copace e Sigma Copace, de modo geral, apresentaram valores elevados do coeficiente de determinação (R^2), superiores a 0,97. Uma análise conjunta dos dados permite observar que o modelo matemático Chung Pfo, além de apresentar o maior valor de R^2 , apresentou os menores valores de erro médio estimado (SE) e erro médio relativo (P). De acordo com Mohapatra & Rao (2005), modelos que apresentam erro médio relativo inferiores a 10% e menores valores de erro médio estimado são adequados para descrever o fenômeno de sorção de produtos agrícolas. Dessa forma, o modelo de Chung e Pfo foi o escolhido para descrever as características de adsorção de água e para estimar as propriedades termodinâmicas das sementes de maracujá doce.

Na Figura 1 estão apresentados os valores experimentais do teor de água de equilíbrio higroscópico (A) das sementes de maracujá, bem como suas isotermas de adsorção estimadas pelo modelo de Chung Pfo e os valores do calor isostérico integral de sorção (B), obtidos por adsorção nas temperaturas de 10, 20, 30, e 40 $^{\circ}\text{C}$ e atividade de água entre 0,11 a 0,83 (decimal).

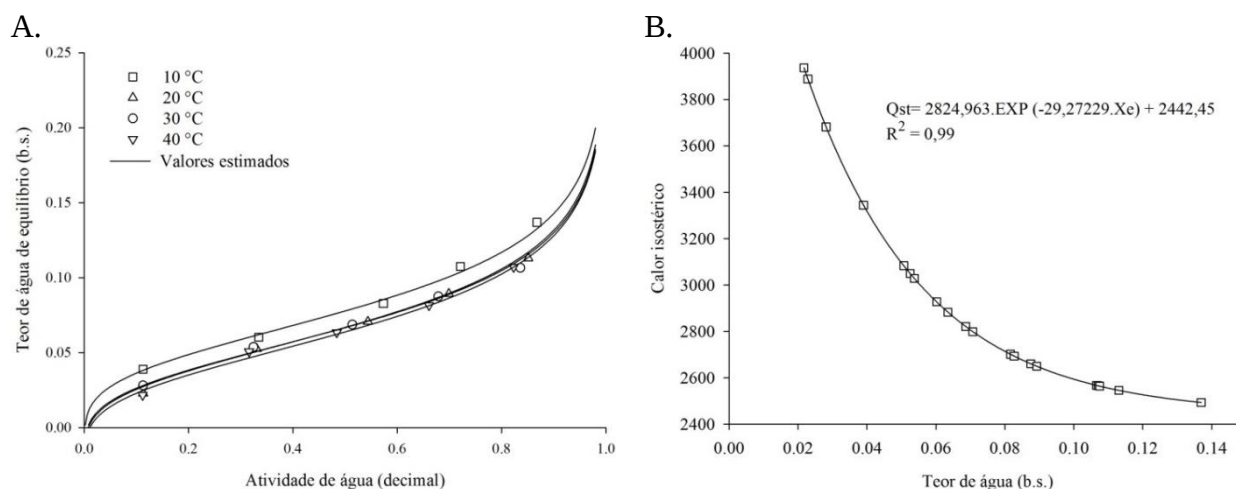


Figura 1. Valores experimentais de teor de água de equilíbrio higroscópico e isotermas estimadas pelo modelo de Chung Pfof (A) e valores experimentais e estimados do calor isostérico integral de adsorção (Q_{st}) (B) para as sementes de maracujá doce.

Observa-se que, para uma temperatura constante, o aumento da atividade de água causa um aumento sensível dos teores de água de equilíbrio. Já, para uma mesma atividade de água, com o aumento da temperatura, nota-se um decréscimo dos teores de água de equilíbrio. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos para a maioria dos produtos agrícolas (Silva et al., 2015; Goneli et al., 2016; Ullmann et al., 2016; Oliveira et al., 2017). A diminuição do teor de água de equilíbrio das sementes de maracujá doce com o aumento da temperatura pode ser explicada pelo fato de que, com o aumento da temperatura ocorre um aumento da pressão de vapor na superfície do produto, que implica em maior perda de água, para que se atinja o equilíbrio (Ferreira & Pena, 2003; Campos et al., 2009).

Nota-se, ainda na Figura 1A, que as isotermas de adsorção das sementes de maracujá doce estimadas pelo modelo de Chung e Pfof possuem formato sigmoidal, características de curvas do tipo II (IUPAC, 1985), característica comum para vários tipos de grãos e sementes, como grãos de arroz em casca (Goneli et al., 2007), sementes de milho doce (Oliveira et al., 2010), semente de pimenta (Silva et al., 2015), sementes de mamona (Goneli et al., 2016).

Considerando-se que a atividade de água de 0,7 é o ponto crítico, onde inicia-se o desenvolvimento de fungos do gênero *Aspergillus*, principais fungos causadores de deterioração em grãos e sementes (Labuza & Altunakar, 2008), o teor de água máximo recomendado para o armazenamento seguro de sementes de maracujá doce é 9,8; 9,3; 8,9; e 8,5% (bs), para as temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, respectivamente.

Na Figura 1B estão apresentados os valores que foram encontrados somando-se o calor isotérico líquido de sorção ao calor latente de vaporização da água pura de 2442,45 kJ kg⁻¹, calculado para a temperatura de 25 °C, que corresponde a temperatura média utilizada nesse trabalho.

Observa-se, na Figura 1B, que os valores de calor isostérico integral de adsorção, para sementes de maracujá doce com teores de água na faixa entre 2,17% e 13,69% (bs), variaram de 3937,11 a 2493,77 kJ kg⁻¹ e que, esses valores aumentam exponencialmente com o decréscimo do teor de água das sementes. Esse aumento do calor isostérico de adsorção para os menores teores de água indica o aumento da quantidade de energia liberada durante a adsorção

de água no interior das sementes (Goneli et al., 2016). A variação do calor isostérico integral pode ser explicada pelas diferenças entre as forças de ligação entre a água e os componentes das sementes.

O calor isostérico de sorção apresenta magnitude crescente à medida que o teor de água da semente diminui. Quando as sementes possuem apenas água adsorvida na monocamada, onde as moléculas de água são adsorvidas por grupos hidrofílicos e polares, o calor isostérico é elevado. Conforme o teor de água aumenta o calor isostérico diminui gradualmente, nessa fase, encontra-se a transição da água fortemente ligada para a água capilar e a água se liga aos componentes das sementes com menos força do que na monocamada (Labuza & Altunakar, 2007).

Os resultados obtidos para a entropia diferencial de adsorção para sementes de maracujá doce estão apresentados na Figura 2.

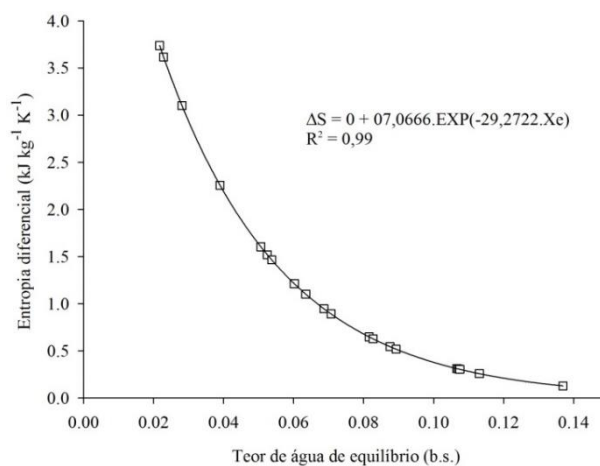


Figura 2. Valores experimentais e estimados da entropia diferencial das sementes de maracujá doce em função do teor de água de equilíbrio

Observa-se na Figura 2 que a entropia diferencial é altamente dependente do teor de água das sementes, sendo que, com o aumento no teor de água, ocorre um decréscimo exponencial dos valores da entropia diferencial, semelhante ao comportamento exibido para o calor isostérico integral.

Este comportamento está relacionado à mobilidade das moléculas de água presentes durante o processo de sorção. A entropia diferencial de sorção é dependente do número de sítios de sorção disponíveis em um nível específico de energia e os valores correspondentes podem ser calculados em diferentes teores de água (Silva et al., 2015). Com o aumento do teor de água das sementes, ocorre a diminuição dos locais disponíveis para as ligações entre as moléculas de água e a superfície do produto, implicando em menor demanda de mobilidade das moléculas de água e consequentemente menores valores de entropia diferencial (Goneli et al. 2010).

CONCLUSÕES

O teor de água de equilíbrio higroscópico das sementes de maracujá é diretamente proporcional à atividade de água e decresce com o aumento de temperatura, para um mesmo valor de umidade relativa de equilíbrio.

Baseando-se em parâmetros estatísticos, o modelo de Chung Pfost é o que melhor representa a higroscopicidade das sementes de maracujá doce quando comparados com os demais modelos testados.

Com a redução do teor de água ocorre um aumento do calor isostérico integral de adsorção, indicando o aumento da energia necessária para retirar água das sementes.

A entropia diferencial aumenta com a redução do teor de água de equilíbrio das sementes de maracujá doce.

LITERATURA CITADA

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

Campos, A. N. R.; Silva F. L. H.; Gomes, J. P.; Oliveira, L. S. C.; Oliveira, M. M. Isotermas de adsorção e calor isostérico da palma forrageira enriquecida proteicamente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 734–740, 2009.

Carlesso, V. O. Berbert, P. A.; Silva, R. F.; Detmann, E. Secagem e armazenamento de sementes de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 30, nº 2, p.065-074, 2008.

Cunha, M.A.P. da; Barbosa, L.V.; Junqueira, N.T.V. Aspectos Botânicos. In: LIMA, A. de A. Maracujá produção: aspectos técnicos. Embrapa mandioca e Fruticultura Cruz das Almas. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2002. p.15-24 (Frutas do Brasil; 15).

Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Braga, M.F. Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro- Desafios da pesquisa. In: Faleiro, F.G.; Junqueira, N.T.V.; Braga, M.F.(Ed.). Maracujá: germoplasma e melhoramento genético. Planaltina Distrito Federal: Embrapa Cerrados, 2005.

Ferreira, C. D.; Pena, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.2, p.251-255, 2003.

Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Resende, O.; Nogueira, B. L.; Botelho, F. M. Modelagem matemática do equilíbrio higroscópico dos grãos de arroz em casca obtido pelos métodos estático e dinâmico. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v. 32, n.2, p. 152-160, 2007.

Goneli, A. L. D.; Corrêa, P. C.; Oliveira, G. H. H.; Botelho, F. M. Water desorption and thermodynamic properties of okra seeds. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v. 53, n. 1, p. 191-197, 2010.

Goneli, A.L.D.; Corrêa, P. C.; Oliveira, G.H.H.; Resende, O.; Mauad, M. Moisture sorption isotherms of castor beans. Part 1: Mathematical modelling and hysteresis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n.8 p. 751-756, 2016.

Greenspan, L. Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions. Journal of research of the National Bureau of Standards- A. Physics and Chemistry Vol. 81 A, 1977.

Hall, C.W. Drying and storage of agricultural crops. Westport: AVI, 1980. 381p.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity (Recommendations 1984), Pure & Applied Chemistry, v.57, p.603-619, 1985.

Jayas, D.S.; White, N.D.G.; Muir, W.E. Stored-Grain Ecosystems. New York: Marcel Dekker, INC., 1995, 757p.

Labuza, T. P.; Altunakar, B. Water activity prediction and moisture sorption isotherms. In: Water activity in foods: Fundamentals and applications. Blackwell Publishing: Iowa, 2008. p. 109–154.

Labuza, T. P.; Altunakar, B. Water activity prediction and moisture sorption isotherms. Water activity in foods: fundamentals and applications, v.109, p.154, 2007.

Meletti, L.M.M; Maia, M.L. Maracujá: produção e comercialização. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 64 p. (Boletim Técnico, 181).

Mohapatra, D.; Rao, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. Journal of Food Engineering, London, v.66, n.4, p.513-18, 2005.

Oliveira, G. H. H; Corrêa, P. C.; Araújo, E. F.; Valente, D. S. M.; Botelho, F. M. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). International Journal of Food Science and Technology, v.45, p.546-554, 2010.

Oliveira, D.E.C.; Resende, O.; Costa, L.M.; Ferreira Junior, W.N.; Silva, I.O.F. Hygroscopicity of baru fruit (*Dypterix alata* Vogel). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n.4, p. 279-284, 2017.

Sauer, D.B. Storage of Cereal Grains and Their Products. Fourth Edition, Ed. American Association of Cereal, Inc. 1992, p. 615. 1995.

Silva, H.W. da; Costa, L.M.; Resende, O.; Oliveira, D.E.C. de; Soares, R.S.; Vale, L.S.R. Higroscopicidade das sementes de pimenta (*Capsicum chinense* L.). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.8 p.780-784, 2015.

Ullmann, R.; Resende, O.; Oliveira, D.E.C.; Costa, L.M.; Chaves, T.H. Higroscopicidade das sementes de sorgo-sacarino. Engenharia Agrícola, v. 36, n.3, p. 515-524, 2016.