



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá  
Brasil

Johann, Gracielle; Curvelo Pereira, Nehemias; da Motta Lima, Oswaldo Curty; da Silva, Edson Antonio  
Determinação do calor de dessecção para materiais têxteis  
Acta Scientiarum. Technology, vol. 32, núm. 1, 2010, pp. 63-68  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226525012>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Determinação do calor de dessorção para materiais têxteis

Gracielle Johann<sup>1\*</sup>, Nehemias Curvelo Pereira<sup>1</sup>, Oswaldo Curty da Motta Lima<sup>1</sup> e Edson Antonio da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Rua da Faculdade, 645, 85903-000, Toledo, Paraná, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: grajohann@yahoo.com.br

**RESUMO.** O presente trabalho tem como objetivo o cálculo do calor de dessorção da umidade, durante a secagem de materiais têxteis, utilizando o método de Othmer, que correlaciona a pressão de vapor e o calor latente de vaporização. Foram utilizados dados da literatura para as isotermas de dessorção de dois diferentes tipos de materiais têxteis (sarja e meia-malha). Os resultados obtidos apresentaram a quantidade de energia necessária para a dessorção da umidade ligada à fibra dos materiais têxteis durante sua secagem. À medida que a quantidade de umidade livre diminui, a quantidade de energia requerida ao processo de dessorção aumenta. A equação determinada para a obtenção do calor de dessorção, em função da unidade de equilíbrio, apresentou uma correlação de 0,999, para ambos os materiais têxteis, para indicar qualidade nos parâmetros obtidos.

**Palavras-chave:** calor de dessorção, secagem, materiais têxteis.

**ABSTRACT. Determining heat of desorption for textile materials.** The objective of this paper is to calculate the heat of desorption of moisture during the drying of textile materials, using the Othmer method, which correlates steam pressure and the latent heat of vaporization. Data from the literature were used for the desorption isotherms of two different textile material types (denim and cotton-elastane). The results obtained presented the amount of energy required for desorption of moisture linked to the fiber of textile materials during drying. As the amount of free moisture decreases, the amount of energy required for the process of desorption increases. The equation determined to obtain the heat of desorption, as a function of equilibrium moisture, presented a correlation of 0.999 for both textile materials, which indicates quality in the obtained parameters.

**Key words:** heat of desorption, drying, textile materials.

## Introdução

A indústria têxtil é um dos segmentos industriais de maior tradição e importância para o setor produtivo mundial. Ela é responsável por grande parte da economia dos países desenvolvidos, sendo o carro-chefe nos países emergentes. As fibras têxteis podem ser de origem natural, quando são produzidas pela natureza, que as torna aptas ao processamento têxtil, ou de origem não-natural, se são produzidas por processos industriais, quer a partir de polímeros naturais transformados por ação de reagentes químicos (fibras regeneradas ou artificiais), quer por polímeros obtidos por síntese química (fibras sintéticas). Os produtores de fio podem misturar fibras naturais e fibras artificiais curtas para formar fios combinados. Esses fios têm características de cada uma das fibras presentes na composição. Por exemplo, o fio produzido de algodão e poliéster é absorvente, por causa da presença do algodão, e resistente ao enrugamento,

pelo poliéster. Normalmente, é utilizado em artigos para o vestuário e também em artigos de cama.

Nos processos de acabamento, materiais têxteis necessitam de repetidos tratamentos térmicos, e mais de 80% de toda a energia consumida na produção de materiais têxteis deve-se ao processo mais comum e que mais consome energia: a secagem (EFREMOV, 2000). A energia envolvida no processo de secagem é chamada de calor de dessorção e pode ser calculada, em geral, a partir das curvas de equilíbrio higroscópico.

O calor de dessorção fornece indicação do vínculo energético existente entre as moléculas de água e o material ao qual elas se encontram associadas. Esse parâmetro apresenta forte influência sobre as operações de secagem (CHIRIFE; IGLESIAS, 1982), e sua correta determinação é extremamente importante no desenvolvimento de projetos de máquinas e equipamentos, servindo para estimar as necessidades energéticas do processo de secagem.

O valor do calor de dessorção é usualmente calculado pela equação de Clausius-Clapeyron (BECKER; SALLANS, 1956), que relaciona a mudança da atividade de água com a temperatura. Muitos autores assumiram temperatura dependente do calor de dessorção da umidade, uma consideração conveniente que facilita o seu cálculo (AGUERRE et al., 1988). Um método alternativo em sua determinação foi desenvolvido por Othmer (1940), o qual assume que o calor de dessorção e o de condensação têm a mesma dependência com a temperatura; trata-se, portanto, de um método menos restritivo que o de Clausius-Clapeyron (SILVA et al., 2002), apresentando grande vantagem em sua aplicação, quando comparado com os demais. Assim, será utilizado, no presente trabalho, o método desenvolvido por Othmer para a determinação do calor de dessorção da sarja e da meia-malha.

### Material e métodos

Os materiais têxteis, cujo calor de dessorção será determinado, estão no estado *in natura*, denominados comercialmente por sarja e meia-malha (Figura 1). Comercialmente, o ligamento sarja é conhecido como brim ou denim, é o ligamento mais complexo depois do ligamento do tipo tela. A sarja utilizada foi a 3:1 (três fios de urdume à frente e um fio de urdume atrás do fio de trama).

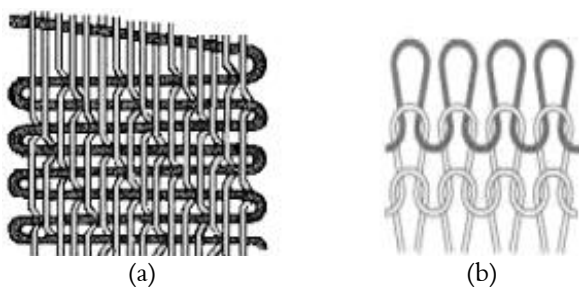


Figura 1. Estruturas básicas da sarja (a) e da meia-malha (b).

O tecido tipo meia-malha, ou malha de urdume, é conhecido popularmente como jérsei. É definido como sendo todos os tecidos produzidos por processos de fabricação nos quais pelo menos um fio de trama é transformado em tecido de malha. A Tabela 1 apresenta as propriedades dos materiais têxteis considerados neste trabalho.

Tabela 1. Propriedades dos materiais têxteis considerados.

Propriedade	Sarja	Meia-malha
Ne	12	24
Espessura (mm)	0,70 ± 0,05	0,60 ± 0,05
Gramatura (g m <sup>-2</sup> )	200	135

O título de um fio, ou fibra, é um indicador de espessura resultante de seu peso e comprimento. Uma das formas de determinar o título de um fio é o uso do *hanks*, que mede 1 libra de fio, ou quantos metros medem 0,59 g desse mesmo fio. O Ne está diretamente ligado com o diâmetro do fio: é maior quanto mais fino é o fio. A Equação 1 indica o cálculo de Ne.

$$Ne = \frac{L \times 0,59}{P} \quad (1)$$

em que:

L é o comprimento (m) e P é a massa da amostra (g).

Foram utilizados dados para as isotermas de dessorção obtidos pelo Grupo de Pesquisas em Processos de Separação e Sistemas Particulados do DEQ/UEM. A isoterma de dessorção que melhor representa o processo de secagem dos materiais analisados é a isoterma da Equação 2, e os valores dos parâmetros da isoterma são relacionados na

$$X_c = \frac{\ln[1 - (UR)^{c_3}]}{c_1 \cdot \exp(-c_2/T)} \quad (2)$$

em que:

X<sub>c</sub> é a umidade de equilíbrio em base seca (kg de umidade kg<sup>-1</sup> material seco);

UR é a umidade relativa (-);

T é a temperatura (K);

c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> e c<sub>3</sub> são constantes.

Tabela 2. Parâmetros da isoterma da Equação 2.

Parâmetro	Valor	
	Sarja	Meia-malha
c <sub>1</sub>	-861,91	-430,41
c <sub>2</sub>	1150,87	936,26
c <sub>3</sub>	0,44	0,49

### Calor de dessorção

O calor de dessorção é definido termodinamicamente como a diferença entre a entalpia da água, na fase de vapor, e a entalpia da água líquida adsorvida no sólido, representando a quantidade de energia necessária para evaporar a água adsorvida na fase sólida do produto.

Existem diversos métodos para se obter o calor de dessorção nos processos de secagem. O método o mais extensamente usado é a aplicação da equação de Clausius-Clapeyron, Equação 3, às isotermas de dessorção (BECKER; SALLANS, 1956).

$$\frac{\Delta H_D}{R} = \left. \frac{\partial \ln P_v}{\partial (1/T)} \right|_{X_c} \quad (3)$$

em que:

$\Delta H_D$  é o calor de dessorção da água ( $\text{kJ kg}^{-1}$ );

$R$  é a constante universal dos gases;

$P_v$  é a pressão de vapor do material têxtil (Pa);

$T$  é a temperatura absoluta (K);

$X_c$  é a umidade de equilíbrio em base seca ( $\text{kg de umidade kg}^{-1}$  material seco).

A equação de Clausius-Clapeyron é aplicável para os casos em que o sistema sólido-água pura apresenta as seguintes condições: calor de vaporização não varia com a temperatura; teor de umidade do sistema permanece constante (AL-MUHTASEB et al., 2002); o vapor comporta-se como gás ideal.

Outro método para estimar o calor de dessorção são as técnicas de calorimetria e da equação de Riedel (RIEDEL, 1977; SANJUAN et al., 1994; SANCHEZ et al., 1997; MULET et al., 1999). Este método é baseado na análise térmica, termo-gravimétrica e na *differential-scanning calorimetry*.

Othmer, citado por Brooker et al. (1992), desenvolveu estudos a partir da equação de Clausius-Clapeyron, com o objetivo de definir uma equação que quantificasse os valores de calor latente de vaporização para cada produto, considerando sua temperatura e seu teor de umidade. A partir de um sistema líquido-vapor em equilíbrio, Othmer propôs a Equação 4, para quantificar a pressão parcial do vapor,  $P_p$ , contida em sistemas porosos:

$$\left( \frac{\partial \ln P_v}{\partial \ln P_p} \right)_{X_c} = \frac{\Delta H_D}{\Delta H_V} \quad (4)$$

em que:

$P_v$  é a pressão de vapor do material têxtil (Pa);

$P_p$  é a pressão de vapor da água (Pa);

$\Delta H_D$  é o calor de dessorção da água ( $\text{kJ kg}^{-1}$ );

$\Delta H_V$  é o calor de vaporização da água pura a dada temperatura ( $\text{kJ kg}^{-1}$ );

$X_c$  é a umidade de equilíbrio em base seca ( $\text{kg de umidade kg}^{-1}$  material seco).

A Equação 4 define a Equação de Othmer e estabelece que, uma vez conhecida a umidade de equilíbrio em diferentes temperaturas e pressões de vapor, a relação entre o calor de vaporização da água pura e o calor de dessorção,  $\Delta H_D / \Delta H_V^{-1}$ , pode ser determinada.

Para a obtenção do calor de dessorção, para cada material têxtil, é aplicada cada temperatura utilizada experimentalmente, na isoterma (Equação 2), para a obtenção da umidade relativa, UR, em cada umidade de equilíbrio,  $X_c$ . A mesma temperatura é utilizada para o cálculo da pressão de vapor (Equação 5).

$$P_v(T) = v_8 \exp \left[ \frac{(((v_5 T + v_4)T + v_3)T + v_2)T + v_1}{(v_6 - v_7 T)T} \right] \quad (5)$$

em que:

$P_v$  é a pressão de vapor do material têxtil (Pa);

$T$  é a temperatura (K);

$v_1$  a  $v_7$  são parâmetros da equação encontrados em Brooker e Hall (1974).

Por fim, calcula-se a pressão de saturação (Equação 6), a partir dos valores de UR e  $P_v$ . Esse procedimento é repetido para as várias umidades de equilíbrio determinadas experimentalmente, uma vez que, segundo o método de Othmer, a razão entre o calor de dessorção e o calor de vaporização ( $\Delta H_D / \Delta H_V$ ), independentemente da temperatura, varia somente com a umidade de equilíbrio.

$$P_p = P_v \times UR \quad (6)$$

em que:

$P_p$  é a pressão de saturação (Pa);

$P_v$  é a pressão de vapor do material têxtil (Pa);

UR é a umidade relativa (-).

## Resultados e discussão

Foi utilizado o método de Othmer para a obtenção do calor de dessorção no processo de secagem dos materiais têxteis. A partir da isoterma de dessorção, Equação 2, e dos valores de seus parâmetros para cada material, Tabela 2, foram obtidos os valores da umidade relativa para cada respectivo valor de umidade de equilíbrio, em cada temperatura utilizada experimentalmente. Os resultados desses cálculos são apresentados nas Tabelas 3 e 4, para a sarja e para a meia-malha, respectivamente.

**Tabela 3.** Valores calculados para a UR(-) a partir da Equação 2, para a sarja.

$X_c$ (bs)	308,15 K	323,15 K	333,15 K	343,15 K	353,15 K
0,12	0,818	0,884	0,916	0,940	0,958
0,11	0,779	0,853	0,890	0,919	0,942
0,10	0,733	0,814	0,857	0,892	0,919
0,05	0,366	0,453	0,510	0,566	0,618
0,01	0,022	0,031	0,038	0,047	0,056

**Tabela 4.** Valores calculados para a UR(-), a partir da Equação 2, para a meia-malha.

X <sub>e</sub> (bs)	308,15 K	323,15 K	333,15 K	343,15 K	353,15 K
0,12	0,836	0,885	0,911	0,931	0,947
0,11	0,800	0,856	0,885	0,910	0,929
0,10	0,758	0,819	0,853	0,881	0,905
0,05	0,407	0,476	0,520	0,563	0,604
0,01	0,032	0,042	0,049	0,057	0,065

Após os cálculos realizados para a obtenção da umidade relativa, são calculados os valores para a pressão de vapor da água em cada temperatura analisada, utilizando a Equação 5. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Valores calculados pra as pressões de vapor, P<sub>v</sub> (Pa), Equação 5.

T(K)	P <sub>v</sub> (Pa)
308,15	5618
323,15	12325
333,15	19905
343,15	31140
353,15	47331

A partir dos resultados das pressões de vapor, Tabela 5, e dos valores das umidades relativas, foram obtidos os valores para a pressão de saturação em ambos os materiais têxteis, Equação 6, conforme apresentado nas Tabelas 6 e 7, para a sarja e para a meia-malha, respectivamente.

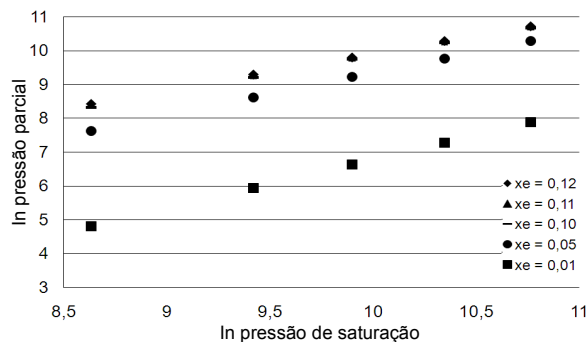
**Tabela 6.** Valores calculados pra a pressão de saturação, P<sub>p</sub> (Pa), a partir da Equação 6, para a sarja.

X <sub>e</sub> (bs)	5618 Pa	12325 Pa	19905 Pa	31140 Pa	47331 Pa
0,12	4595	10891	18225	29268	45335
0,11	4378	10510	17716	28625	44564
0,10	4119	10035	17060	27769	43503
0,05	2057	5586	10159	17614	29249
0,01	123	383	765	1459	2665

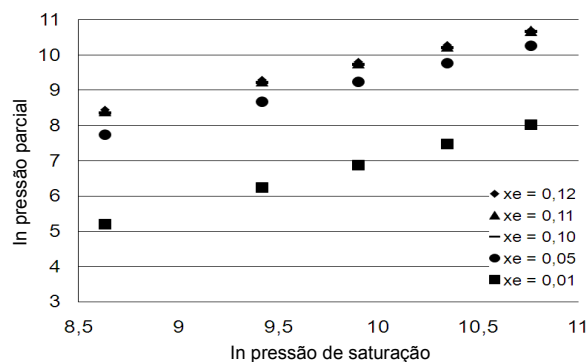
**Tabela 7.** Valores calculados pra a pressão de saturação, P<sub>p</sub> (Pa), a partir da Equação 6, para a meia-malha.

X <sub>e</sub> (bs)	5618 Pa	12325 Pa	19905 Pa	31140 Pa	47331 Pa
0,12	4695	10914	18133	29002	44842
0,11	4496	10551	17625	28325	43975
0,10	4256	10099	16978	27440	42814
0,05	2284	5865	10360	17540	28580
0,01	182	517	976	1766	3075

A equação de Othmer (Equação 4) pode ser integrada em umidade de equilíbrio, X<sub>e</sub>, constante. Dessa forma, para se fazer uso da equação de Othmer, para a determinação do calor de dessorção, é necessário verificar o comportamento dos logaritmos neperianos das pressões calculadas em cada umidade de equilíbrio estudada. As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados das relações entre os logaritmos neperianos das pressões parcial e de vapor, para a sarja (Figura 2) e para a meia-malha (Figura 3).



**Figura 2.** Comportamento dos logaritmos neperianos das pressões parcial e de vapor, obtidos para a sarja. Cada linha representa comportamento em determinada umidade de equilíbrio (bs).



**Figura 3.** Comportamento dos logaritmos neperianos das pressões parcial e de vapor, obtidos para a meia-malha. Cada linha representa comportamento em determinada umidade de equilíbrio (bs).

Consta, nas Figuras 2 e 3, a relação linear entre  $\ln(P_v)$  e  $\ln(P_p)$ , fato que indica que a equação de Othmer é adequada para a determinação do calor de dessorção de ambos os materiais nas condições estudadas.

Os valores dos coeficientes angulares encontrados, para cada um dos cinco valores de umidade de equilíbrio estudados, foram determinados por regressão linear; utilizando a equação de Othmer, chegou-se aos resultados apresentados na Tabela 8. Esses valores foram determinados tanto para a sarja quanto para a meia-malha.

**Tabela 8.** Valores da razão estimada do calor de dessorção do material têxtil pelo calor de vaporização da água,  $\Delta H_p/\Delta H_v$ .

X <sub>e</sub> (bs)	$\Delta H_p/\Delta H_v$	
	Sarja	Meia-malha
0,12	1,0743	1,059
0,11	1,0891	1,0703
0,10	1,1065	1,0834
0,05	1,2462	1,1859
0,01	1,4437	1,3261

Os dados dos coeficientes angulares foram correlacionados conforme a Equação 7, apresentado

uma correlação de 0,999, para ambos os materiais têxteis, evidenciando precisão no uso da equação de Othmer. Os valores dos parâmetros obtidos são apresentados na Tabela 9.

$$\frac{\Delta H_D}{\Delta H_V} = A + B \exp(C \times X_e) \quad (7)$$

em que:

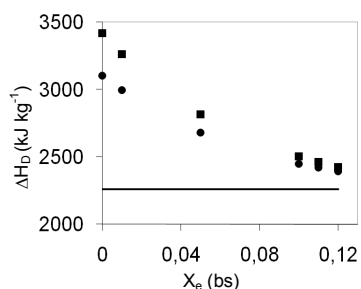
$X_e$  é a umidade de equilíbrio em base seca (kg de umidade  $\text{kg}^{-1}$  material seco);

A, B e C são constantes.

**Tabela 9.** Valores correlacionados, Equação 7, para a sarja e para a meia-malha.

	Sarja	Meia-malha
A	0,959	0,966
B	0,552	0,407
C	-13,137	-12,385

Os valores do calor de dessorção do processo de secagem da sarja e da meia-malha, obtidos pela equação de Othmer em função da umidade de equilíbrio, foram, então, calculados pela Equação 7 e são apresentados na Figura 4. Esta figura apresenta o comportamento do calor de dessorção frente ao de vaporização durante a secagem dos tecidos.



**Figura 4.** Calor de dessorção,  $\Delta H_D$  ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ), em função da umidade de equilíbrio,  $X_e$  (bs). A linha sólida (-) representa o calor de vaporização da água pura, na temperatura de 373,15 K – 2260  $\text{kJ kg}^{-1}$ ; os pontos (■) são os valores calculados para o calor de dessorção da sarja; os pontos (●) são os valores calculados para o calor de dessorção da meia-malha

Na Figura 4, é possível verificar que, com o aumento do conteúdo de umidade, o calor de dessorção aproxima-se do calor de vaporização da água na mesma temperatura, pois quanto mais água está presente no material, mas a energia de ligação entre as moléculas é enfraquecida aproximando-se das moléculas de água em estado líquido. Quando o material apresenta menor conteúdo de umidade, a energia de interação entre as moléculas de água e a primeira camada de sorção do sólido é maior do que a energia que mantém as moléculas unidas nas

sucessivas camadas. Dessa maneira, a quantidade de energia requerida para remover uma unidade de massa de água do material, como é o caso dos materiais têxteis, durante a secagem, aumentará com a redução do conteúdo de umidade a níveis baixos. Observa-se que o calor de dessorção da sarja é maior, no final da secagem, do que o da meia-malha. Essa diferença de energia necessária ao desligamento da água da fibra têxtil se deve à estrutura diferente nos dois tipos de tecido. A sarja apresenta estrutura mais complexa que a meia-malha; assim, a umidade apresenta maior dificuldade em se desligar das fibras.

Considerando que materiais têxteis e papel apresentam comportamento semelhante durante os processos de secagem, optou-se por fazer a comparação entre os resultados obtidos para o calor de dessorção da sarja e da meia-malha, com resultados da literatura apresentados para a celulose. No recente trabalho desenvolvido por Park et al. (2007), o calor de dessorção de fibras de celulose de coníferas foi determinado pelo método de Clausius-Clapeyron. Segundo os autores, para a fibra de celulose, quando o teor de umidade for próximo a zero, o calor de dessorção é igual a 3.500  $\text{kJ kg}^{-1}$ . Nos casos estudados no presente trabalho, o calor de dessorção da sarja é igual a 3.417  $\text{kJ kg}^{-1}$  e a 3.104  $\text{kJ kg}^{-1}$  para a dessorção da umidade na meia-malha, ambos calculados quando a umidade tende a zero. Assim sendo, verifica-se que os valores obtidos para o calor de dessorção, calculados pelo método de Othmer, para a sarja e a meia-malha, apresentaram mesma ordem de valor que os resultados obtidos para a celulose no trabalho de Park et al. (2007). O valor mais próximo obtido foi o de 3.417  $\text{kJ kg}^{-1}$ , correspondente à dessorção na sarja.

## Conclusão

Foi calculado o calor de dessorção da umidade para a sarja e para a meia-malha. O método utilizado foi o proposto por Othmer, no qual é assumido que o calor de dessorção e o de condensação têm a mesma dependência com a temperatura. O nível de correlação para os parâmetros determinados foi de 0,999, para ambos os materiais têxteis analisados (sarja e meia-malha), indicando que os valores obtidos para esses parâmetros estão de acordo. Os resultados obtidos para o calor de dessorção da sarja e da meia-malha foram comparados com valor obtido da literatura para a dessorção de fibras de celulose. Para ambos os materiais, a ordem de grandeza apresentou-se adequada ao valor da literatura. Foi observado que pequenos acréscimos na umidade dos tecidos acarretaram grandes decréscimos nos seus calores de dessorção. Esse fato

pode ser explicado pela existência de maior quantidade de umidade não-ligada, quando os valores de umidade de equilíbrio do material têxtil são maiores. À medida que a umidade diminui, diminui também a quantidade de umidade livre, portanto a energia necessária à sua evaporação aumenta. A quantidade de energia requerida passa a ser necessária não somente para a evaporação simples, mas também para quebrar as ligações água-fibra, pelas forças capilares encontradas na estrutura dos tecidos, e estruturas mais complexas (como a da sarja) requerem mais energia para a dessorção.

### Referências

- AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 80, n. C2, p. 118-128, 2002.
- AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. The temperature dependent of isosteric heat of sorption of some cereal grains. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 141-145, 1988.
- BECKER, H. A.; SALLANS, H. R. A. Study of the desorption isotherms of wheat at 5C and 50C. **Cereal Chemical**, v. 33, p.79-91, 1956.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992.
- BROOKER, D. W.; HALL, C. W. **Drying cereal grains**. Westport: The AVI Publishing Company, 1974.
- CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. **Handbook of food isotherms: water sorption parameters for food and food components**. New York: Academic Press, 1982.
- EFREMOV, G. I. Generalized kinetics of drying of fibre materials. **Fibre Chemistry**, v. 32, n. 6, p. 432-436, 2000.
- MULET, A.; GARCIA-REVERTER, J.; SANJUAN, R.; BOM, J. Sorption isosteric heat determination by thermal analysis and sorption isotherms. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 64-68, 1999.
- OTHMER, D. Correlating vapor pressure and latent heat data. **Industry Engineering Chemistry**, v. 32, n. 6, p. 841-856, 1940.
- PARK, S.; VENDITTI, R. A.; JAMEEL, H.; PAWLAK, J. J. Studies of the heat of vaporization of water associated with cellulose fibers characterized by thermal analysis. **Cellulose**, v. 14, n. 3, p. 195-204, 2007.
- RIEDEL, L. Calorimetric measurements of heats of hydration of foods. **Chemie Microbiologie und Technologie der Lebensmittel**, v. 5, p. 97-101, 1977.
- SANCHEZ, E. S.; SANJUAN, R.; SIMAL, S.; ROSSELLO, C. Calorimetric techniques applied to the determination of isosteric heat of desorption for potato. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 74, n. 1, p. 57-63, 1997.
- SANJUAN, R.; GARCIA-REVERTER, J.; BON, J.; MULET, A. Moisture retention in chufa (*Cyperus esculentus* L.), equilibrium isotherms and isosteric heats. **Revista Espanola de Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 34, n. 6, p. 653-662, 1994.
- SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C. Demanda energética envolvida no processo de dessorção de umidade em polpa de manga. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 107-117, 2002.

Received on May 3, 2008.

Accepted on May 27, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.