

MODELAGEM DA SECAGEM EM CAMADA DELGADA DA FIBRA RESIDUAL DO ABACAXI

TONYE GIL MATOS WAUGHON*
ROSINELSON DA SILVA PENA**

Testou-se a aplicabilidade de dez modelos matemáticos (Newton, Page, Page modificado, Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli, Dois termos, Aproximação da difusão, Verma e Dois termos exponencial) para a predição das curvas de secagem em camada delgada do resíduo fibroso, gerado no beneficiamento do abacaxi. Os ajustes foram aplicados aos dados de secagem obtidos em secador de leito fixo (escala laboratorial) com três diferentes temperaturas (50°C, 60°C e 70°C) e velocidades do ar de secagem (2,0 m/s, 2,5 m/s e 3,0 m/s). Os ajustes ocorreram mediante regressão não-linear com auxílio do aplicativo STATISTICA. Com base nos valores do coeficiente de determinação (r^2), qui-quadrado (χ^2) e na correlação entre os valores observados e preditos, os melhores ajustes foram apresentados pelos modelos Page; Page modificado e Dois termos exponencial, com dois parâmetros; Aproximação da difusão e Verma, com três parâmetros e Midilli, com quatro parâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: SECAGEM; MODELAGEM; ABACAXI; CAMADA DELGADA.

* Professor, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil (e-mail: tonyegil@hotmail.com).

** Professor, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: rspena@ufpa.br).

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* L.), fruta muito apreciada, é extensivamente cultivado na maioria dos países tropicais. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, o Brasil é o maior produtor mundial e respondeu por 13,4% do total anual no período de 2001 a 2006. No mercado nacional, o abacaxi representa 5,2% da produção de frutíferas. O Estado do Pará, maior produtor de acordo com o último censo, representou 20,8% da produção brasileira de abacaxi. Os municípios paraenses de Floresta do Araguaia e Conceição do Araguaia responderam por 9,5% e 8,5%, respectivamente, da produção nacional da fruta em 2006 (IBGE, 2006).

Na elaboração do suco de abacaxi é descartado, além da casca e coroa, parte da polpa potencialmente rica em fibras, a qual pode ser aproveitada na elaboração de novos produtos devido, principalmente, aos diversos benefícios à saúde humana proporcionados pela ingestão de fibras dietéticas (BOTELHO, CONCEIÇÃO e CARVALHO, 2002). As indústrias de alimentos enfrentam o desafio de encontrar formas viáveis de aproveitamento dos seus resíduos para que os mesmos possam ser revertidos em benefícios financeiros.

A secagem, operação unitária, visa a remoção da água de determinado material na forma de vapor para a fase gasosa insaturada, que ocorre mediante mecanismo de vaporização térmica (ou sublimação na liofilização) (FERRUA e BARCELOS, 2003). Trata-se de fenômeno complexo que envolve simultaneamente a transferência de calor e massa, podendo abranger ainda a transferência de quantidade de movimento. Segundo RIBAS et al. (2000) essa é a operação unitária mais empregada na conservação de alimentos. Tem como objetivo reduzir o teor de água do produto, possibilitando o aumento de sua vida-de-prateleira (redução da atividade de água). Além disso, a redução do volume do produto facilita seu transporte e armazenamento (PARK, MORENO e BROD, 2001).

A aplicabilidade de modelos matemáticos na predição de dados experimentais alcança grande importância na prática, pois permite a redução dos exaustivos ensaios de laboratório. Existe considerável número de modelos matemáticos, teóricos, semi-empíricos e empíricos na literatura que podem ser empregados na predição de dados de secagem em camada delgada (AKPINAR, BICER e YILDIZ, 2003; MOHAPATRA e RAO, 2005).

Os modelos semi-empíricos tomam como base a Lei de resfriamento de Newton aplicada à transferência de massa. Admitem condições isotérmicas durante a secagem e que a resistência ao transporte de umidade se concentra totalmente no interior do material, desconsiderando assim os efeitos na camada limite (SYARIEF, MOREY e GUSTAFSON, 1984).

O presente trabalho teve como objetivo testar a aplicabilidade de dez modelos matemáticos semi-empíricos, classicamente utilizados na predição de dados de secagem em camada delgada, para a predição das curvas de secagem do resíduo fibroso gerado no beneficiamento do suco de abacaxi.

2 METODOLOGIA

2.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE SECAGEM

O resíduo fibroso do abacaxi, fornecido pela Indústria SUCASA (Castanhal – PA) foi submetido à secagem, após eliminação de 38% da fração aquosa do produto por prensagem manual e homogeneização. Os ensaios foram realizados com massa de aproximadamente 100 g do resíduo, pesada em bandeja com área de 378 cm², e espalhada para formar camada delgada que permitisse secagem uniforme e preferencialmente por uma única superfície.

Efetou-se a operação de prensagem manual para reduzir a umidade inicial do material. Testes preliminares demonstraram que sua secagem pós-prensagem possibilitou a obtenção de produto com melhor qualidade e menos pastoso que o resíduo não-prensado, além de favorecer a formação e manutenção do leito fixo (WAUGHON, 2006).

Os dados de secagem foram obtidos em secador de leito fixo, com circulação de ar (escala laboratorial), em três diferentes temperaturas (50°C, 60°C e 70°C) e velocidades do ar de secagem (2,0 m/s, 2,5 m/s e 3,0 m/s). As pesagens ocorreram em balança eletrônica e o processo estendeu-se até que não houvesse mais variação significativa na massa da amostra (peso constante). Determinou-se a umidade do produto antes e após a secagem a 105°C por 6 horas (AOAC, 1997).

2.2 MODELAGEM

Para a predição das curvas de secagem da fibra residual do abacaxi foram testados os dez modelos semi-empíricos, apresentados na Tabela 1, classicamente utilizados na secagem em camada delgada.

TABELA 1 – MODELOS AJUSTADOS AOS DADOS DE SECAGEM

Nome do modelo	Equação
Newton	$MR = e^{-k \cdot t}$
Page	$MR = e^{-k \cdot t^n}$
Page modificado	$MR = e^{-(k \cdot t)^n}$
Henderson e Pabis	$MR = a \cdot e^{-k \cdot t}$
Logarítmico	$MR = a \cdot e^{-k \cdot t} + c$
Midilli	$MR = b \cdot t + a \cdot e^{-k \cdot t^n}$
Dois termos	$MR = a \cdot e^{-k_0 \cdot t} + b \cdot e^{-k_1 \cdot t}$
Aproximação da difusão	$MR = a \cdot e^{-k \cdot t} + (1 - a) \cdot e^{-k \cdot b \cdot t}$
Verma	$MR = a \cdot e^{-k \cdot t} + (1 - a) \cdot e^{-g \cdot t}$
Dois termos exponencial	$MR = a \cdot e^{-k \cdot t} + (1 - a) \cdot e^{-k \cdot a \cdot t}$

Fonte: AKPINAR, BICER e YILDIZ (2003).

Realizou-se a análise de regressão com auxílio do aplicativo STATISTICA 5.5. (STATISTICA, 2000), utilizando a metodologia de estimativa de *Quasi-Newton* e o critério de convergência de 0,0001. Os parâmetros e critérios empregados para selecionar os melhores ajustes foram: o coeficiente de determinação (r^2); o valor de qui-quadrado (χ^2), calculado pela Equação 1 e a correlação entre valores observados e preditos.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp} - MR_{pre})^2}{N - n} \quad (1)$$

Em que:

MR_{exp} = valor da relação de umidade determinada por meio dos dados experimentais.

MR_{pre} = valor da relação de umidade predita pelos modelos ajustados.

N = número de observações.

n = número de parâmetros do modelo.

A relação de umidade (MR) foi calculada pela Equação 2:

$$MR = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (2)$$

Em que:

X = umidade em determinado tempo.

X₀ = umidade inicial.

X_e = umidade de equilíbrio (todos em base seca).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de secagem para as diferentes condições de temperatura e velocidade do ar de secagem são apresentados na Tabela 2 e graficamente nas Figuras 1 a 3. Os valores médios dos parâmetros estatísticos obtidos a partir das análises de regressão dos dez modelos matemáticos semi-empíricos são apresentados na Tabela 3.

Os modelos capazes de prever de maneira mais eficiente as curvas de secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi foram identificados com base nos maiores valores do coeficiente de determinação (r²) e menores valores de qui-quadrado (χ²).

TABELA 2 – DADOS DE SECAGEM DA FIBRA RESIDUAL DO ABACAXI

t (min)	Var = 2,0 m/s			Var = 2,5 m/s			Var = 3,0 m/s		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR	MR
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,979	0,972	0,967	0,976	0,963	0,956	0,972	0,966	0,959
4	0,958	0,942	0,930	0,951	0,925	0,908	0,942	0,927	0,907
6	0,935	0,913	0,892	0,926	0,886	0,861	0,909	0,890	0,854
8	0,913	0,883	0,852	0,902	0,849	0,814	0,880	0,851	0,803
10	0,890	0,851	0,815	0,877	0,812	0,769	0,852	0,815	0,755
15	0,837	0,782	0,726	0,819	0,726	0,666	0,784	0,728	0,645
20	0,784	0,713	0,641	0,761	0,645	0,572	0,719	0,645	0,544
25	0,732	0,647	0,562	0,705	0,570	0,487	0,657	0,568	0,457
30	0,682	0,583	0,488	0,651	0,503	0,412	0,598	0,495	0,379
40	0,587	0,468	0,362	0,551	0,386	0,288	0,488	0,367	0,253
50	0,501	0,367	0,259	0,458	0,293	0,194	0,393	0,265	0,162
60	0,422	0,282	0,179	0,376	0,215	0,126	0,312	0,187	0,103
80	0,293	0,150	0,081	0,249	0,113	0,048	0,191	0,083	0,038
100	0,196	0,074	0,030	0,143	0,055	0,017	0,108	0,034	0,014
120	0,128	0,034	0,013	0,086	0,026	0,007	0,061	0,015	0,005
140	0,078	0,016	0,004	0,049	0,012	0,002	0,033	0,007	0,002
160	0,036	0,007	0,003	0,026	0,008	0,001	0,018	0,003	0,001
180	0,026	0,003	0,001	0,015	0,002	0,000	0,009	0,002	0,000
200	0,015	0,002	0,000	0,008	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000
220	0,008	0,001	0,000	0,004	0,000		0,003	0,000	
240	0,003	0,000		0,002			0,002		
260	0,002	0,000		0,001			0,001		
280	0,000			0,000			0,001		
300	0,000			0,000			0,000		
320							0,000		

t = tempo de secagem; Var = velocidades do ar de secagem; MR = relação de umidade.

FIGURA 1 - CURVAS DE SECAGEM COM VELOCIDADE DO AR A 2,0 m/s

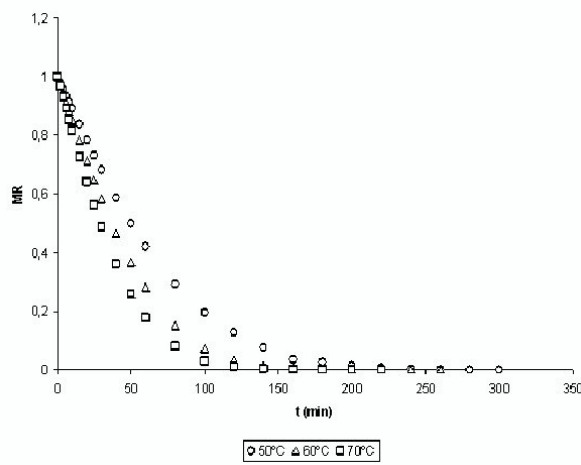


FIGURA 2 - CURVAS DE SECAGEM COM VELOCIDADE DO AR A 2,5 m/s

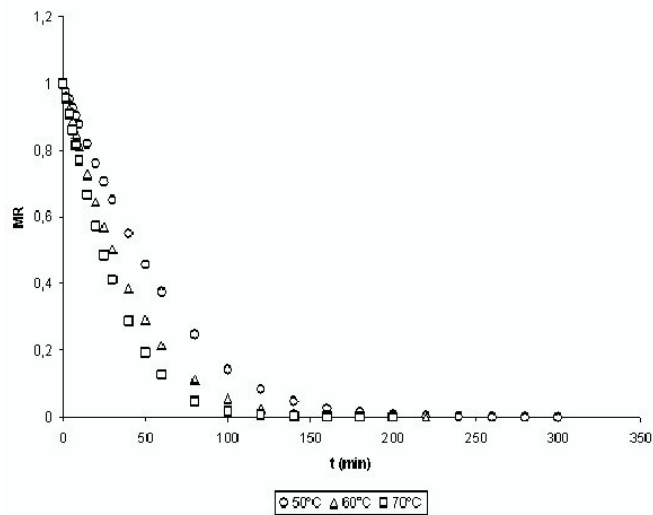


FIGURA 3 - CURVAS DE SECAGEM PARA VELOCIDADE DO AR DE 3,0 m/s

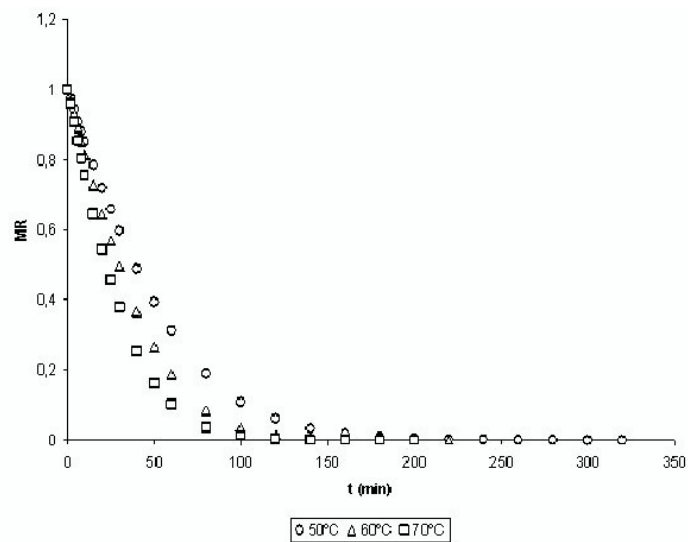


TABELA 3 – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS MÉDIOS DOS AJUSTES MATEMÁTICOS

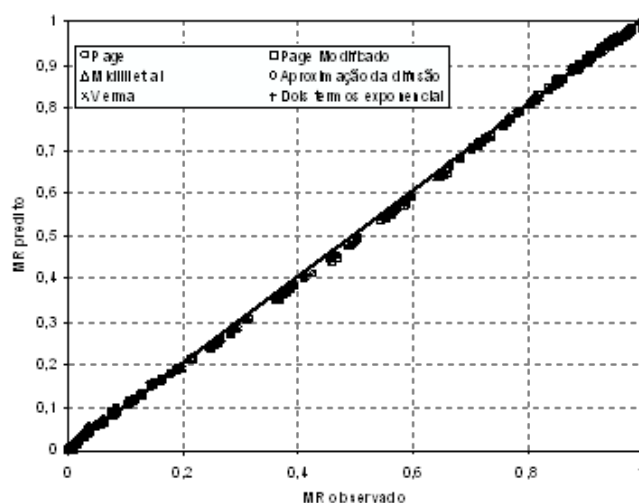
Modelo	r^2	χ^2
Newton	0,9948	0,00057
Page	0,9997	0,00005
Page Modificado	0,9997	0,00005
Handerson e Pabis	0,9966	0,00041
Dois termos	0,9966	0,00045
Logarítmico	0,9977	0,00048
Midilli	0,9998	0,00003
Aproximação da difusão	0,9997	0,00003
Verma	0,9998	0,00003
Dois termos exponencial	0,9997	0,00004

Os ajustes dos modelos de Midilli, Verma, Aproximação da difusão, Dois termos exponencial, Page e Page modificado foram os que apresentaram os maiores valores de r^2 e os menores de χ^2 . O fato dos valores de r^2 serem aproximadamente 1 e os valores de χ^2 tenderem a zero indica, no primeiro momento, que todos esses modelos podem ser utilizados com excelentes precisões na predição dos dados de secagem da fibra residual do abacaxi em camada delgada.

Os seis modelos selecionados apresentaram valores de r^2 e χ^2 aproximadamente iguais, mas merecem destaque os modelos de Page, Page modificado e Dois termos exponencial na predição dos dados de secagem da fibra residual do abacaxi. Esses apresentaram apenas dois parâmetros, sendo facilmente linearizados e ajustados aos dados experimentais.

Na Figura 4 são representadas graficamente as correlações entre os valores de MR, experimentais (MR observado) e preditos (MR predito) a partir dos modelos que apresentaram os melhores ajustes. Foram observadas excelentes concordâncias entre os referidos valores, o que vem reforçar a aplicabilidade dos modelos na predição dos dados de secagem da fibra residual do abacaxi em camada delgada.

FIGURA 4 – CORRELAÇÃO ENTRE VALORES DE MR OBSERVADO E PREDITO PELOS DIFERENTES MODELOS



No Anexo 1 são apresentados os valores das constantes dos dez modelos matemáticos semi-empíricos testados, obtidos a partir das análises de regressão, juntamente com os valores de r^2 e χ^2 para cada uma das nove diferentes condições de secagem.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os parâmetros estatísticos de ajustes os modelos de Page, Page Modificado e Dois termos exponencial, com dois parâmetros, Aproximação da difusão e Verma, com três parâmetros e Midilli, com quatro parâmetros, podem ser utilizados com excelentes precisões na predição dos dados de secagem da fibra residual do abacaxi em camada delgada.

Levando em conta a praticidade, os modelos de Page, Page Modificado e Dois termos exponencial merecem destaque na predição dos dados de secagem da fibra residual do abacaxi por apresentarem apenas dois parâmetros, sendo facilmente linearizados e ajustados matematicamente.

ABSTRACT

THIN LAYER DRYING MODEL OF PINEAPPLE'S FIBROUS RESIDUE

It was tested the applicability of ten different thin layer mathematical drying models (Newton, Page, modified Page, Henderson and Pabis, Logarithmic, Midilli, Two terms, Approximation of diffusion, Verma and Two term exponential) in the prediction of thin layer drying curves, of the fibrous residue generated in the pineapple fruit processing. The drying data were obtained in fix-bed dryer (laboratory scale), in three levels of temperature (50°C, 60°C and 70°C) and velocity of dryer air (2.0 m/s, 2.5 m/s and 3.0 m/s). The correlation analysis was performed using the STATISTICA computer program with non linear regression. In accordance to the determination coefficient (r^2), qui-square (χ^2) and correlation between predict and observed moisture ratio values the best fits were Page, modified Page and Two term exponential models with two parameters; Approximation of diffusion and Verma with three parameters and Midilli with four parameters .

KEY-WORDS: DRYING; MODELLING; PINEAPPLE; THIN LAYER.

REFERÊNCIAS

- 1 AKPINAR, E.K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v.59, p.99-104, 2003.
- 2 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16th ed. 3rd rev. Arlington, 1997.
- 3 BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V.D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi *Smooth cayenne*. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.2, p.362-367, 2002.
- 4 FERRUA, F.Q.; BARCELOS, M.F.P. **Equipamentos e embalagens utilizados em tecnologia de alimentos**. Lavras: UFLA/ FAEPE, 2003. (Apostila)
- 5 IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Produção agrícola municipal 2006**. Disponível em:<www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2008.
- 6 MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.513-518, 2005.
- 7 PARK, K.J.; MORENO, M.K.; BROD, F.P.R. Estudo de secagem de pãra Bartlett. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.288-292, 2001.
- 8 RIBAS, A.I.; CÁNOVAS, G.V.B.; GARZA, S.G.; AÑÓ, V.G. **Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria**. Zaragoza (Espanha): Acribia, 2000. 292 p.
- 9 STATISTICA for Windows 5.5. **Computer program manual**. Tulsa: StatSoft, Inc., 2000.
- 10 SYARIEF, A.M.; MOREY, R.V.; GUSTAFSON, R.J. Thin-layer drying rate of sunflower seed. **Transaction of the ASAE**, v.27, n.1, p.195-200, 1984.
- 11 WAUGHON, T.G.M. **Caracterização e processamento do resíduo fibroso gerado na industrialização do suco de abacaxi**. Belém, 2006. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará.

ANEXO 1 – PARÂMETROS DOS MODELOS SEMI-EMPÍRICOS OBTIDOS A PARTIR DOS AJUSTES AOS DADOS EXPERIMENTAIS DE SECAGEM

Modelo	V_{ar} (m/s)	T (°C)	a	b	k	k₀	k₁	n	r²	χ²
Newton	2,0	50	–	–	0,0149	–	–	–	0,9936	0,00101
		60	–	–	0,0201	–	–	–	0,9930	0,00109
		70	–	–	0,0252	–	–	–	0,9938	0,00094
	2,5	50	–	–	0,0165	–	–	–	0,9915	0,00120
		60	–	–	0,0239	–	–	–	0,9969	0,00045
		70	–	–	0,0301	–	–	–	0,9962	0,00056
	3,0	50	–	–	0,0189	–	–	–	0,9963	0,00057
		60	–	–	0,0249	–	–	–	0,9942	0,00088
		70	–	–	0,0323	–	–	–	0,9959	0,00060
Page	2,0	50	–	–	0,0066	–	–	1,20	0,9996	0,00007
		60	–	–	0,0087	–	–	1,22	0,9994	0,00009
		70	–	–	0,0121	–	–	1,21	0,9997	0,00005
	2,5	50	–	–	0,0072	–	–	1,21	0,9993	0,00011
		60	–	–	0,0147	–	–	1,13	0,9998	0,00003
		70	–	–	0,0179	–	–	1,15	0,9997	0,00004
	3,0	50	–	–	0,0102	–	–	1,16	0,9997	0,00005
		60	–	–	0,0123	–	–	1,20	0,9996	0,00006
		70	–	–	0,0188	–	–	1,17	0,9999	0,00002
Page Modificado	2,0	50	–	–	0,0151	–	–	1,20	0,9996	0,00007
		60	–	–	0,0206	–	–	1,22	0,9994	0,00009
		70	–	–	0,0258	–	–	1,21	0,9997	0,00005
	2,5	50	–	–	0,0168	–	–	1,21	0,9993	0,00011
		60	–	–	0,0243	–	–	1,13	0,9998	0,00003
		70	–	–	0,0306	–	–	1,15	0,9997	0,00004
	3,0	50	–	–	0,0192	–	–	1,16	0,9997	0,00005
		60	–	–	0,0255	–	–	1,20	0,9996	0,00006
		70	–	–	0,0330	–	–	1,17	0,9999	0,00002
Handerson e Pabis	2,0	50	1,04	–	0,0157	–	–	–	0,9956	0,00072
		60	1,04	–	0,0213	–	–	–	0,9951	0,00079
		70	1,04	–	0,0268	–	–	–	0,9961	0,00062
	2,5	50	1,04	–	0,0174	–	–	–	0,9940	0,00088
		60	1,03	–	0,0249	–	–	–	0,9980	0,00031
		70	1,03	–	0,0315	–	–	–	0,9975	0,00038
	3,0	50	1,03	–	0,0198	–	–	–	0,9974	0,00041
		60	1,03	–	0,0263	–	–	–	0,9962	0,00060
		70	1,04	–	0,0341	–	–	–	0,9976	0,00036
Dois termos	2,0	50	0,5187	0,5187	–	0,0156	0,0156	–	0,9956	0,00078
		60	0,5205	0,5205	–	0,0212	0,0213	–	0,9952	0,00087
		70	0,5209	0,5211	–	0,0267	0,0267	–	0,9961	0,00069
	2,5	50	0,5186	0,5191	–	0,0174	0,0174	–	0,9940	0,00100
		60	0,5148	0,5134	–	0,0249	0,0249	–	0,9980	0,00034
		70	0,5164	0,5164	–	0,0316	0,0315	–	0,9975	0,00042
	3,0	50	0,5153	0,5153	–	0,0198	0,0198	–	0,9974	0,00045
		60	0,5180	0,5211	–	0,0263	0,0263	–	0,9962	0,00068
		70	0,5189	0,5189	–	0,0341	0,0341	–	0,9976	0,00041

Continua ...

continuação

Modelo	V _{ar} (m/s)	T (°C)	a	B	C	K	N	G	r ²	χ ²
Logarítmico	2,0	50	1,07	–	-0,0420	0,0141	–	–	0,9977	0,00040
		60	1,07	–	-0,0315	0,0198	–	–	0,9967	0,00056
		70	1,06	–	-0,0259	0,0252	–	–	0,9972	0,00047
	2,5	50	1,06	–	-0,0336	0,0160	–	–	0,9972	0,00048
		60	1,05	–	-0,0224	0,0236	–	–	0,9987	0,00022
		70	1,05	–	-0,0196	0,0301	–	–	0,9982	0,00029
	3,0	50	1,04	–	-0,0190	0,0189	–	–	0,9981	0,00031
		60	1,06	–	-0,0259	0,0248	–	–	0,9973	0,00046
		70	1,05	–	-0,0164	0,0328	–	–	0,9981	0,00030
Midilli et al.	2,0	50	0,9884	-0,00003	–	0,0058	1,22	–	0,9998	0,00004
		60	0,9847	-0,00002	–	0,0073	1,26	–	0,9997	0,00006
		70	0,9884	-0,00005	–	0,0106	1,24	–	0,9998	0,00003
	2,5	50	0,9848	-0,00002	–	0,0060	1,24	–	0,9997	0,00005
		60	0,9921	-0,00002	–	0,0138	1,15	–	0,9998	0,00002
		70	0,9912	-0,00002	–	0,0166	1,18	–	0,9998	0,00003
	3,0	50	0,9870	-0,00001	–	0,0088	1,19	–	0,9998	0,00003
		60	0,9878	-0,00002	–	0,0109	1,23	–	0,9998	0,00004
		70	0,9952	-0,00001	–	0,0180	1,18	–	0,9999	0,00002
Aproximação da difusão	2,0	50	25,19	1,03	–	0,0259	–	–	0,9997	0,00005
		60	29,84	1,02	–	0,0359	–	–	0,9996	0,00007
		70	12,58	1,05	–	0,0440	–	–	0,9998	0,00003
	2,5	50	21,54	1,03	–	0,0288	–	–	0,9997	0,00006
		60	6,62	1,09	–	0,0374	–	–	0,9989	0,00001
		70	28,97	1,02	–	0,0499	–	–	0,9999	0,00002
	3,0	50	2,74	1,30	–	0,0284	–	–	0,9998	0,00003
		60	30,23	1,02	–	0,0436	–	–	0,9998	0,00003
		70	13,68	1,04	–	0,0540	–	–	0,9999	0,00001
Verma	2,0	50	9,53	–	–	0,0253	–	0,0272	0,9997	0,00005
		60	13,07	–	–	0,0354	–	0,0373	0,9996	0,00007
		70	11,40	–	–	0,0439	–	0,0465	0,9998	0,00003
	2,5	50	10,82	–	–	0,0284	–	0,0302	0,9997	0,00006
		60	10,07	–	–	0,0380	–	0,0402	0,9999	0,00001
		70	9,63	–	–	0,0489	–	0,0520	0,9999	0,00002
	3,0	50	9,44	–	–	0,0310	–	0,0330	0,9999	0,00002
		60	14,27	–	–	0,0431	–	0,0451	0,9998	0,00004
		70	13,62	–	–	0,0540	–	0,0564	0,9999	0,00001
Dois termos exponencial	2,0	50	1,75	–	–	0,0211	–	–	0,9996	0,00007
		60	1,76	–	–	0,0290	–	–	0,9994	0,00009
		70	1,75	–	–	0,0362	–	–	0,9997	0,00005
	2,5	50	0,75	–	–	0,0234	–	–	0,9995	0,00008
		60	0,66	–	–	0,0321	–	–	0,9999	0,00002
		70	1,68	–	–	0,0411	–	–	0,9998	0,00003
	3,0	50	1,69	–	–	0,0260	–	–	0,9998	0,00004
		60	0,74	–	–	0,0354	–	–	0,9997	0,00005
		70	1,70	–	–	0,0448	–	–	0,9999	0,00002

AGRADECIMENTO

A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio financeiro indispensável à execução deste trabalho.