

Descrição da cinética de secagem de frutos de banana Prata e D'Água por modelos de regressão não linear

Thaís Destéfani Ribeiro¹

Ricardo Wagner Pacopahyba de Mattos¹

Joel Augusto Muniz¹

Soraia Vilela Borges²

1 Introdução

A banana é um produto altamente perecível, razão pela qual sua comercialização deve ser rápida, racional e feita com uma série de cuidados para que não haja perdas expressivas e o fruto chegue ao seu destino em boas condições. A cultura ocupa o segundo lugar no mundo em área colhida dentre todos os tipos de frutas, superada apenas pela dos cítricos. Segundo Vale (2010), a cultura da banana (*Musa spp.*) ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas e consumidas no Brasil e a terceira posição em área colhida. Este fruto se faz presente dentre as diversas camadas da população. (Barros et. al., 2008)

As perdas do pós colheita são muitas, incluem perdas decorrentes do manuseio do alimento, transporte, machucados do fruto, condições de armazenamento, vida de prateleira, entre outros fatores. Borges et. al. (2011), dizem que a secagem de banana é uma alternativa interessante para se reduzir as perdas do pós-colheita além de aumentar o valor de mercado do produto.

Segundo Silva et. al. (2009), o emprego de modelos matemáticos para a representação do processo de secagem é de fundamental importância, haja vista que as informações geradas são de grande valia para o desenvolvimento de equipamentos e predição dos tempos de secagem. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os modelos, exponencial simples com dois parâmetros e de Lewis, na descrição de secagem por convecção natural de frutos de banana, das cultivares Prata e D'água em diferentes tempos e temperaturas (40 e 70°C).

2 Material e métodos

Foram utilizados os dados referentes à secagem de Bananas das cultivares Prata e D'água por convecção natural, levando-se em consideração a influencia da temperatura, no formato de bananas cortadas em discos, obtidos de Borges et. al. (2011). A metodologia do

¹DEX – UFLA. e-mail: t.destefani.ribeiro@gmail.com

²DCA/UFLA.

experimento para obtenção dos dados utilizados no estudo, baseiam-se em: primeiramente o material cru foi higienizado corretamente, picado em formatos de discos, e então submetido ao processo de secagem natural (em bandejas) e que foi medido em duas temperaturas (40°C e 70°C) e em tempos diferentes, o experimento foi realizado em triplicata.

Aos dados de secagem, obtidos experimentalmente, foram ajustados os modelos de cinética de secagem: Lewis ou exponencial simples e Exponencial simples com dois parâmetros. Descritos por:

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para prever a secagem dos frutos.

Designação do modelo	Modelo
Exponencial simples com dois parâmetros	$RU_t = k_0 \exp(-k_1 t) + k_2 + e_t$; (1)
Lewis	$RU_t = \exp(-k_1 t) + e_t$; (2)

onde, RU é razão de umidade (adimensional) que representa a variável dependente, k_0 corresponde à condição inicial do fruto e deve ser próximo da umidade, k_1 taxa de secagem, \exp refere-se à base do logaritmo neperiano; e_t é o erro experimental com média zero e variância ; t refere-se ao tempo de análise da variável dependente, dado em horas para a medição da umidade no fruto.

Os modelos foram avaliados por meio do software SAS (versão 9.0), utilizando-se o procedimento “proc model” e “proc nlmixed”. Para a escolha do modelo mais adequado utilizaram-se os critérios: coeficiente de determinação (R_{aj}^2), desvio padrão residual (DPR). O teste de Durbin-Watson (DW) usado para verificar a existência de auto correlação residual e para obter o intervalo de estimativa prováveis para os parâmetros o intervalo de confiança (IC) e o Critério de Informação Akaike (AIC) para seleção do modelo mais adequado.

O coeficiente de determinação é representado pela seguinte expressão: $R_{aj}^2 = 1 - \left[\frac{(n-1)(1-R^2)}{n-p} \right]$, (3), em que R^2 o coeficiente de determinação não ajustado, n o número de observações e p a quantidade de parâmetros. O desvio-padrão residual é definido por, $DPR = \sqrt{\frac{QMR}{n-p}}$, (4), onde QMR é uma estimativa da variância residual, n é o número de

observações utilizadas no ajuste do modelo, p é o número de parâmetros. O Teste de Durbin-Watson, o qual indica se há auto-correlação dos dados, é representado pela expressão,

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2}, \quad (5)$$

sendo e_t o resíduo no tempo t e e_{t-1} o resíduo no tempo $t - 1$.

O critério de informação de Akaike representado por, $AIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \frac{2(p+1)}{n}$, (6), onde $\hat{\sigma}^2$ é a estimativa da variância dos resíduos, n o número de observações utilizadas no ajuste do modelo e p é o número de parâmetros..

Os intervalos de confiança (IC) para os parâmetros, representados por LI (Limite inferior) e LS (Limite superior) são dados pela expressão: $IC_{(1-\alpha)} = \lambda \pm t_{(\alpha/2)} \sqrt{(\hat{\sigma}^2/n)}$, (7) sendo λ a média do parâmetro, $t(\alpha/2)$ o valor na tabela de t de student para $\alpha/2$.

3 Resultados e discussão

Para avaliar os modelos, exponencial simples com dois parâmetros e de Lewis, foram utilizados avaliadores de qualidade, presentes nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabela 2. Valores estimados dos avaliadores da qualidade ao ajuste do modelo exponencial simples com dois parâmetros, para diferentes cultivares e temperaturas: número de parâmetros, coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), desvio padrão residual (DPR), teste de Durbin-Watson (DW) e Critério de informação Akaike (AIC).

Avaliadores / Características	Nº de parm's	R_{aj}^2	DPR	DW	AIC
Banana d'água a 40°C	3	99,59	0,0055	1,1363**	-7,4511
Banana d'água a 70°C	3	99,94	0,0025	1,7715**	-8,9814
Banana Prata a 40°C	3	99,28	0,0060	0,9852**	-7,2551
Banana Prata a 70°C	3	99,86	0,0037	1,8287**	-8,2335

O Coeficiente de Determinação, R_{aj}^2 , apresentou-se alto, acima de 98%, e com valores semelhantes para ambos os modelos ajustados, indicando qualidade nos ajustes. O DPR, Desvio Padrão Residual, variou pouco para ambos os cultivares e temperaturas, no entanto para o modelo de Lewis obtiveram-se valores menores, ou seja variando menos da média das estimativas que o modelo exponencial duplo com dois parâmetros.

O teste de Durbin-Watson (DW), para auto-correlação indica a probabilidade e o valor dos desvios (erros) para a regressão terem uma componente de auto-regressão de primeira ordem, os valores estimados de DW foram significativos, indicando auto-correlação logo a necessidade da utilização de uma componente de primeira ordem, para melhorar a qualidade do ajuste dos dados. Com isto o modelo exponencial simples com dois parâmetros apresenta-se com três parâmetros (Tabela 2.), e o modelo de Lewis com dois parâmetros pelo mesmo motivo (Tabela 3.).

Tabela 3. Valores estimados dos avaliadores da qualidade ao ajuste do modelo de Lewis, para diferentes cultivares e temperaturas: número de parâmetros, coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2), desvio padrão residual (DPR), teste de Durbin-Watson (DW) e Critério de informação Akaike (AIC).

Avaliadores / Características	Nº de parm's	R_{aj}^2	DPR	DW	AIC
Banana d'água a 40°C	2	98,58	0,00505	1,0856**	-7,6732
Banana d'água a 70°C	2	99,94	0,00233	1,76663**	-9,2126
Banana Prata a 40°C	2	99,27	0,00557	0,9691**	-7,4681
Banana Prata a 70°C	2	99,86	0,00339	1,8937**	-8,4597

Ao observar os valores estimados para o critério de seleção Akaike, pode-se notar que o modelo com valores menores foi o de Lewis, e que segundo Floriano et. al. (2006) em um estudo de série temporal, afirmam que o critério de seleção AIC permite indicar o modelo mais adequado ao ajuste, sendo o AIC de menor valor o modelo mais correto. Logo o modelo

de Lewis é o indicado como o mais correto na descrição da cinética de secagem dos frutos de banana.

4 Conclusão

O modelo de Lewis apresentou-se como o mais indicado para a descrição da cinética de secagem dos frutos de banana pelos valores de AIC, obteve valores de R_{aj}^2 acima de 98%. Observou-se a necessidade da utilização de um erro auto-regressivo de primeira ordem, pois o DW foi significativo, indicando auto-correlação nos dados.

5 Referências

[1] BARROS, M. A. B., LOPES, G. M. B., WANDERLEY, M. de B. Cadeia Produtiva da Banana: consumo, comercialização e produção no Estado de Pernambuco. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 39, nº 1, jan-mar. 2008.

[2] BORGES, S. V., MANCINI, M. C., CORRÊA, J. L. G., LEITE, J. B.. Drying kinetics of bananas by natural convection: influence of temperature, shape, blanching and cultivar. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 35, n. 2, p. 368-376, mar./abr., 2011.

[3] FLORIANO, E. P. et al. Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura de árvores. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.16, n. 2, p.177-199, 2006.

SAS Institute. **SAS Procedures guide for computers**. 6 ed. Cary, NC, v.3, 373p. 1999.

[4] SILVA, A. S.; MELO, K. DOS S.; ALVES, N. M. C.; GOMES, J. P. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secadores leito fixo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Vol. 9 – N.2, 2º Semestre 2009.

[5] VALE, L. S. R., A cultura da banana. **Fruticultura**. Ministério da Educação, Secretaria da Educação, Profissional e Tecnológica, Instituto Federal Goiano-Ceres, Cap. 7, p. 49-73, 2010.