

Parâmetros de resfriamento rápido do figo (*Ficus carica* L.) cv. Roxo de Valinhos embalado em caixa de exportação

Precooling parameters for figs (*Ficus carica* L.) cv. Roxo de Valinhos packed in carton box for exportation

Parámetros de enfriamiento rápido de higo (*Ficus carica* L.) cv. Roxo de Valinhos embalado en cajas de exportación

Saul Dussán-Sarria^{1*} y Sylvio Luis Honório²

¹Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Valle, Colombia
Tel. (57)(2) 2717000. E-mail: sauldussan@yahoo.com.br y ²Feagri/Unicamp, CP 6011, CEP 13083-875,
Campinas-SP, Brasil, Tel.: (19)37881075. E-mail: honorio@agr.unicamp.br * Autor para correspondencia

RESUMO

O figo é resfriado lentamente em câmaras frias, sem ser feito o resfriamento rápido. O objetivo deste trabalho foi determinar os parâmetros de resfriamento rápido, com ar forçado, do figo embalado em caixa de papelão tipo exportação. As frutas foram colhidas em estágio rami (3/4 de maturidade) e tamanho tipo 8 (oito frutas por caixeta), somando no total 24 frutas por embalagem. A embalagem de papelão refere-se a uma caixa com tampa com dimensões externas: comprimento 37 cm, largura 27 cm e altura 7,5 cm e área de abertura de 10,6 cm². Foram utilizadas 48 embalagens, 24 em cada lado para formar o túnel tipo Californiano. O fluxo de ar correspondeu a 2,8 L.s⁻¹.kg⁻¹, com velocidade média do ar de 5,2 m.s⁻¹. A temperatura inicial das frutas foi de 19°C e a temperatura final de 1°C. No monitoramento da temperatura interna das frutas foram utilizados termopares tipo T (AWG #24) e a evolução da temperatura foi registrada através do sistema de aquisição de dados AQDADOS da Linx. Obteve-se a curva de resfriamento e o modelo analítico exponencial para poder prever os parâmetros de resfriamento. O tempo de resfriamento rápido foi de 100 minutos, o coeficiente de resfriamento 0,0331 min⁻¹, o número de Biot foi de 1,2 e o coeficiente convectivo de transferência de calor de 22,6 W.m⁻².°C.

Palavras-Chave: Frutas, *Ficus carica*, ar forçado.

RESUMEN

El fruto de higo es enfriado lentamente en cámaras frías, sin hacer un preenfriamiento o enfriamiento rápido. El objetivo de este trabajo fue determinar los parámetros de enfriamiento rápido con aire forzado, de higos embalados en cajas de cartón tipo exportación. Las frutas fueron cosechadas en el estadio rami (3/4 de maduración) y tamaño tipo 8 (ocho frutos por caja), sumando un total de 24 frutas por paquete. El paquete de cartón se refiere a una caja con tapa con las siguientes dimensiones externas: longitud 37 cm, ancho 27 cm y altura 7,5 cm y el área de abertura de 10,6 cm². Se utilizaron 48 embalajes, 24 en cada lado para formar el túnel de tipo Californiano. El flujo de aire fue de 2,8 L.s⁻¹.kg⁻¹ de producto, con una velocidad promedio del aire de 5,2 m.s⁻¹. La temperatura inicial de los frutos fue de 19 °C y la temperatura final de 1 °C. La temperatura interna de los frutos fue medida con termocuplas tipo T (AWG #24) y la evaluación de la temperatura se registró a través de un sistema de adquisición de datos AQDADOS de Linx. Se determinó la curva de enfriamiento y un modelo analítico exponencial para predecir el tiempo de enfriamiento. El tiempo de enfriamiento rápido fue de 100 minutos, el coeficiente de enfriamiento fue de 0,0331 min⁻¹, el número de Biot fue de 1,2 y el coeficiente convectivo de transferencia de calor fue de 22,6 W.m⁻².°C.

Palabras clave: Frutos, *Ficus carica*, aire forzado

ABSTRACT

The fig fruit is currently cooled in a cold room, without being made the precooling. The objective of this work was to determine the parameters of forced air precooling fig packed in carton export box. The fruits were harvested at the rami stage (3/4 of maturity) and size type 8 (eight fruits per box), making up a total of 24 fruits per package. The carton package refers to a box with cover with the following external dimensions: length 37 cm, width 27 cm and height 7.5 cm and the opening area of 10.6 cm². There were utilized 48 packages, 24 in each side to form the Californian type tunnel. The air flow was of 2.8 L.s⁻¹.kg⁻¹ of product, with an average air velocity of 5.2 m.s⁻¹. The initial temperature of the fruits was of 19°C and the final temperature of 1°C. The internal temperature of the fruits was measured with thermocouples of T type (AWG #24) and the evolution of the temperature was registered by a Linx acquisition data system (AQDADOS). It was determined the

cooling curve and an exponential analytical model to predict the cooling time. The cooling time was of 100 minutes, the cooling coefficient of 0.0331 min^{-1} , the Biot number of 1.2 and the convective heat transfer coefficient of $22.6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Key words: Fruits, *Ficus carica*, forced air

INTRODUÇÃO

A magnitude das perdas pós-colheita de frutas frescas é estimada em 5 a 25% nos países desenvolvidos e de até 50% nos países em desenvolvimento, cifras que dependem do produto. Em supermercados, feiras livres e quitandas da cidade de São Paulo (Brasil), observaram-se perdas de figos frescos de até 20%. Os principais fatores causadores dessas perdas foram a embalagem, transporte e armazenamento inadequados (IBGE, 2000).

A redução da velocidade de deterioração das frutas, em geral, depende da retirada rápida do calor do produto após a colheita, combinado com o armazenamento refrigerado à temperatura e umidade relativa do ar recomendadas, além do manuseio adequado durante estas etapas (Dincer, 1995a; Dincer, 1995b.). Quanto mais rápido realizar este procedimento, o produto poderá ser conservado por mais tempo em boas condições de comercialização. Um produto, mesmo resfriado rapidamente, só se conservará bem, se o seu conteúdo de calor for mantido até seu consumo final. Quando por alguma razão a “cadeia do frio” é quebrada, diminui-se, conseqüentemente, o período de conservação pela diminuição da qualidade do produto. O figo ‘Roxo de Valinhos’ é um dos produtos hortícolas que tem recebido pouca atenção em relação à sua vida pós-colheita, embora seja muito perecível.

O método de resfriamento rápido com ar forçado, tipo túnel (sistema denominado túnel californiano) consiste em empilhar as embalagens com produtos formando uma estrutura fechada. Assim, os paletes com as embalagens contendo o produto são colocados lado a lado formando um túnel. Uma lona é colocada na parte superior dos paletes formando um túnel e um ventilador-exaustor succiona o ar para dentro do túnel, forçando o ar frio, fora do túnel a passar através do produto embalado. Este ar é, então, direcionado ao evaporador, onde é resfriado novamente e retornado à câmara.

De acordo com Leal y Cortez (1998) o tempo de resfriamento é função das dimensões das caixas, da área de abertura destas, da forma de distribuição das mesmas, das características do produto (temperatura inicial e final, calor específico, forma geométrica) e

das características do ar de resfriamento (temperatura, velocidade, umidade relativa, propriedades térmicas). É importante usar embalagens que tenham no mínimo 5% da área efetiva para a passagem do ar resfriado, e que a quantidade das áreas de abertura e forma estejam corretamente distribuídas para garantir a uniformidade do resfriamento.

As propriedades térmicas, tais como, a condutividade térmica, calor específico e a difusividade térmica das frutas, em fresco, são do ponto de vista da engenharia importantes para o conhecimento das necessidades e condições de operação dos equipamentos de resfriamento.

O processo de resfriamento está ligado estritamente à temperatura e propriedades dos produtos. Desta forma, o efeito das propriedades térmicas tem influência na precisão dos resultados. Por esta razão algumas soluções e equações podem tornar-se limitadas. A falta de valores tabulados das propriedades térmicas do figo ‘Roxo de Valinhos’ tem restringido o emprego de equações, em modelos matemáticos, para o cálculo das propriedades termodinâmicas.

Muito importante também, junto as propriedades dos alimentos, são as propriedades ligadas ao meio de resfriamento, seja ar, água ou outro. Neste sentido destacam-se a condutividade térmica e o calor específico, as quais têm sido determinadas experimentalmente, e das quais existe na literatura uma vasta quantidade de tabelas e gráficos. Por outro lado, propriedades de transporte, tais como o coeficiente convectivo de transferência calor, são também de grande importância no desenvolvimento de cálculos de transferência de calor. Constatou-se a existência de uma ampla faixa de valores do coeficiente convectivo de transferência de calor. Esta situação torna-se um problema quando é necessário escolher um valor para desenvolver cálculos de transferência de calor. Para o valor da difusividade térmica, a literatura apresenta uma faixa de dispersão bem menor (Teruel, 2000).

Para o resfriamento com ar forçado propõe-se que a taxa de ar deva estar entre $0,001$ e $0,006 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ por kg de produto, que corresponde a 1 a 6 L s^{-1} por

kg de produto a ser resfriado (Talbot y Chau, 1991; Fraser, 1991; Teruel, 2000).

O objetivo do presente trabalho foi determinar o tempo de resfriamento experimental, a curva de resfriamento e a equação exponencial de ajuste e, a partir da equação de ajuste encontrar os principais parâmetros de resfriamento rápido do figo: número de Biot, coeficiente convectivo de transferência de calor e coeficiente de resfriamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no laboratório de termodinâmica da Faculdade de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). As frutas da figueira cultivar Roxo de Valinhos, utilizadas, corresponderam ao tipo 8 (8 frutas por caixeta num total de 24 frutas/caixa). As frutas foram adquiridas de produtores da região de Valinhos, Estado de São Paulo (safra 2002), e foram colhidas no estágio rami (3/4 de maturidade).

Foi utilizada a caixa tipo exportação, de papelão, com tampa e as seguintes dimensões externas: comprimento 37 cm, largura 27 cm e altura 7,5 cm. A área de abertura com relação à área lateral no comprimento da embalagem, correspondeu a 10,6 cm² (área efetiva de 3,8 %) formada por quatro orifícios semi-circulares no lado superior do comprimento da caixa. Este tipo de caixa era o mais utilizado pelos exportadores no período dos ensaios. Não existe uma caixa de exportação padrão na comercialização de figo. Os diferentes tipos de caixas (normalmente com diferentes alturas), figuras, cores e informações impressas em cada embalagem dependem das exigências do importador.

Utilizou-se o ventilador centrifugo marca Torin de pás retas para trás o qual promove no interior do túnel uma pressão de ar inferior, do que no resto da câmara, pois funciona como exaustor. Com 742 rpm e a vazão de 3.148 m³/h. Nestas condições a vazão de entrada em cada um dos quatro orifícios foi de 4,56 L. s⁻¹, para uma vazão por embalagem de 9,12 L. s⁻¹ kg⁻¹. A velocidade de entrada nesta condições foi de 17,20 m.s⁻¹.

Para efeito dos cálculos foi considerado o fluxo de ar efetivo que circulava sobre as frutas e não na entrada dos orifícios e correspondeu a 2,8 L.s⁻¹.kg⁻¹, com velocidade média do ar de 5,2 m s⁻¹. Esta velocidade do ar foi medida com auxílio do

termoanemômetro digital de fio quente (TSI, Modelo830-M), o qual possui uma vareta de medição de 30 cm de comprimento, que permite grande flexibilidade. Houve dificuldade técnica para medir a velocidade do ar que passa exactamente sobre as frutas dentro das embalagens, por isso foi necessário colocar uma plataforma de acrílico, substituindo a lona plástica, na qual foram realizados os orifícios necessários para poder inserir o termoanemômetro.

As medições das velocidades do ar foram feitas nas duas fileiras superiores de cada pilha de embalagens, realizando-se duas medições em cada fileira de embalagens, uma medição em cada embalagem (8 medições por cada lado do túnel), das 8 medições de cada lado do túnel foi obtida uma média e das duas médias de cada lado do túnel obtida uma média geral. O posicionamento do anemômetro nos diferentes pontos de medição observam-se na Figura 1 nos itens (c) e (d).

A temperatura inicial das frutas foi de 19°C e a temperatura final de 1°C, temperatura adequada para o armazenamento refrigerado. Para determinar o ponto de medição da temperatura interna das frutas foram cortados longitudinalmente 30 frutas e medidas as distâncias na superfície e no interior da fruta. A profundidade ideal para inserir o termopar foi de 1cm, localizado a aproximadamente a 1cm de distância do pedúnculo de tal forma que não ficasse no centro do figo, onde existe o espaço vazio sem polpa.

Para monitorar a temperatura interna das frutas foram localizados 8 pontos em cada lado do túnel. Para a distribuição dos termopares (tipo T AWG # 24 previamente calibrados) nas fileiras de embalagens a cada lado do túnel, estes foram posicionados em uma diagonal cruzada unindo os dois extremos de cada coluna do túnel (Figura 1 nos itens (a) e (b)). Foram utilizadas 48 embalagens do mesmo tipo contendo no total 96 kg de produto, 24 de cada lado do túnel, ficando na base 2 caixas com a espessura da parede do túnel e 2 no comprimento, resultando em 4 caixas na base, e na altura 6 caixas. Em cada uma das embalagens foram acondicionadas 24 frutas que corresponderam a uma massa média de 2 kg/caixa. A variação da temperatura foi registrada através do sistema de aquisição de dados Aqdados da Linx. Para monitorar a temperatura do interior da câmara foram utilizados 4 termopares tipo T AWG # 24. Para a medição da umidade relativa dentro da câmara fria foram colocados um termohigrógrafo e um psicrômetro e obtido o valor médio.

Com base nos dados experimentais obteve-se as curvas de resfriamento e o ajuste ao modelo exponencial (Dincer, 1995a; Chau, 2001) Foram considerados os valores da condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico do figo publicados por (Dussán Sarria y Honório, 2004), na determinação dos parâmetros de resfriamento envolvidos no fenômeno.

Foram consideradas como repetições cada pilha de embalagens a cada lado do túnel de resfriamento, devido a localização simétrica dos termopares e aplicada estatística descritiva simples. O procedimento de cálculo e as equações utilizadas na determinação dos parâmetros de resfriamento foi o seguinte: o resfriamento rápido de produtos hortícolas apresenta um comportamento exponencial (Mohsenin, 1980; Dincer, 1995a; Goyette *et al.*, 1997; Ashrae, 1998). A curva de resfriamento rápido pode ser descrita pela equação (1), a qual representada em papel semi-logarítmico é linear.

$$\theta = Je^{-at} \quad (1)$$

Onde:

θ corresponde à relação adimensional de

temperaturas, t corresponde ao tempo de resfriamento, J corresponde ao corte da curva com o eixo Y, denominado fator de atraso e, a o termo exponencial que representa a taxa ou coeficiente de resfriamento. A relação adimensional de temperaturas, ou também denominada taxa adimensional de temperaturas, expressa-se da seguinte forma:

$$\theta = (T - T_a)/(T_i - T_a) \quad (2)$$

Onde:

T_i corresponde à temperatura inicial da fruta, T_a a temperatura do meio de resfriamento e T corresponde à temperatura da fruta em qualquer instante do resfriamento rápido.

Uma vez conhecidos os valores do coeficiente de resfriamento (a) da equação (1), expressa em 1/s, o valor da condutividade térmica (k) de 0,52 W/m°C, difusividade térmica (α) do figo de $0,156 \times 10^{-6}$ m²/s e raio da fruta (R) de 0,0285 m (Dussán-Sarria y Honório, 2004), foi calculado o coeficiente convectivo de transferência de calor (h_c) através da equação (3) desenvolvida por Dincer (1995a).

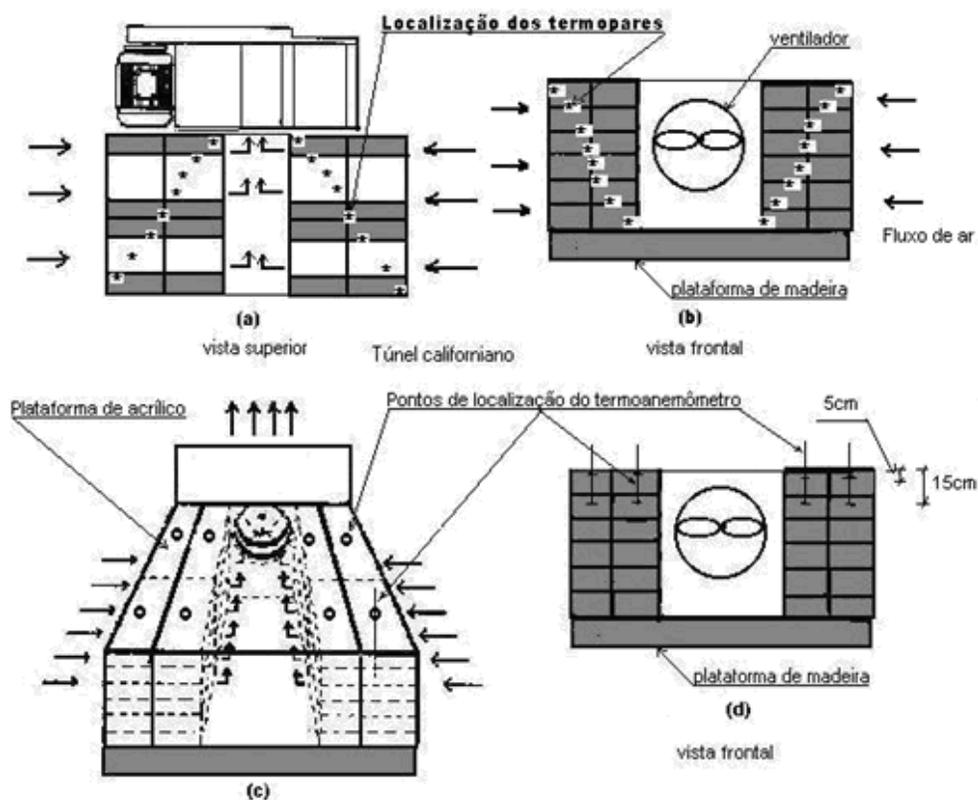


Figura 1. Localização dos termopares (a) e (b) e do termoanemômetro (c) e (d) na pilha de embalagens

$$h_c = (3,2kRa)/(10,3\alpha - aR^2) \quad (3)$$

Através do valor do valor do h_c e utilizando a equação 4, calculou-se o número de Biot (Bi).

$$Bi = \frac{h_c R}{k} \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesar de Ter sido ajustado o termostato da câmara fria a -1°C , existiram variações da temperatura do ar dentro da câmara de resfriamento durante a montagem e início do resfriamento, por isso, para efeito dos cálculos matemáticos e consideração de constantes termodinâmicas, a temperatura do ar de resfriamento foi de 0°C . A umidade relativa média no resfriamento foi de 74%. Valor baixo devido às condições psicrométricas do ar a essa temperatura provocando condensação de água na parte inferior do evaporador.

O perfil de velocidade do ar na pilha de embalagens foi heterogêneo, porém, foi considerada a velocidade média sobre as frutas.

Através do ajuste exponencial dos dados experimentais foi obtida a seguinte expressão:

$$\theta = 0,991e^{-0,0331t} \quad (5)$$

O coeficiente de resfriamento resultou ser igual a $0,0331 \text{ min}^{-1}$.

Na Figura 2 observa-se as curvas de resfriamento experimental e o ajuste exponencial dos dados experimentais com sua respectiva equação de ajuste e coeficiente de determinação. A curva representa a variação da temperatura através do tempo, da média geral (desvio de $0,5^\circ\text{C}$) de todas as 48 embalagens, com base nos cálculos feitos pelo sistema de aquisição de dados. A temperatura do ar de resfriamento dentro das embalagens oscilava entre -1°C e 0°C .

No ajuste exponencial dos valores experimentais de resfriamento encontrou-se valor alto do coeficiente de determinação, aproximadamente 95%, o que significa que o modelo exponencial representa adequadamente o comportamento do resfriamento do figo 'Roxo de Valinhos', e os coeficientes de resfriamento representados pelo termo

exponencial do ajuste podem ser considerados confiáveis. O tempo experimental de resfriamento do figo para ir de 19°C para 1°C , foi de 100 minutos. O critério de tempo utilizado foi o tempo necessário para a fruta atingir a temperatura adequada de armazenamento (1°C).

A curva de resfriamento do figo exibe o comportamento típico identificado por outros autores (Dincer, 1995a; Teruel, 2000; Chau, 2001). A temperatura média do produto durante o resfriamento rápido apresenta uma queda rápida no início do resfriamento devido a retirada considerável de calor e, lenta quando está próxima da temperatura final.

O desenho da caixa tipo exportação não é considerado apropriado para o resfriamento rápido com ar forçado, apresentando orifícios semi-circulares localizados na borda superior do comprimento da caixa, ou seja, o fluxo de ar passa bem acima das frutas, fato que dificulta o resfriamento apropriado destas.

Experimentalmente, a taxa de transferência de calor do figo é função da embalagem, que atua como barreira à passagem do fluxo de ar, as oscilações na velocidade do ar, as oscilações na temperatura e umidade relativa do ar de resfriamento e o calor gerado por outras fontes, impedem a transferência adequada do calor.

Dincer (1995a), Dincer (1995b), Dincer (1995c) e Dincer (1995d), apresentaram resultados dos parâmetros de resfriamento do figo turco. O figo turco apresenta diferentes condições de tamanho (diâmetro $0,047 \text{ m}$), massa individual ($0,058 \text{ kg}$) e conteúdo de água (78%), comparativamente ao figo 'Roxo de Valinhos'. Os resultados foram apresentados para a fruta individual.

Os valores do coeficiente convectivo de transferência de calor foram superiores (para velocidade do ar variando entre $1,1 \text{ m/s}$ até $2,5 \text{ m/s}$ encontrou valores de h_c entre 24 e $33 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$) ao encontrado neste trabalho que foi de $22,6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$. Este valor, teoricamente, deveria ser maior devido a que a velocidade do ar foi de $5,2 \text{ m s}^{-1}$, porém o fluxo de ar não atingiu uniformemente as frutas devido à posição destas dentro da embalagem. Nas montagens experimentais de Dincer, a fruta foi pendurada para permitir a passagem plena de ar ao redor do produto, e no caso do figo 'Roxo de Valinhos' o resfriamento foi realizado nas condições reais de manuseio do

produto. Além disso, o figo 'Roxo de Valinhos' apresenta propriedades físicas diferentes, que incidem nos parâmetros de transferência de calor. Frutas de tamanho e forma diferentes respondem de forma diferente ao resfriamento com ar forçado quando submetidas a temperatura e fluxos de ar semelhantes (Dincer, 1995d). Isto porque o tempo de resfriamento é proporcional ao número de Biot (equação 4) para sistemas de resfriamento com condição convectiva (Teruel, 2000).

O número de Biot representa a relação entre a transferência de calor por convecção (entre o produto e meio de resfriamento) e a transferência de calor por condução (no interior do produto). O número de Biot encontrado foi de 1,2 considerado valor baixo, o que significa que existe pouca resistência interna do produto à transferência de calor e maior resistência externa, fenômeno que normalmente acontece na transferência de calor de frutas e hortaliças (Mohsenin, 1980). Dincer (1995a), encontrou para figo valores do número de Biot similares aos aqui encontrados (1,1 e 1,2).

Os valores dos parâmetros de resfriamento determinados, podem ser utilizados para calcular o

tempo de resfriamento necessário para resfriar o figo em diferentes condições de temperatura inicial e final, mantendo as mesmas condições de ar de resfriamento e montagem das embalagens.

CONCLUSÕES

1. O resfriamento rápido de figo com ar forçado exhibe o comportamento típico exponencial.
2. No resfriamento rápido do figo embalado na caixa tipo exportação, aplicando o fluxo de ar de $2,8 \text{ L s}^{-1} \text{ kg}^{-1}$, o tempo de resfriamento experimental foi de 100 minutos. O valor do número de Biot foi 1,2, o coeficiente de resfriamento $0,0331 \text{ min}^{-1}$ e o coeficiente convectivo de transferência de calor $22,6 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. O desenho da caixa tipo exportação não é apropriado para o resfriamento rápido do figo com ar forçado. É necessário um melhor desenho da embalagem com área de abertura aproximada de 10% para permitir maior eficiência no o resfriamento.

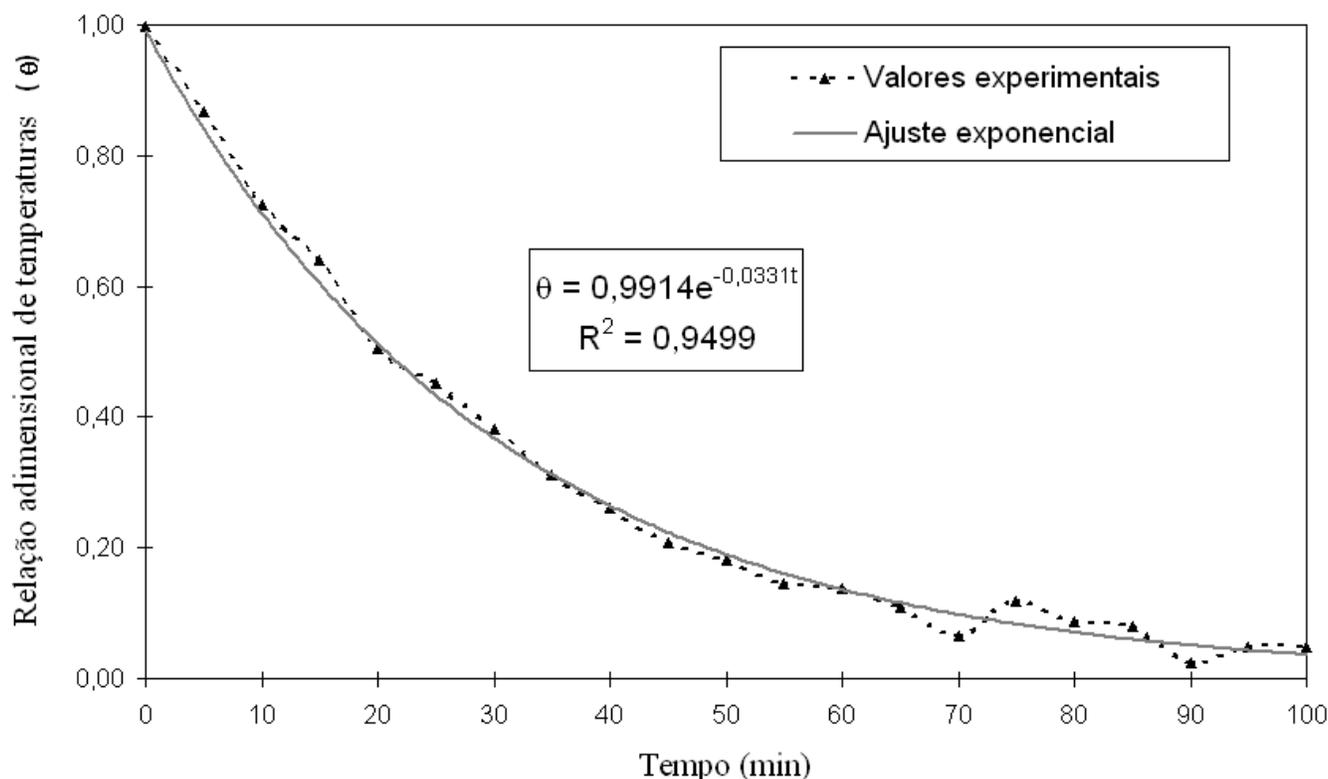


Figura 2. Distribuição de temperatura experimental e ajuste no resfriamento rápido de figo, embalado em caixa tipo exportação ($v = 5,2 \text{ m.s}^{-1}$).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundo de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo) pelo suporte financeiro a este trabalho.

LITERATURA CITADA

- ASHRAE. 1998. Methods of precooling fruits, vegetables and ornamentals. In: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Refrigeration Handbook. Inc. Atlanta, Georgia. Cap. 14. Pág 14.1 - 14.10.
- Chau, K. V. 2001. Mathematical modeling of postharvest processes. Grupo de Tecnologia Pós-Colheita. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas-SP. Apostila.
- Dincer, I. 1995(a). Thermal cooling data for figs exposed to air cooling. International Communications Heat Mass Transfer. 22 (4): 559-566.
- Dincer, I. 1995(b). Transient heat transfer analysis in air cooling of individual spherical products. Journal of Food Engineering. 26: 453-467.
- Dincer, I. 1995(c). Cooling parameters and film conductances of spherical products cooled in an air flow. Applied Energy. 50: 269-280.
- Dincer, I. 1995(d). Simplified solution for temperature distributions of spherical and cylindrical products during rapid aircooling. Energy Conversion Management. 36 (12): 1175-1184.
- Dussán-Sarria, S. e S. L. Honório. 2004. Condutividade e difusividade térmica do figo (*Ficus carica* L.) 'Roxo de Valinhos'. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola. SBEA. v. 24 (1): 185-194.
- Fraser, H. W. 1991. Forced-air cooling of fresh Ontario fruits and vegetables. Toronto, Ontario: Ministry of Agriculture and Food. AGDEX 202-736. 4p.
- Goyette, B.; C. Vigneault.; B. Panneton and G. S. V. Raghavan. 1997. Method to evaluate temperature at the surface of horticultural crops. Canadian Agriculture Engineering. 38 (4): 292-295.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2000. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- Leal P., A. M. e A. B. Cortez L. 1998. Métodos de Pré-Resfriamento de Frutas e Hortaliças. In: II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola (UNICAMP). p. 81-91.
- Mohsenin, N. N. 1980. Thermal properties of foods and agricultural materials. New York: Gordon and Breach. p. 198-224.
- Talbot, M. T. and K. V. Chau. 1991. Precooling strawberries. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Circular 942. 8p.
- Teruel, M. B. 2000. Estudo teórico-experimental do resfriamento de laranja e banana com ar forçado. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP, 300 p. (Tese de Doutorado).