



*Evandro
Barbara*

BARBARA HELIODORA MACHADO MANTOVANI

ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE SECAGEM DE GRÃOS DE
MILHO EM CAMADAS ESPESSAS

*T
12/96*

Tese Apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como Parte das Exi-
gências do Curso de Mestrado em Enge-
nharia Agrícola, para a Obtenção do
Grau de "Magister Scientiae".

ANÁLISE E SIMULAÇÃO DE SECAGEM DE GRÃOS DE
MILHO EM CAMADAS ESPESSAS

por

BARBARA HELIODORA MACHADO MANTOVANI


APROVADA:



Prof. Tetuo Hara - Orientador



Prof. Laede Maffia de Oliveira



Prof. Paulo Mário del Giudice



Prof. Juarez de Sousa e Silva



Prof. Peter John Martyn

A meus pais

A meu marido

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade que me ofereceram para a realização deste trabalho.

Ao Professor Tetuo Hara, pela orientação segura e amiga.

Aos Professores Paulo Mário del Giúdice, Juarez de Sousa e Silva, Laede Maffia de Oliveira, Peter John Martyn, Leacir Nogueira Bastos, Avelino Mantovani e Francisco Machado Filho, pelo apoio, sugestões e boa vontade sempre constantes.

Ao Sr. Geraldo Fernandes Pinto, de saudosa memória, pela ajuda na montagem do experimento.

Aos Srs. Dr. Geraldo Rocha Carvalho, José Raimundo Domingos e Antônio Carlos de Sousa pelos valiosos trabalhos prestados, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

A Rachel de Castro Quintão, pelos excelentes trabalhos datilográficos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

BARBARA HELIODORA MACHADO MANTOVANI, filha de Francisco Machado e Heliadora Ferreira Machado, nasceu em Viçosa, Estado de Minas Gerais, aos 17 dias do mês de janeiro de 1952.

Diplomou-se em 1973 pela Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Viçosa. Em 1974 foi admitida como Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, tendo iniciado, no mesmo ano, seus estudos de Pós-Graduação, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

| | Página |
|--|--------|
| EXTRATO | vii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 3. MATERIAL E MÉTODO | 11 |
| 3.1. Procedimento Experimental | 11 |
| 3.1.1. O Secador Experimental | 11 |
| 3.1.2. Determinação das Condições Iniciais dos Grãos ... | 13 |
| 3.1.3. Determinação da Vazão do Ar | 13 |
| 3.1.4. Coleta de Amostras e Determinação do Teor de Umidade dos Grãos | 13 |
| 3.1.5. Instalação dos Pares Termoeletricos | 15 |
| 3.2. Simulação de Secagem | 16 |
| 3.3. Análise | 18 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 4.1. Condições de Secagem para a Realização dos Testes ... | 19 |
| 4.2. Teores de Umidade dos Grãos nas Diferentes Alturas de Camada em Relação ao Tempo de Secagem | 19 |
| 4.3. Temperaturas do Ar nas Diferentes Alturas de Camada, em Relação ao Tempo de Secagem | 29 |
| 5. RESUMO E CONCLUSÕES | 37 |
| 6. LITERATURA CITADA | 40 |
| APÊNDICE A | 44 |
| APÊNDICE B | 48 |

EXTRATO

MANTOVANI, Barbara Heliadora Machado. M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1976. Análise e simulação de secagem de grãos de milho em camadas espessas. Professor Orientador: Tetuo Hara. Professores Conselheiros: Laede Maffia de Oliveira e Paulo Mário del Giúdice.

A secagem de grãos em silos é uma prática que talvez possa vir a ser utilizada em larga escala no Brasil, a exemplo de outros países.

Freqüentemente, o projeto e a operação de sistemas de secagem de grãos são baseados em experiências de campo e de laboratório. O uso de equações que descrevam o processo de secagem e o relacionamento entre os parâmetros que o afetam permitiriam projetos mais racionais.

Neste trabalho, simulou-se a secagem de milho em silos e fez-se a comparação dos dados com os resultados experimentais obtidos em quatro testes de secagem.

O modelo matemático utilizado descreve, com boa aproximação, o processo de secagem para a faixa de condições em que se realizaram os testes.

Os resultados obtidos possibilitam o uso do modelo na otimização do processo de secagem de grãos em silos, com o objetivo de verificar a viabilidade técnica e econômica de se implantar tal sistema de secagem em diferentes regiões do Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A produção de grãos alimentícios ocupa, tradicionalmente, importante posição na indústria agrícola mundial. As crises de abastecimento dos grandes centros, o crescimento da demanda de alimentos e as condições favoráveis do mercado internacional contribuíram para que o aumento da produção agrícola viesse a se tornar um dos objetivos primordiais da política econômica brasileira.

A existência de uma rede armazenadora bem estruturada não só possibilitaria a formação de estoques reguladores, medida necessária para se contornar as crises de abastecimento, através da distribuição regular dos produtos e conseqüente diminuição das flutuações de preços, como também permitiria a estocagem de excedentes exportáveis para atender à demanda do mercado internacional.

Estima-se que seja necessário um aumento global de 200% na produção de alimentos até o ano 2000, com base em dados de produção agrícola e na hipótese de que o homem aproveite todo o potencial calórico e nutritivo dos produtos colhidos (12). Entretanto, da colheita ao consumo, os produtos agrícolas sofrem a ação dos agentes de deterioração, que podem destruir grande parte da produção. Segundo GIUDICE e HARA (9), é necessário que o homem do campo seja conscientizado do valor de tais perdas e de sua importância para a economia e bem-estar da humanidade. O armazenamento nas fazendas é um imperativo para se completar a

estrutura do armazenamento no País, mas é uma decisão que implica em aceitar a responsabilidade de estocagem adequada e manutenção da qualidade do produto.

A redução do teor de umidade, através da secagem, é uma das mais importantes operações no processamento de grãos, preservando-lhes a qualidade e o valor nutritivo para consumo como alimento e assegurando-lhes a germinação como semente (3, 4, 11, 14).

Freqüentemente, o projeto e a operação de sistemas de secagem de grãos são baseados em experiências de campo e de laboratório. O uso de equações que descrevam o processo de secagem e o relacionamento entre os parâmetros que o afetam permitiriam projetos mais racionais.

Segundo VAN REST e ISAACS (26), o aumento de eficiência na operação da colheita tem estimulado práticas de secamento mais rápidas. Isto conduz à adoção de temperaturas de secagem e vazões de ar mais elevadas e camadas mais espessas de grãos. Estas mudanças trazem consigo a necessidade do desenvolvimento de expressões que melhor descrevam o processo de secagem.

A simulação é um processo de condução de experimentos em um modelo de sistema, em vez de experimentação direta com o próprio sistema. Basicamente, um modelo matemático deve ser de fácil manipulação, representativo na faixa total de aplicações que ele possa ter, e de complexidade suficiente, para que possa representar precisamente o processo em estudo.

O método de secagem menos oneroso, a nível de fazenda, segundo BEATY et alli (4), é o da secagem no próprio silo onde, posteriormente, se guardarão os grãos. Entretanto esse processo é lento em relação a outros e requer habilidade técnica para ser executado. A versatilidade do sistema, aliada ao fato de que ele pode ser ajustado às velocidades de colheita, faz com que a secagem em silos possa ser viável praticamente para qualquer tamanho de propriedade agrícola.

Do exposto, e com o intuito de colaborar no estudo do problema,

foi planejado o presente trabalho, visando, basicamente, aos seguintes pontos:

- Obter informações experimentais sobre as características de secamento de milho debulhado, em camadas espessas.

- Simular a secagem de milho debulhado, em camadas espessas, através do modelo matemático proposto por HUKILL (15).

- Comparar os dados obtidos experimentalmente com os resultados calculados através do modelo matemático.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo PEART (16), embora vários métodos para se determinar a taxa de secagem ou transferência de umidade de produtos agrícolas tenham sido desenvolvidos, nenhum fornece a aplicabilidade geral e a precisão desejadas.

VAN REST e ISAACS (26) postulam que a análise do secamento de grãos em camadas espessas, sob o ponto de vista de engenharia, fundamenta-se nas características de secagem de grãos em camadas finas. Hukill, citado por estes autores, diz que a engenharia de secamento de grãos não estará completa enquanto não forem determinadas fórmulas que descrevam, com exatidão, a taxa de secamento de grãos em camadas finas.

No estudo de secagem de grãos, vários autores (1, 6, 8, 14, 15, 22, 24, 25) desenvolveram modelos matemáticos para simular a secagem de grãos em camadas finas. Os modelos matemáticos para a simulação de secagem e resfriamento de produtos agrícolas desenvolvidos por BAKKER-ARKEMA et alli (1) são baseados nas leis de transferência simultânea de calor e massa e resultam em sistemas de equações diferenciais que são resolvidos numericamente, enquanto os sistemas desenvolvidos por THOMPSON et alli (24) são baseados em balanceamentos algébricos de calor e massa.

Segundo BAKKER-ARKEMA et alli (2), a utilização da simulação de secagem por si só é limitada. Os modelos só terão seu potencial comple

tamente utilizado, quando aplicados na otimização de grandes sistemas, nos quais a secagem de grãos seja uma parte essencial. Os modelos algébricos requerem menos tempo de computação que os modelos envolvendo soluções numéricas, sendo, portanto, especialmente utilizáveis para problemas de otimização.

Segundo HUKILL (15), a relação entre o teor de umidade do grão e o tempo durante os processos de secagem em camadas finas, ou seja, processos onde cada parte da massa de grãos está em contato com o ar nas condições iniciais, é dada pela seguinte equação:

$$\frac{M_e - M_e}{M_o - M_e} = e^{-k \cdot \theta} \quad (1)$$

onde:

M_e - teor de umidade do grão no tempo θ (% base seca)

M_e - equilíbrio higroscópico do grão (% base seca)

M_o - teor de umidade inicial do grão (% base seca)

k - constante de secagem (h^{-1})

θ - tempo de secagem (h)

e - base dos logaritmos neperianos.

No desenvolvimento da teoria, o autor considera que, na faixa de condições geralmente encontrada nas aplicações de secagem de grãos, há uma relação linear entre o equilíbrio higroscópico dos grãos e a umidade relativa do ar. Segundo PEART (16), esta consideração é razoavelmente válida sobre a faixa de teores de umidade dos grãos e umidades relativas do ar comumente encontradas a baixas temperaturas de secagem, não se aplicando quando se eleva a temperatura de secagem.

De acordo com HUKILL (15), a taxa de secagem é proporcional à diferença entre as temperaturas do ar imediatamente acima e abaixo de uma camada fina de espessura Δx , considerando-se desprezíveis as trocas de calor nas paredes do silo e a mudança do calor sensível dos grãos, ou seja:

$$\frac{\Delta M}{\Delta \theta} = P \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (2)$$

$$P = \frac{6000 \cdot Q \cdot S_a}{W \cdot V} \quad (3)$$

onde:

- ΔM - variação do teor de umidade dos grãos na camada fina de es
 p Δx - variação da temperatura do ar através da espessura de cam
 da fina considerada ($^{\circ}\text{C}$)
- $\Delta \theta$ - intervalo de tempo (h)
- Δx - variação da espessura da camada (m)
- S_a - calor específico do ar ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
- Q - fluxo de ar por unidade de área da seção transversal da
 massa de grãos, normal ao fluxo de ar ($\text{kg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
- V - calor latente de vaporização da água contida nos grãos
 ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)
- W - massa específica da matéria seca contida nos grãos
 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

A equação que descreve a mudança resultante na temperatura do ar sobre a camada fina de espessura Δx , segundo HUKILL (15), é dada por:

$$\frac{t_x - t_g}{t_o - t_g} = e^{-c \cdot x} \quad (4)$$

onde:

- t_x - temperatura do ar a uma distância x da entrada do ar ($^{\circ}\text{C}$)
- t_o - temperatura do ar de secagem ($^{\circ}\text{C}$)
- t_g - temperatura do ar na saída da massa de grãos, quando o mes
 mo está em equilíbrio higroscópico com o grão ($^{\circ}\text{C}$)
- c - constante de resfriamento (m^{-1})

x - distância a partir da entrada do ar na massa de grãos (m)

Considerando as equações 1, 2, 3, e 4, o autor deriva expressões para calcular o teor de umidade dos grãos e a temperatura do ar, durante os processos de secagem em camadas espessas, em função do tempo de secagem e da posição do grão na camada.

$$M = (M_o - M_e) \cdot \frac{e^{c \cdot x}}{e^{c \cdot x} + e^{k \cdot \theta} - 1} + M_e \quad (5)$$

$$t = (t_o - t_g) \cdot \frac{e^{k \cdot t}}{e^{c \cdot x} + e^{k \cdot \theta} - 1} + t_g \quad (6)$$

$$c = \frac{k \cdot (M_o - M_e)}{P \cdot (t_o - t_g)} \quad (7)$$

onde:

M - teor de umidade do grão no tempo θ , na altura x (% base seca)

t - temperatura do ar no tempo θ , na altura x ($^{\circ}\text{C}$)

Segundo WHITE et alli (27), espera-se que a umidade relativa do ar tenha pouco ou nenhum efeito sobre a constante de secagem. Entretanto Allen, citado por estes autores, em estudos de secagem de arroz a temperaturas de 65°F a 100°F (18°C a 38°C) e umidades relativas entre 50% e 90%, encontrou que a constante de secagem é influenciada significativamente pela umidade relativa. Em estudos com milho, encontrou-se que o efeito da umidade relativa é insignificante quando comparado com o observado para arroz.

HENDERSON e PABIS (13) observaram que não houve efeito da umidade relativa do ar na constante de secagem, nos seus estudos com milho. Os autores chegaram experimentalmente à equação que descreve a relação

entre a constante de secagem e a temperatura absoluta.

$$k = 1941 \cdot e^{-\frac{5023}{R}} \quad (8)$$

onde:

R - temperatura de secagem ($^{\circ}\text{R}$)

k - constante de secagem (h^{-1})

O equilíbrio higroscópico é um dos fatores que determinam a taxa de secagem de um lote de grãos e estabelece o mais baixo teor de umidade que o grão pode atingir durante a secagem. Henderson, citado por HENDERSON e PERRY (14), sugere a seguinte equação para o cálculo do equilíbrio higroscópico de grãos:

$$1 - UR = e^{(-c \cdot R \cdot M_e^n)} \quad (9)$$

onde:

R - temperatura do ar ($^{\circ}\text{R}$)

UR - umidade relativa (decimal)

c, n - constantes dependendo do material

Para grãos de milho, o autor determinou experimentalmente as constantes, tendo chegado a: $c = 1,1 \cdot 10^{-5}$, $n = 1,9$.

THOMPSON et alii (24) desenvolveram uma expressão a partir da proposta por Henderson, para descrever o equilíbrio higroscópico de grãos de milho:

$$1 - UR = e^{(-c \cdot (F + 50) \cdot M_e^n)} \quad (10)$$

onde:

F - temperatura do ar ($^{\circ}\text{F}$)

c - $3,82 \cdot 10^{-5}$

n - 2,0

GUSTAFSON e HALL (10) conduziram testes de equilíbrio higroscópico para milho a temperaturas de 50°F a 155°F (10°C a 68°C) e umidades relativas de 10% a 95%. Os dados obtidos foram ajustados estatisticamente a várias equações de equilíbrio existentes. Para a faixa de temperaturas e umidades relativas estudadas, a equação que se mostrou com maior aplicabilidade, segundo aqueles autores, foi a desenvolvida por Chung-Pfost.

$$\ln UR = (-A/R.T) \cdot e^{-B.M_e} \quad (11)$$

onde:

M_e - equilíbrio higroscópico (decimal, base seca)

R - constante universal dos gases (BTU/lbmole. °R)

T - temperatura do ar (°R)

A e B - constantes experimentais que dependem da temperatura.

Observou-se, no trabalho, que a equação desenvolvida por Henderson tem sua aplicabilidade limitada à faixa de umidades relativas a baixo de 80%.

DUNSTAN *et alli* (7) estenderam a equação original de Chung-Pfost e estabeleceram matematicamente a relação entre as constantes A e B e a temperatura, fornecendo as seguintes equações:

$$\ln A = R.T.(C + D.T) \quad (12)$$

$$B = R.T.(E + F.T) \quad (13)$$

GUSTAFSON e HALL (10) determinaram, através de análise de regressão, as constantes C , D , E , F .

$$C = 1,544 \cdot 10^2$$

$$D = - 1,383 \cdot 10^{-5}$$

$$E = 3,211.10^{-3}$$

$$F = 2,069.10^{-5}$$

A vaporização de umidade do grão requer um pouco mais de energia que a vaporização de água livre, especialmente a baixos teores de umidade, mas, segundo PEART e LIEN (17), este efeito não é muito grande na secagem de milho até o teor de umidade normalmente usado para a armazenagem.

O calor latente de vaporização da água no grão de milho, segundo THOMPSON et alli (23), é representado pela equação

$$V = As \cdot (1 + 4,35 \cdot e^{-28,25 \cdot U}) \quad (14)$$

onde:

As - calor latente de vaporização da água livre à temperatura de secagem (BTU/lb)

U - teor de umidade do produto (decimal, base seca).

Segundo SHOVE e OLVER (21), a taxa característica de secagem de um dado grão pode variar com o tratamento prévio a que foi submetido, embora este ponto não tenha sido definitivamente estabelecido. Hukill, citado por estes autores, diz que grãos reumidecidos secam mais rapidamente do que grãos naturalmente úmidos. Hustrulid, citado também no trabalho, não encontrou diferença nas características de secagem, em amostras completamente expostas ao ar, de grãos naturalmente úmidos, grãos descongelados e amostras cuidadosamente reumidecidas.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Procedimento Experimental

O trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, em 1975.

Foram utilizados aproximadamente 1.200 kg de milho debulhado, da safra de 1974-75, colhidos com um teor de umidade de 16,30% base seca, submetidos à limpeza e armazenados durante o mês de outubro na UFV.

O material foi dividido em quatro lotes, cada um deles tendo sido submetido a reumidecimento, utilizando-se um fluxo de ar com cerca de 95% de umidade relativa. Foram realizados quatro testes de secagem, tendo sido estabelecidas, inicialmente, as condições para a realização dos mesmos: dois níveis de teores de umidade, 20% e 25% (base seca), duas alturas de camada de grãos, 1,10m e 1,30m, duas temperaturas do ar de secagem, 30°C e 35°C e duas vazões de ar, 10 m³ de ar.min.⁻¹.m⁻³ de grãos e 12 m³ de ar.min.⁻¹.m⁻³ de grãos.

3.1.1. O Secador Experimental

Foi construído um secador experimental (Figura 1) para se efetuarem os testes. Usou-se um ventilador axial dotado de sistema de diafragma para permitir a regulação da vazão do ar. Um duto cilíndrico de

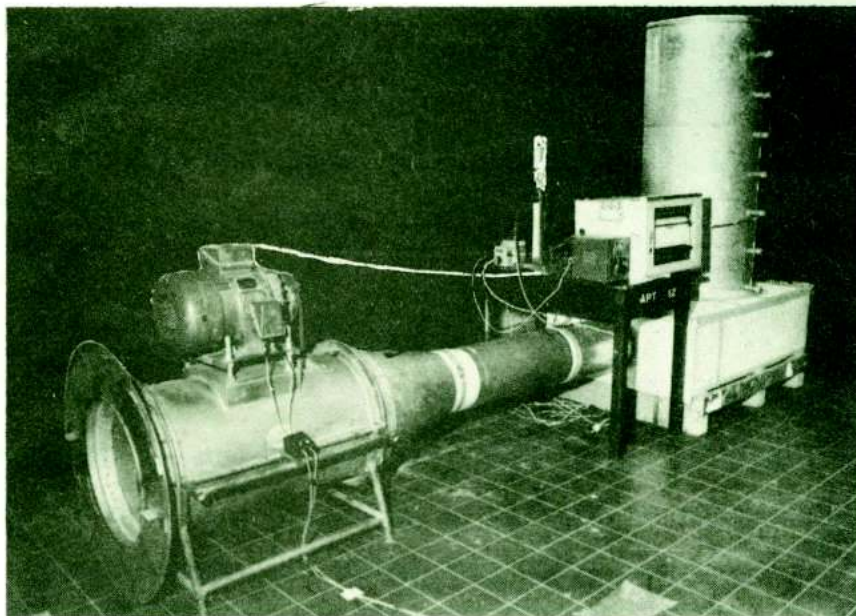


FIGURA 1 - Secador experimental de grãos

0,20m de diâmetro e 1,20m de comprimento conduzia o ar do ventilador à câmara de secagem, através da câmara 'plenum', de dimensões 1,20 m x 0,90 m x 0,30 m. O ar era aquecido, no interior do duto, por meio de resistências elétricas, com dissipação máxima de 550 watts. A temperatura do ar de secagem era controlada manualmente através de um reostato.

A câmara de secagem, cilíndrica, de paredes duplas, com diâmetro interno de 0,60 m, diâmetro externo de 0,65 m e altura de 1,40 m, era dotada de fundo perfurado (40% de área perfurada), fixado sobre a câmara 'plenum'. O isolamento térmico da câmara de secagem foi feito com placas de isopor colocadas entre as paredes da mesma. Na parede da câmara de secagem, a intervalos regulares de 0,20m a partir da base, foram feitos orifícios de 2,5 cm de diâmetro para permitir a retirada de amostras durante os testes.

3.1.2. Determinação das Condições Iniciais dos Grãos

Antes do início de cada teste, determinava-se, em 10 repetições, o peso dos grãos contidos em um volume de 550,610 cm³ (1 pint)* e também o teor de umidade dos grãos, em 5 repetições, pelo método da estufa, a 103°C ± 1°C, por 72 horas.

3.1.3. Determinação da Vazão do Ar

A vazão do ar era determinada a intervalos de tempo regulares de uma hora, durante todo o período de secagem, medindo-se, com um anemômetro de lâmina rotativa, a velocidade do ar na saída da câmara de secagem.

3.1.4. Coleta de Amostras e Determinação do Teor de Umidade dos Grãos

A intervalos de tempo regulares, de uma hora nas primeiras quatro horas de secagem e de duas horas nas subsequentes, introduzia-se um calador na massa de grãos, através dos orifícios na parede, a fim de se retirar amostras em três posições diferentes (p_i) de cada altura de camada (h_i) sob teste (Figura 2). Cada amostra, de aproximadamente 17 g, colocada em pesa-filtro (Figura 3) e imediatamente pesada em balança analítica com sensibilidade de 0,1 mg, era levada à estufa por 72 horas, a 103°C ± 1°C.

Eram calculadas as médias dos teores de umidade de cada grupo de três amostras de grãos retiradas da massa, em cada altura, para cada tempo.

* Medida volumétrica aferida existente no Laboratório, correspondente a 1/8 do galão americano.

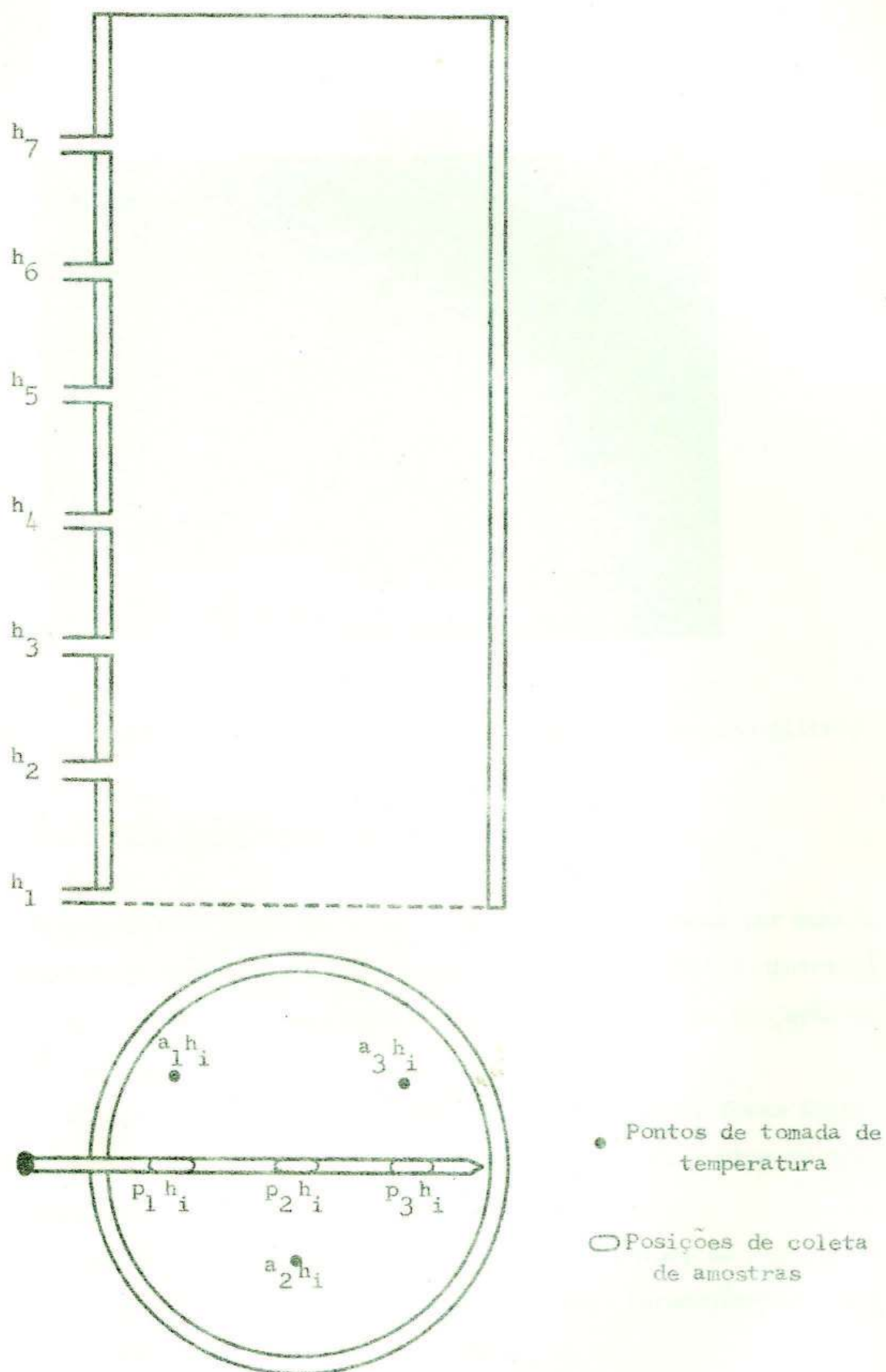


FIGURA 2 - Esquema da câmara de secagem, com pontos de tomada de temperaturas e amostragem



FIGURA 3 - Detalhe da colocação das amostras de grãos em pesa-filtros

3.1.5. Instalação dos Pares Termoeletricos

A temperatura média do ar de secagem era determinada por meio de nove pares termoeletricos ligados em paralelo, uniformemente distribuídos na câmara 'plenum', a uma altura de 0,15 m da base, na projeção da câmara de secagem.

A altura de cada orifício para coleta de amostras, foram instalados três pares termoeletricos ligados em paralelo. Os pontos de tomada de temperatura (a_i h_i) são mostrados na Figura 2.

As temperaturas, de bulbo seco e de bulbo úmido, do ar antes de ser aquecido eram determinadas através de pares termoeletricos colocados diante da tomada de ar do ventilador.

Todos os pares termoeletricos eram conectados a um potenciômetro multiregistrador. A intervalos de tempo de 5 minutos, durante todo

o período de secagem, fazia-se o registro das temperaturas em todos os pontos sob estudo.

3.2. Simulação de Secagem

Utilizando-se o modelo matemático proposto por HUKILL (15), fez-se um programa em linguagem FORTRAN (Apêndice A), segundo o fluxograma da Figura 4, com a finalidade de simular os testes de secagem realizados.

BROOKER (5) e WILHELM (28) fornecem equações que permitem o cálculo de todos os parâmetros psicrométricos, conhecendo-se duas propriedades psicrométricas independentes quaisquer de uma mistura de ar seco e vapor d'água. Em alguns casos, procedimentos iterativos são necessários para se efetuarem os cálculos. Segundo os autores, as equações produzem resultados que se ajustam perfeitamente aos valores das cartas psicrométricas existentes.

Em recente trabalho sobre secagem de feijão em silos, ROA (19) observou que a utilização de valores médios das condições psicrométricas do ar em modelos matemáticos para a simulação de secagem não altera, de modo significativo, os resultados finais de teores de umidade dos grãos.

As condições psicrométricas médias do ar de secagem foram calculadas pelas equações fornecidas por BROOKER (5) e WILHELM (28), tomando-se as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido do ar antes de aquecido e a temperatura de bulbo seco do ar depois de aquecido para a secagem.

Para cada um dos quatro testes experimentais, foram feitas três simulações, usando-se diferentes equações de equilíbrio higroscópico, a saber:

Simulação A - equação de Chung-Pfost (equação 11)

Simulação B - equação de Henderson (equação 9)

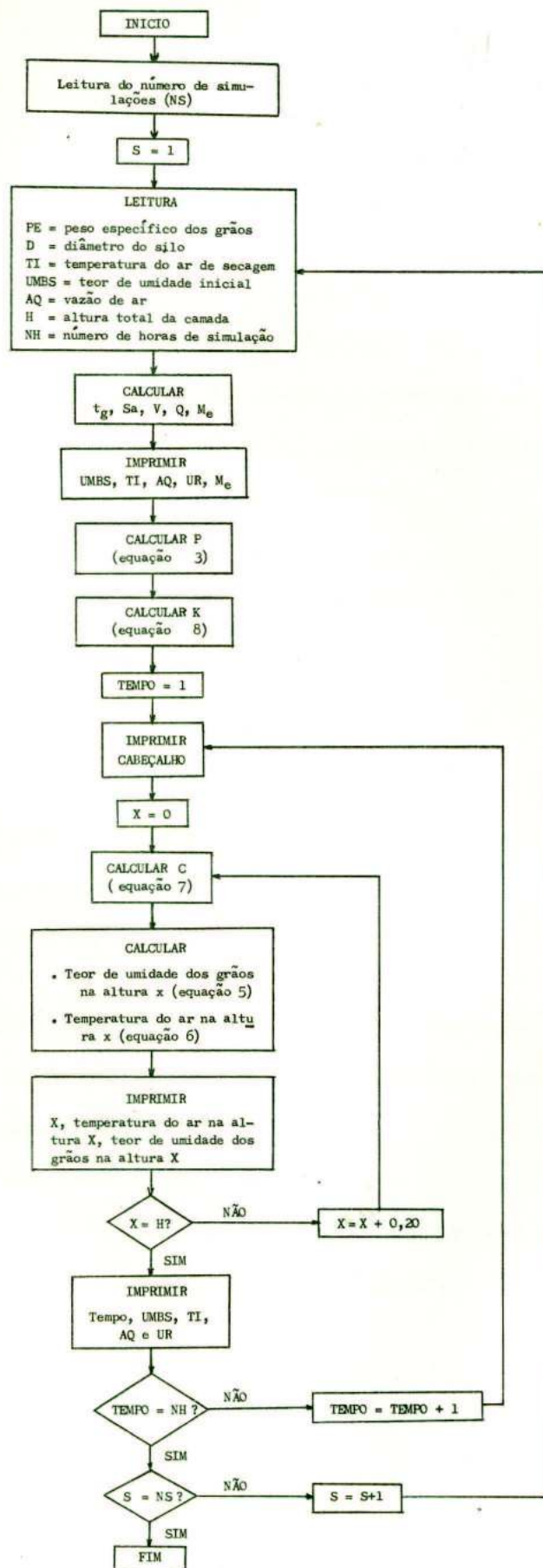


FIGURA 4 - Fluxograma utilizado para simular a secagem de grãos de milho em camadas espessas

Simulação C - equação de Thompson et alli (equação 10)

3.3. Análise

Os teores de umidade dos grãos e as temperaturas do ar, observadas experimentalmente, foram comparados com os dados obtidos em cada uma das três simulações, calculando-se os desvios médios entre eles, para cada altura de camada considerada, pela seguinte expressão:

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

onde:

D - desvio médio entre valores observados e calculados

Y_i - valor observado experimentalmente

\hat{Y}_i - valor calculado através do modelo matemático

n - número de observações

Foram calculados os coeficientes de determinação das médias das temperaturas do ar e teores de umidade dos grãos, para cada altura de camada, em relação ao tempo de secagem.

Os quadrados médios dos desvios entre os valores observados e os calculados pelas três simulações foram comparados entre si, através do teste de F, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições de Secagem para a Realização dos Testes

QUADRO 1 - Condições de secagem para a realização dos testes

| Tes- te | Teor de Umida- de inicial dos grãos (% base seca) | Altura da ca- mada de grãos (m) | Tempera- tura de secagem (°C) | Umidade Relati- va do ar (%) | Vazão de ar (m ³ ar/min. m ³ grão) | Peso espe- cífico apa- rente dos grãos (kg/m ³) |
|------------|--|---|--|--|--|---|
| 1 | 20,35 | 1,30 | 30,0 | 45 | 12,0 | 703 |
| 2 | 25,98 | 1,10 | 35,0 | 44 | 12,2 | 679 |
| 3 | 24,75 | 1,10 | 30,0 | 59 | 10,1 | 691 |
| 4 | 19,89 | 1,30 | 35,0 | 43 | 9,4 | 706 |

4.2. Teores de Umidade dos Grãos nas Diferentes Alturas de Camada em Relação ao Tempo de Secagem

Como não houve efeito da posição em que se retiraram amostras, em uma mesma altura, tendo-se em vista o fato de que as médias dos teores de umidade para cada altura apresentaram coeficientes de variação entre 1,1% e 1,4%, as análises estatísticas foram feitas, usando-se os

teores de umidade médios das três posições de amostragem.

Nos Quadros 1B a 23B do Apêndice B, são apresentadas as médias dos teores de umidade observados experimentalmente e os valores calculados através das simulações A, B e C. Estes quadros mostram, também, as comparações, através do teste de F, entre os resultados obtidos pelas três simulações.

Os Quadros 2, 3, 4 e 5 mostram os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios médios (D) entre os teores de umidade observados experimentalmente e os valores calculados.

Para o teste 1, em quatro das sete alturas de camada, não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os resultados obtidos pelas três simulações. Nas alturas restantes (h_1 , h_2 e h_3), não houve diferença significativa entre os resultados das simulações A e B, mas houve diferença entre eles e os obtidos pela simulação C, que apresentou menor coeficiente de determinação.

Para os testes 2 e 4, não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os resultados obtidos pelas três simulações, em todas as alturas de camada.

Para o teste 3, nas alturas de camada h_1 e h_2 , não houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre as simulações A e B, havendo, entretanto, diferença significativa entre elas e a simulação C, cujos coeficientes de determinação foram maiores. Nas alturas de camada restantes, não se encontrou diferença significativa entre os resultados obtidos pelas três simulações.

Em resumo, não se encontrou diferença significativa entre os resultados obtidos pelas três simulações, em 70% dos casos. Para a faixa de condições em que se realizaram os testes experimentais, o uso de diferentes equações de equilíbrio higroscópico no modelo matemático para simulação de secagem de grãos parece não ter tido efeito significativo no perfil de teores de umidade dos grãos em relação ao tempo de secagem.

QUADRO 2 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre os teores de umidade observados experimentalmente e os calculados, para o Teste 1.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) |
| 1 | 94,96 | 0,48 | 92,95 | 0,57 | 79,54 | 0,98 |
| 2 | 97,02 | 0,45 | 95,45 | 0,56 | 86,31 | 0,97 |
| 3 | 94,07 | 0,68 | 91,89 | 0,80 | 81,99 | 1,07 |
| 4 | 91,75 | 0,83 | 89,06 | 0,96 | 79,09 | 1,33 |
| 5 | 88,61 | 0,93 | 83,96 | 1,10 | 72,18 | 1,45 |
| 6 | 90,72 | 0,73 | 86,61 | 0,88 | 74,93 | 1,20 |
| 7 | 93,64 | 0,32 | 91,29 | 0,38 | 83,98 | 0,51 |

QUADRO 3 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre os teores de umidade observados experimentalmente e os calculados, para o Teste 2.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) |
| 1 | 87,53 | 1,06 | 89,79 | 0,96 | 76,15 | 1,47 |
| 2 | 93,50 | 1,21 | 94,20 | 1,14 | 88,57 | 1,61 |
| 3 | 95,28 | 1,13 | 95,35 | 1,12 | 91,87 | 1,49 |
| 4 | 97,69 | 0,74 | 97,38 | 0,79 | 94,91 | 1,10 |
| 5 | 97,70 | 0,65 | 96,55 | 0,80 | 95,09 | 0,96 |

QUADRO 4 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre os teores de umidade observados experimentalmente e os calculados, para o Teste 3.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) |
| 1 | 94,90 | 0,70 | 96,18 | 0,61 | 98,72 | 0,35 |
| 2 | 95,93 | 0,84 | 97,00 | 0,72 | 98,54 | 0,50 |
| 3 | 94,10 | 1,05 | 96,29 | 0,83 | 97,66 | 0,66 |
| 4 | 89,10 | 1,28 | 93,63 | 0,98 | 95,50 | 0,82 |
| 5 | 74,60 | 1,48 | 85,74 | 1,11 | 88,30 | 1,00 |

QUADRO 5 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre os teores de umidade observados experimentalmente e os calculados, para o Teste 4.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) | R ² (%) | D(% bs) |
| 1 | 67,81 | 1,00 | 74,75 | 0,89 | 33,71 | 1,44 |
| 2 | 86,92 | 0,89 | 89,77 | 0,78 | 70,84 | 1,32 |
| 3 | 82,67 | 1,25 | 84,29 | 1,19 | 69,85 | 1,65 |
| 4 | 82,44 | 1,30 | 82,87 | 1,28 | 70,67 | 1,68 |
| 5 | 68,52 | 1,79 | 67,15 | 1,83 | 55,23 | 2,14 |
| 6 | 52,09 | 2,05 | 48,85 | 2,12 | 38,05 | 2,33 |

O modelo matemático desenvolvido por HUKILL (15) é baseado em algumas pressuposições simplificadoras, como: há uniformidade no teor de umidade inicial dos grãos, não há diminuição do volume da massa de grãos durante a secagem e os parâmetros psicrométricos do ar permanecem constantes durante o período de secagem.

No Quadro 6, são apresentadas as médias das temperaturas e umidades relativas do ar durante os testes, e os respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação.

O reumidecimento a que foram submetidos os grãos pode ter ocasionado desuniformidade no teor de umidade dos mesmos, além da possibilidade de ter alterado certas propriedades físicas do material que influenciam as características de secagem.

A diminuição de volume dos grãos durante a secagem foi de 12% para os testes 1 e 4, de 13% para o teste 3 e de 15% para o teste 2.

QUADRO 6 - Temperaturas de secagem e umidades relativas do ar durante os testes experimentais, e os respectivos desvios-padrão e coeficientes de variação.

| Teste | Temperatura de secagem (°C) | | | Umidade relativa do ar (%) | | |
|-------|-----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| | Média | Desvio padrão | Coefficiente de variação % | Média | Desvio padrão | Coefficiente de variação % |
| 1 | 30,0 | 0,68 | 2 | 45 | 2,77 | 6 |
| 2 | 35,0 | 0,81 | 2 | 44 | 3,00 | 7 |
| 3 | 30,0 | 0,55 | 2 | 59 | 1,96 | 3 |
| 4 | 35,0 | 0,39 | 1 | 43 | 2,38 | 6 |

Esses fatos poderiam justificar o menor ajustamento de resultados de alguns testes ao modelo matemático, ou ainda as diferenças entre os coeficientes de determinação e desvios médios para diferentes alturas de camada, em um mesmo teste.

As Figuras 5, 6, 7 e 8 apresentam as curvas de secagem obtidas com os resultados da Simulação A e os valores observados experimentalmente. A escolha da Simulação A para o traçado das referidas curvas prende-se às considerações anteriormente feitas sobre as características de aplicabilidade da equação de equilíbrio higroscópico de Chung-Pfost.

Durante o teste 1, foram retiradas amostras da altura h_7 somente nas primeiras vinte horas de secagem, em virtude do abaixamento do nível da massa de grãos.

Em todos os testes, no início da secagem e na parte superior da massa de grãos, nota-se tendência de o modelo matemático subestimar o teor de umidade, fato este particularmente notado no teste 4 (Figura 8). Estes desvios durante as primeiras horas de secagem podem ter tido como uma das causas a falta de homogeneidade no teor de umidade inicial dos grãos. O teste 4 foi executado com uma vazão de ar relativamente baixa para a altura de camada e temperatura de secagem utilizadas, quando pode ter ocorrido maior absorção de umidade pelos grãos das camadas superiores, no início da secagem, em relação aos outros testes, o que é uma possível explicação para o fato de os desvios terem sido maiores para este teste.

De modo geral, o modelo matemático tendeu a subestimar os teores de umidade no final do período de secagem, o que era esperado, de acordo com HUKILL (15). Entretanto, como pode ser observado na Figura 7, no teste 3 aconteceu fenômeno inverso, tendo o modelo matemático superestimado os teores de umidade, no final da secagem. As condições de secagem para a realização de tal teste, aparentemente, (Quadro 1), não justificam a ocorrência do fenômeno. Os coeficientes de variação da

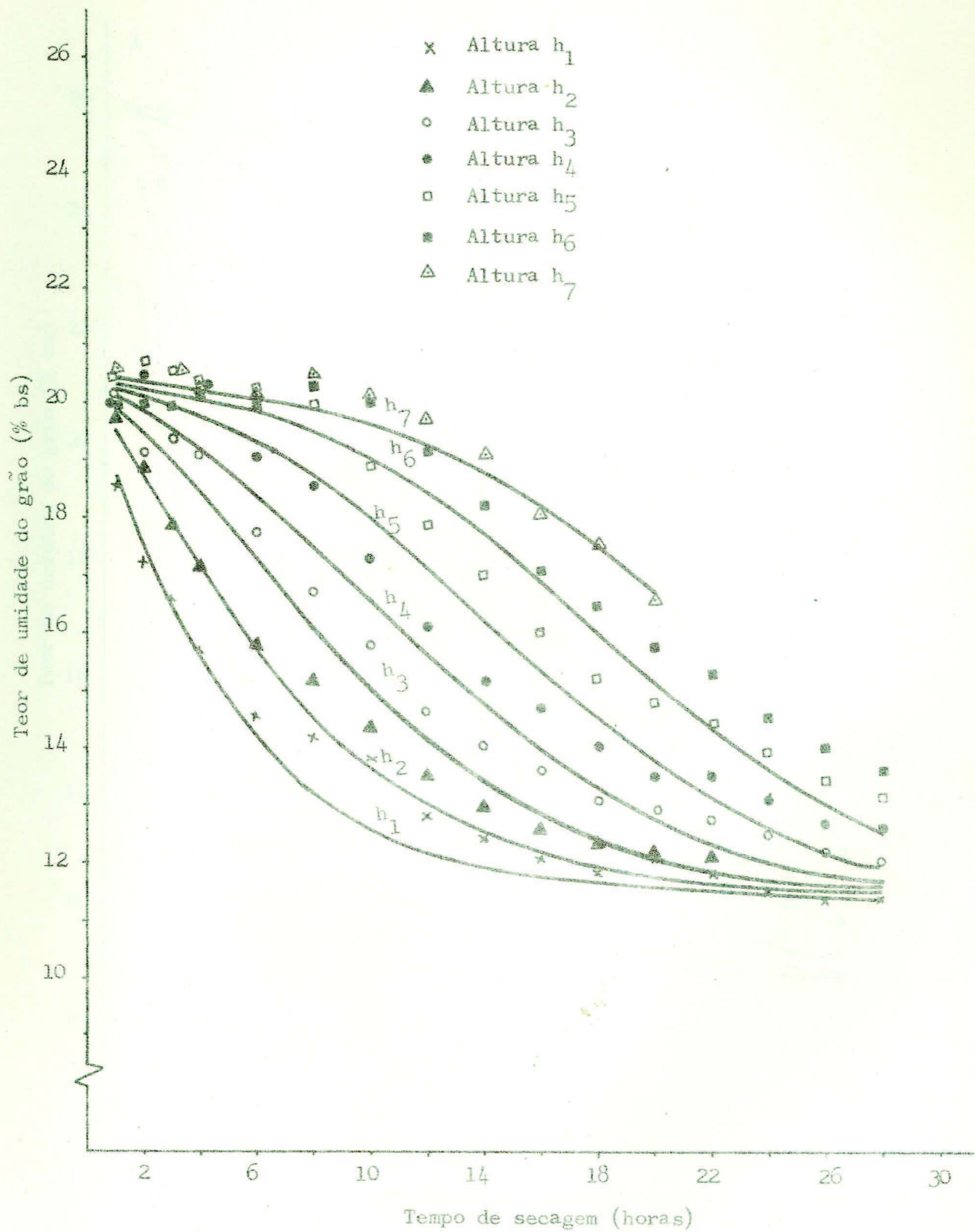


FIGURA 5 - Curvas de secagem obtidas com os resultados da Simulação A e teores de umidade observados, para as condições do Teste 1.

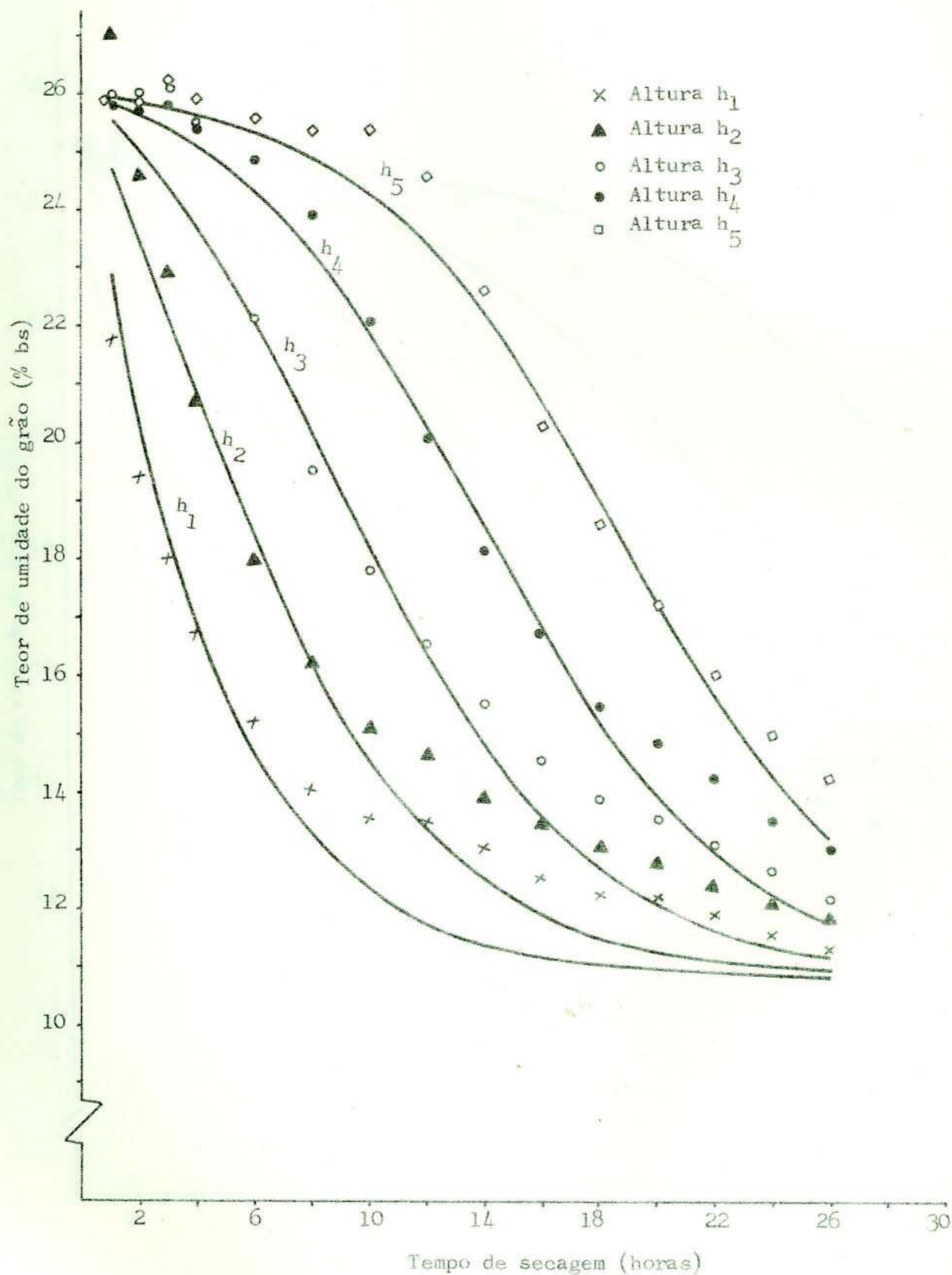


FIGURA 6 - Curvas de secagem obtidas com os resultados da Simulação A e teores de umidade observados, para as condições do Teste 2.

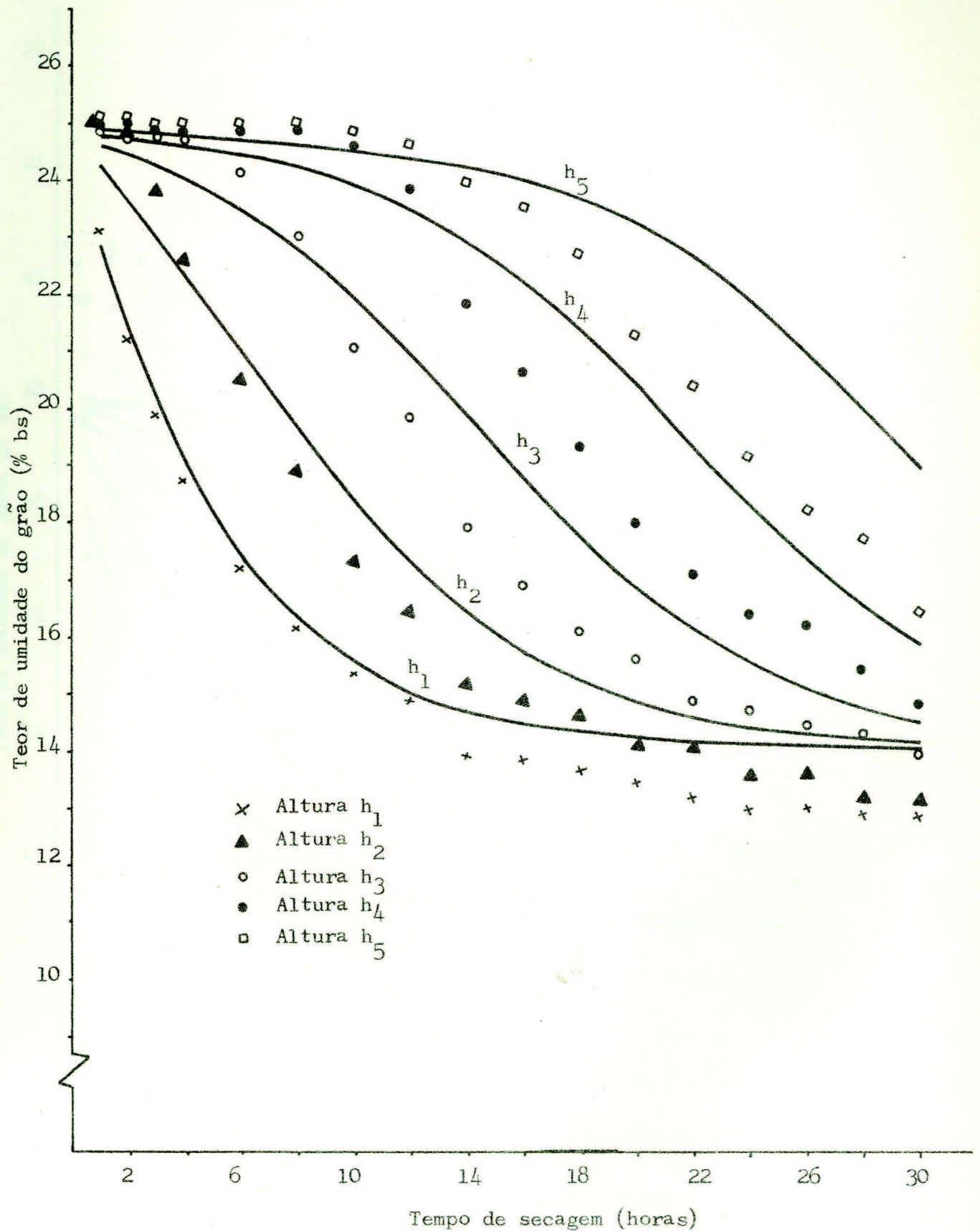


FIGURA 7 - Curvas de secagem obtidas com os resultados da Simulação A e teores de umidade observados, para as condições do Teste 3.

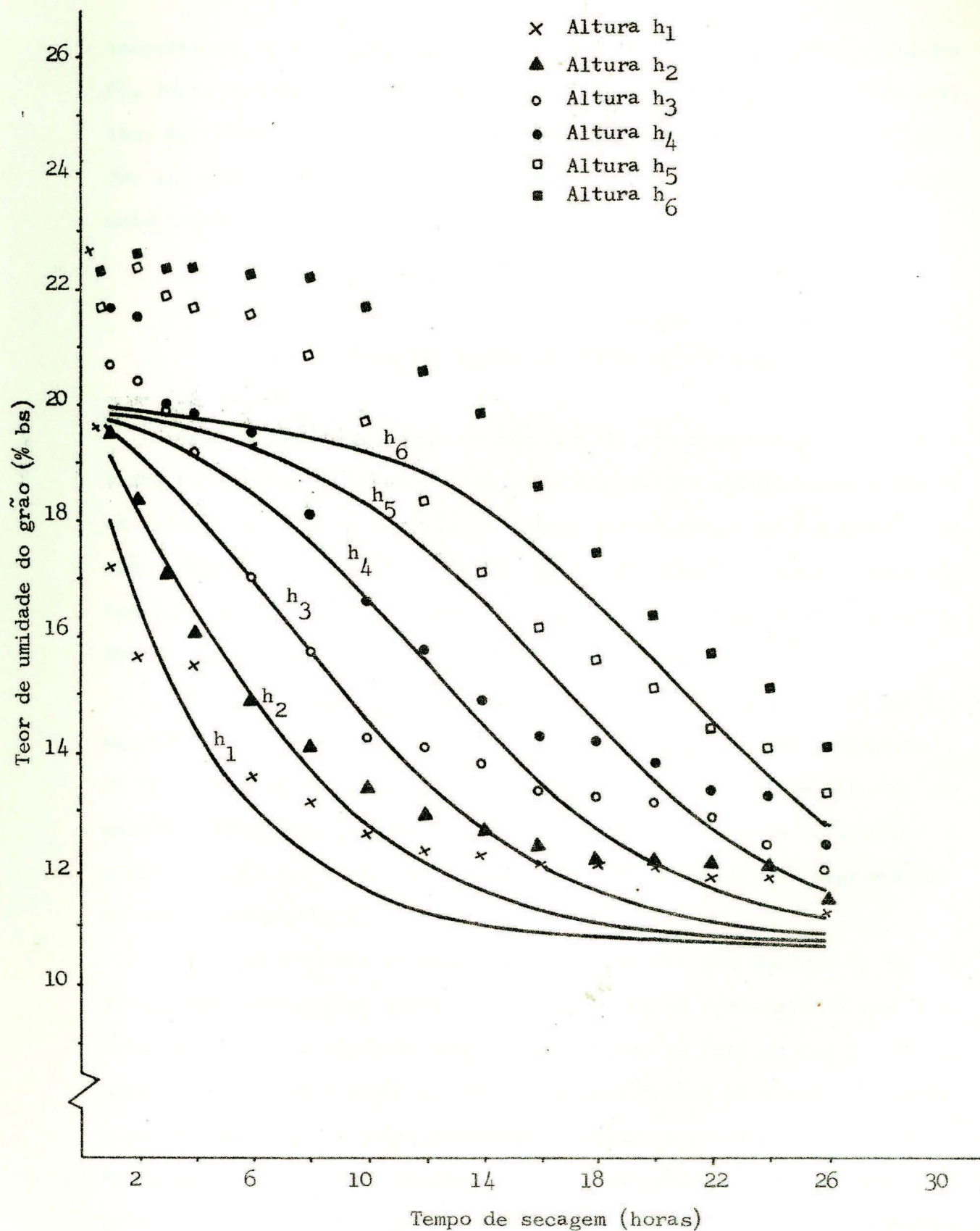


FIGURA 8 - Curvas de secagem obtidas com os resultados da Simulação A e teores de umidade observados, para as condições do Teste 4.

temperatura de secagem e umidade relativa do ar para o teste 3 (Quadro 6), foram menores ou iguais aos valores observados para os outros testes. Entretanto, nota-se que a umidade relativa do ar no teste 3 (Quadro 1), foi cerca de 30% mais elevada que a umidade relativa do ar nos outros testes, o que pode ter contribuído para o ocorrido.

4.3. Temperaturas do Ar nas Diferentes Alturas de Camada, em Relação ao Tempo de Secagem

Nos Quadros 24B a 42B do Apêndice B, são apresentados os resultados referentes às temperaturas do ar observadas experimentalmente e os valores calculados através do modelo matemático, utilizando-se as três equações de equilíbrio higroscópico mencionadas anteriormente. Estes Quadros mostram também as comparações, através do teste de F, entre os resultados obtidos pelas três simulações.

Para todos os testes experimentais, não se encontrou diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre as temperaturas do ar calculadas através das três simulações, em todas as alturas de camada. Isto vem justificar o que foi discutido no item 4.2. sobre o efeito da utilização de diferentes equações de equilíbrio higroscópico no modelo matemático.

Os coeficientes de determinação mostrados nos Quadros 7, 8, 9 e 10 apresentaram-se, em geral, mais baixos que os apresentados nos Quadros 2, 3, 4 e 5. Provavelmente isto se deve ao fato de que possa ter havido mudança de posição dos pares termoeletrônicos na câmara de secagem. Os pares foram instalados horizontalmente e a retirada de amostras, assim como o abaixamento do nível dos grãos ocasionado pela própria redução de umidade dos mesmos teriam causado distúrbios na massa, e conseqüentemente o deslocamento dos pares termoeletrônicos. O registro das temperaturas na altura h_1 , em todos os testes experimentais, foi prejudicado pelo fato de os pares termoeletrônicos terem ficado, de-

QUADRO 7 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre as temperaturas do ar observadas experimentalmente e as calculadas, para o Teste 1.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) |
| 2 | 36,40 | 0,87 | 34,62 | 0,88 | 25,85 | 0,94 |
| 3 | 79,88 | 0,97 | 80,58 | 0,95 | 78,87 | 0,99 |
| 4 | 81,59 | 1,18 | 82,87 | 1,14 | 83,04 | 1,14 |
| 5 | 84,09 | 1,13 | 84,91 | 1,10 | 85,04 | 1,09 |
| 6 | 80,92 | 1,24 | 82,76 | 1,18 | 82,72 | 1,18 |
| 7 | 52,69 | 1,40 | 60,63 | 1,27 | 71,89 | 1,08 |

QUADRO 8 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre as temperaturas do ar observadas experimentalmente e as calculadas, para o Teste 2.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) |
| 2 | 74,44 | 1,40 | 74,64 | 1,40 | 75,33 | 1,38 |
| 3 | 78,09 | 1,96 | 79,15 | 1,92 | 80,41 | 1,86 |
| 4 | 77,93 | 2,13 | 80,30 | 2,01 | 80,70 | 1,99 |
| 5 | 75,71 | 2,08 | 76,70 | 2,04 | 78,33 | 1,96 |

QUADRO 9 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre as temperaturas do ar observadas experimentalmente e as calculadas, para o Teste 3 .

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) |
| 2 | 71,43 | 1,10 | 73,33 | 1,06 | 73,30 | 1,06 |
| 3 | 74,58 | 1,31 | 77,79 | 1,22 | 77,00 | 1,25 |
| 4 | 71,72 | 1,37 | 76,24 | 1,25 | 74,00 | 1,31 |
| 5 | 47,28 | 1,78 | 43,05 | 1,68 | 46,77 | 1,79 |

QUADRO 10 - Coeficientes de determinação e desvios médios entre as temperaturas do ar observadas experimentalmente e as calculadas, para o Teste 4.

| Altura de camada | Simulação A | | Simulação B | | Simulação C | |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) | R ² (%) | D(°C) |
| 2 | 79,84 | 0,91 | 80,18 | 0,90 | 82,27 | 0,85 |
| 3 | 80,76 | 1,46 | 81,18 | 1,44 | 85,01 | 1,28 |
| 4 | 79,49 | 1,74 | 80,12 | 1,72 | 85,77 | 1,45 |
| 5 | 76,18 | 1,92 | 77,44 | 1,86 | 82,66 | 1,63 |
| 6 | 66,56 | 2,24 | 69,08 | 2,15 | 75,13 | 1,93 |

pois da retirada de amostra, em contato com o fundo perfurado da câmara de secagem. Os dados obtidos em tal altura não foram considerados para efeito de realização das análises estatísticas.

Nos quatro testes realizados, os coeficientes de determinação foram menores nas alturas extremas da massa de grãos, tanto na parte superior como inferior. Uma possível explicação para o ocorrido talvez seja o fato de as camadas inferiores e superiores da massa estarem mais sujeitas a ser afetadas pelas condições do fluxo de ar ao entrar e ao sair. Os resultados referentes à altura h_2 podem ter sido afetados por desuniformidade do fluxo de ar na entrada da câmara de secagem, problema que parece ter sido sanado à medida que o ar atingia as camadas em posição mais elevada, porque, pela uniformidade dos teores de umidade dos grãos nas três posições de uma mesma altura, nota-se que a frente de secagem teve avanço uniforme durante o período de secamento.

As Figuras 9, 10, 11 e 12 mostram os perfis de temperatura do ar em relação ao tempo, para os testes de secagem realizados. Em todos os testes, os maiores desvios entre os valores observados e calculados ocorreram no início do período de secagem, principalmente na parte superior da massa de grãos, a exemplo do acontecido para os teores de umidade dos grãos. Nota-se que nesta parte da massa o modelo superestimou as temperaturas no início do período, passando a subestimá-las no final.

Nas camadas inferiores, as temperaturas observadas se apresentaram sempre mais altas que as calculadas pelo modelo. Para o teste 1 (Figura 9), as temperaturas observadas na altura h_2 , em alguns pontos, chegaram a exceder a temperatura média de secagem considerada para a utilização do modelo. Talvez isto se deva a alguma falha no controle da temperatura durante o teste, embora os dados do Quadro 6 indiquem que este controle foi bom.

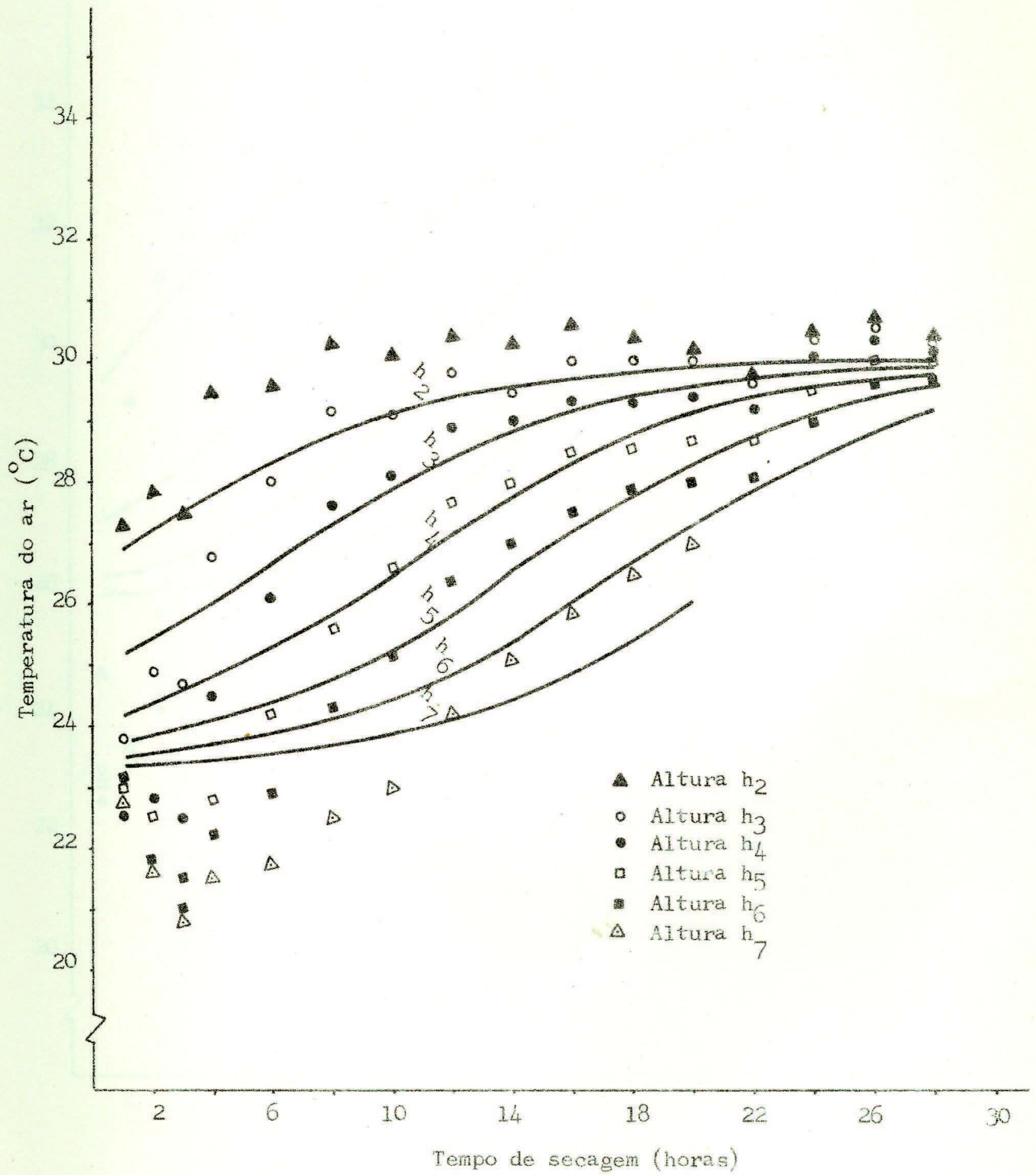


FIGURA 9 - Perfis de temperatura do ar, em relação ao tempo de secagem, para o Teste 1.

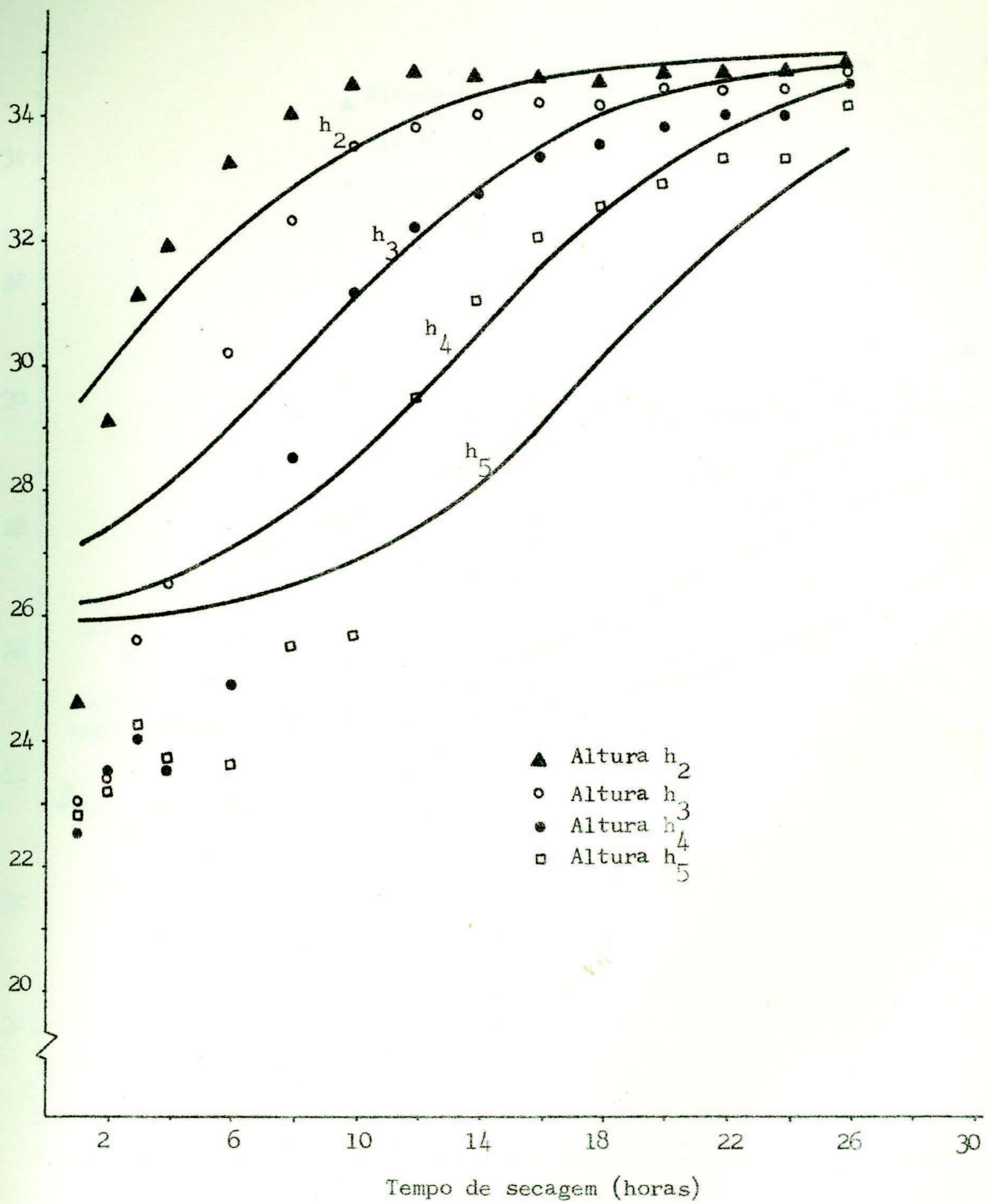


FIGURA 10 - Perfis de temperaturas do ar em relação ao tempo de secagem, para o Teste 2.

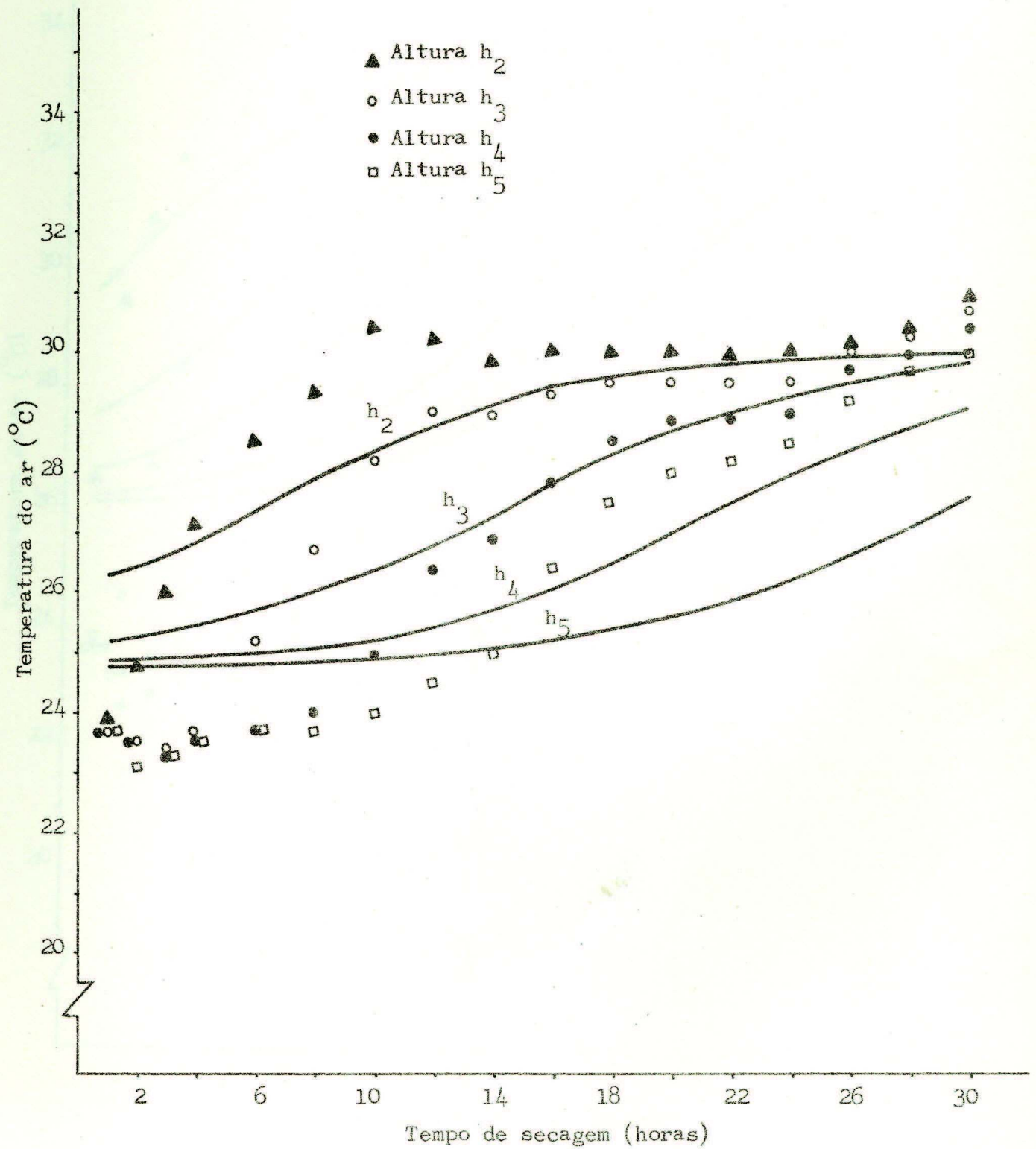


FIGURA 11 - Perfis de temperatura do ar em relação ao tempo de secagem, para o Teste 3.

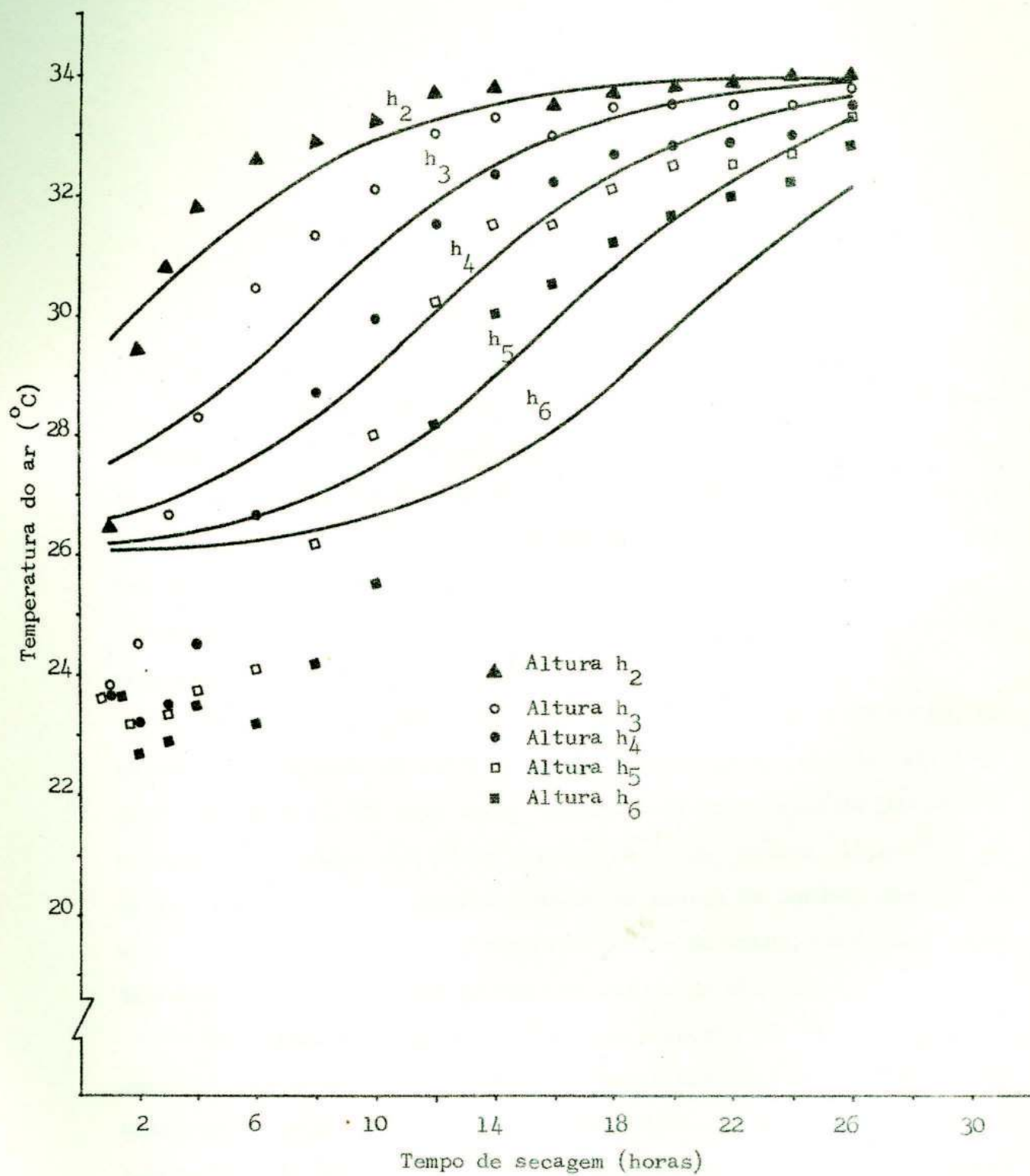


FIGURA 12 - Perfis de temperaturas do ar em relação ao tempo de secagem, para o Teste 4.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, com o objetivo de obter informações sobre as características de secamento de milho debulhado, em camadas espessas, e comparar os dados obtidos experimentalmente com os resultados calculados através do modelo matemático proposto por HUKILL (15).

Foram feitos quatro testes experimentais de secagem de milho, em camadas de espessura de 1,10m e 1,30m, com teores de umidade iniciais entre 19,89% e 25,98% base seca, temperaturas de secagem de 30°C e 35°C e vazões de ar entre 9,4 m³ de ar.min⁻¹.m⁻³ de grão e 12,2 m³ de ar.min⁻¹.m⁻³ de grão. Determinaram-se os teores de umidade dos grãos e as temperaturas do ar em diferentes pontos da massa, espaçados regularmente de 0,20m a partir da base da câmara de secagem.

Utilizando-se o modelo matemático proposto por HUKILL (15), fez-se um programa em linguagem FORTRAN para o computador IBM 1130 da Universidade Federal de Viçosa, com a finalidade de simular os testes experimentais de secagem realizados. Para cada um dos quatro testes, foram feitas três simulações, inserindo-se diferentes equações de equilíbrio higroscópico no modelo matemático.

Os resultados observados experimentalmente foram comparados com

os dados obtidos em cada uma das três simulações, calculando-se os desvios médios entre eles, para cada altura de camada considerada. Foram calculados os coeficientes de determinação das médias das temperaturas do ar e teores de umidade dos grãos, em relação ao tempo. Os quadrados médios dos desvios entre os valores observados e os calculados pelas três simulações foram comparados entre si, através do teste de F, ao nível de 5% de probabilidade.

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1 - Para a faixa de condições em que se realizaram os testes, o uso de diferentes equações de equilíbrio higroscópico, no modelo matemático para simulação de secagem de grãos, não teve efeito significativo na secagem simulada.

2 - Os maiores desvios entre valores observados e calculados ocorreram no início do período de secagem, principalmente na parte superior da massa de grãos.

3 - Nos resultados experimentais os teores de umidade dos grãos ajustaram-se melhor ao modelo matemático que os resultados de temperaturas do ar.

4 - O modelo matemático, de modo geral, descreve bem o processo de secagem em camadas espessas, para a faixa de condições em que se realizaram os testes.

5 - O presente trabalho demonstra a possibilidade, nas condições climatológicas onde se realizou o experimento, de secagem de milho em silos.

Para futuros trabalhos, sugere-se:

1 - Repetir os testes realizados com grãos que não tenham sido submetidos a reumidecimentos ou a qualquer outro tratamento prévio.

2 - Estudar o comportamento do modelo matemático para a simula-

ção de secagem de grãos, usando-se apenas calor suplementar como fonte de aquecimento do ar.

3 - Utilizar o modelo matemático na otimização do processo de secagem de grãos em silos, com o objetivo de verificar a viabilidade técnica e econômica de se implantar tal sistema de secagem em diferentes regiões do Brasil.

6. LITERATURA CITADA

1. BAKKER-ARKEMA, F.W. & EVANS, T.W. MSU grain drying models. St. Joseph, Mich., ASAE, 1970. 9 p. (Paper n. 70-832, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agricultural Engineers - dezembro 1970).
2. BAKKER-ARKEMA, F.W.; LEREW, L.E.; DE BOER, S.F.; ROTH, M.G. Grain dryer simulation. (s.l.), Michigan State University, 1974. 79 p.
3. BARRE, H.J. Modern methods for drying grain in bins. (s.n.t.). 19 p. (Bulletin BB 64).
4. BEATY, H.H.; SHOVE, G.C.; DAVIS, V.W. Drying shelled corn. Urbana, Ill., Cooperative Extension Service, 1968. 20 p. (Circular 916).
5. BROOKER, D.B. Mathematical model of the psychrometric chart. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 10(4):558-60, 563, 1967.
6. CHIEN, K.S.; MATTHES, R.K.; VERMA, B.P. Dimensional analysis of seed moisture movement in deep bed drying. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 14(2):277-81, 1971.
7. DUNSTAN, E.R.; CHUNG, D.S.; HODGES, T.O. Adsorption and desorption characteristics of grain sorghum. St. Joseph, Mich., ASAE, 1972. 8 p. (Paper n. 72-317, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agricultural Engineers - 1972).

8. FLOOD, C.A.; SABBAN, M.A.; MEEKER, D.; PEART, R.M. Simulation of a natural air corn drying system. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 15(1):156-9, 162, Jan./Feb. 1972.
9. GIUDICE, P.M. del & HARA, T. Recomendações para um programa de incentivo à armazenagem a nível de fazenda. Brasilia, CIBRAZEM-MA, 1974: 7 p.
10. GUSTAFSON, R.J. & HALL, G.E. Equilibrium moisture content of shelled corn from 50 to 155°F. St. Joseph, Mich., ASAE, 1973. 16 p. (Paper n. 73-315, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agricultural Engineers - 1970).
11. HALL, C.W. Drying farm crops. Ann Arbor, Mich., Edwards Brothers, 1957. 336 p.
12. HALL, D.W. Handling and storage of food grains in tropical and subtropical areas. Roma, FAO, 1970. 350 p. (FAO Agricultural Development Paper n. 90).
13. HENDERSON, S.M. & PABIS, S. Grain drying theory - I. Temperature effect on drying coefficient. Journal of Agricultural Engineering Research, Wrest Park, Silsil, Gedford, 6(3):169-74, 1961.
14. HENDERSON, S.M. & PERRY, R.L. Agricultural process engineering. 2. ed. (s.l.), (s.ed), 1966. 430 p.
15. HUKILL, W.V. Drying of grain. In: CHRISTENSEN, C.M., ed. Storage of cereal grains and their products. 2. ed. St. Paul, Minn. American Society of Cereal Chemists, 1974. cap. 13, p. 481-508.
16. PEART, R.M. Notes on grain drying, part 1, Hukill's method. (s.l.), (s.ed.), 1970. 14 p.
17. PEART, R.M. & LIEN, R.M. Grain drying energy requirements. St. Joseph, Mich., ASAE, 1975. 4 p. (Paper n. 75-3019, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agricultural Engineers - junho 1975).

18. PONDER, Dan. Low temperature drying with gas fired burner. In: GRAIN CONDITIONING CONFERENCE PROCEEDINGS, Champaign, Ill., 1973. Low temperature drying and chemical preservatives. Champaign, Ill., 1973. p. 47-9.
19. ROA, M.G. Secagem de grãos em silos com energia solar. (s.l.), (s.ed.), 1975. 21 p.
20. SHOVE, G.C. What about controls. In: GRAIN CONDITIONING CONFERENCE PROCEEDINGS, Champaign, Ill., 1973. Low temperature drying and chemical preservatives. Champaign, Ill., 1973. p. 50-2.
21. SHOVE, G.C. & OLVER, E.F. Temperature gradients in drying grain. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 10(2):152-3, 156, 1967.
22. SPENCER, H.B. A mathematical simulation of grain drying. Journal of Agricultural Engineering Research, Wrest Park, Silsol, Gedford, 14(3):226-35, 1969.
23. THOMPSON, T.L. Predicting drying time. In: GRAIN CONDITIONING CONFERENCE PROCEEDINGS, Champaign, Ill., 1973. Low temperature drying and chemical preservatives. Champaign, Ill., 1973. p. 11-9.
24. THOMPSON, T.L.; PEART, R.M.; FOSTER, G.H. Mathematical simulation of corn drying - a new model. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 11(4):582-6, July/Aug. 1968.
25. TROEGER, J.M. & HUKILL, W.V. Mathematical description of the drying rate of fully exposed corn. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 14(6):1153-6, 1162, Nov./Dec. 1971.
26. VAN REST, D.J. & ISAACS, G.W. Exposed layer drying rates of grain. Transactions of the ASAE, St. Joseph, Mich., 11(2):236-7, 239, Mar./Apr. 1968.
27. WHITE, G.M.; ROSS, I.J.; WESTERMAN, P.W. Drying rate and quality of shelled corn as influenced by dew point temperature. St. Joseph, Mich., ASAE, 1971. 14 p. (Paper n. 71-817, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agricultural Engineers - Dec. 1971).

26. WILHELM, L.R. Numerical calculations of psychrometric properties. St. Joseph, Mich., ASAE, 1975. 17 p. (Paper n. 75-4019, apresentado no Encontro Anual da American Society of Agricultural Engineers - junho 1975).

APENDICE A

APÊNDICE A

```

C
C      SIMULACAO DE SECAGEM DE GRAOS EM CAMADAS ESPESSAS
C      MODELO MATEMATICO PROPOSTO POR HUKILL
C      PROGRAMA USANDO A EQUACAO DE EQUILIBRIO HIGROSCOPICO DE CHUNG PF0ST
C
C      DEFINICAO DAS VARIAVEIS USADAS NO PROGRAMA
C
C      AGUA - PESO DA AGUA EXISTENTE NOS GRAOS (KG)
C      AK - CONSTANTE DE SECAGEM (U/H)
C      AMR - RAZAO DE UMIDADE (ADIMENSIONAL)
C      AQ - VAZAO DE AR (M3 DE AR/MIN.M3 DE GRAO)
C      AREA - AREA DA BASE DO SILO (M2)
C      AS - CALOR LATENTE DE VAPORIZACAO DA AGUA A TEMPERATURA TI (KJOULES/KG)
C      D - DIAMETRO DO SILO (M)
C      H - ALTURA DA CAMADA DE GRAOS (M)
C      HFG - CALOR LATENTE DE VAPORIZACAO DA AGUA A TEMPERATURA TWB (KJOULES/KG)
C      NH - NUMERO DE HORAS DE SECAGEM
C      NS - NUMERO DE SIMULACOES
C      PATM - PRESSAO ATMOSFERICA (KPASCAL)
C      PE - PESO ESPECIFICO APARENTE DO GRAO (KG/M3)
C      PSTI - PRESSAO DE SATURACAO DO VAPOR A TEMPERATURA TI (KPASCAL)
C      PSWB - PRESSAO DE SATURACAO DO VAPOR A TEMPERATURA TWB (KPASCAL)
C      PT - PESO TOTAL DA MASSA DE GRAOS (KG)
C      PV - PRESSAO DE VAPOR A TEMPERATURA TI (KPASCAL)
C      Q - FLUXO DE AR (KG DE AR/MIN.M3 DE GRAO)
C      QMPQ - FLUXO DE AR POR UNIDADE DE SUPERFICIE (KG DE AR/MIN.M2)
C      RAR - CONSTANTE DOS GASES PARA O AR (N.M/KG.K)
C      RM - UMIDADE ABSOLUTA DO AR (KG DE VAPOR D*AGUA/KG DE AR SECO)
C      RA - CONSTANTE UNIVERSAL DOS GASES (BTU/LBMOLE.R)
C      SA - CALOR ESPECIFICO DO AR (KJOULES/KG.C)
C      TG - TEMPERATURA DE EQUILIBRIO DO AR (GRAUS CELSIUS)
C      TGABS - TEMPERATURA DE EQUILIBRIO DO AR (GRAUS KELVIN)
C      TI - TEMPERATURA DE SECAGEM (GRAUS CELSIUS)
C      TIABS - TEMPERATURA DE SECAGEM (GRAUS KELVIN)
C      TWB - TEMPERATURA DO BULBO UMIDO (GRAUS CELSIUS)
C      TWBK - TEMPERATURA DO BULBO UMIDO (GRAUS KELVIN)
C      UE - UMIDADE HIGROSCOPICA (( BASE SECA)
C      UMBS - TEOR DE UMIDADE INICIAL DOS GRAOS (( BASE SECA)
C      UMBU - TEOR DE UMIDADE INICIAL DOS GRAOS (( BASE UMIDA)
C      UR - UMIDADE RELATIVA DO AR NA ENTRADA DO SILO ((
C      UREG - UMIDADE RELATIVA DO AR NA SAIDA DO SILO (DECIMAL)
C      V - CALOR LATENTE DE VAPORIZACAO DA AGUA NO GRAO (KJOULES/KG)
C      VU - VOLUME UMIDO DO AR (M3/KG DE AR SECO)
C      W - PESO ESPECIFICO APARENTE DA MATERIA SECA DO GRAO (KG/M3)
C
C      LEITURA DO NUMERO DE SIMULACOES
C      CALL RICD(1,NS)
C      DO 80 I=1,NS
C      LEITURA DOS DADOS
C      CALL RECD(7,PE,D,TI,UR,UMBS,AQ,H)
C      LEITURA DO NUMERO TOTAL DE HORAS DE SIMULACAO
C      CALL RICD(1,NH)
C      CALCULO DA PRESSAO DE SATURACAO NA TEMPERATURA TI
C      TIABS=TI+273.16
C      PSTI=PRES(TIABS)
C      CALCULO DA PRESSAO DE VAPOR NA TEMPERATURA TI
C      PV=PSTI*UR/100.
C      CALCULO D A RAZAO DE MISTURA
C      PATM=101.325
C      RM=0.62198*(PV/(PATM-PV))
C      CALCULO DO VOLUME UMIDO
C      RAR=0.28705
C      VU=RAR*TIABS*(1.+1.6078*RM)/PATM
C      CALCULO DA TEMPERATURA DO BULBO UMIDO
C      CALL TEMP(TI,TWB,PATM,RM)

```

```

C CALCULO DA UMIDADE RELATIVA DE EQUILIBRIO
C C1, C2, C3, C4 = CONSTANTES DA EQUACAO DE EQUILIBRIO DE CHUNG E PFOST
  TABSR=1.8*TI+491.69
  C1=0.01544
  C2=-1.383E-5
  C3=3.211E-3
  C4=2.069E-5
  RU=1.986
  A1=EXP(RU*TABSR*(C1+C2*TABSR))
  B1=RU*TABSR*(C3+C4*TABSR)
  UREG=EXP((-A1/(RU*TABSR))*EXP(-B1*UMBS/100.))
C CALCULO DA TEMPERATURA TG
  TWBK=TWB+273.16
  XDE=TWBK-4
  XDI=TWBK+8
  PSWB=PRES(TWBK)
  HFG=2500.8740-2.3842*TWBK
  B=(1.0062*(101.325-PSWB))/(0.62194*HFG)
  CALL ERTMI(TGABS,FX,FCT,XDE,XDI,0.0005,500,IER,PSWB,B,TWBK,UREG)
  IF(IER-1) 110,120,120
120 WRITE(5,125) IER
125 FORMAT(2X,I10)
  GO TO 800
110 TG=TGABS-273.16
C CALCULO DO CALOR ESPECIFICO DO AR
  SA=1.0062+1.8744*RM
C CALCULO DO CALOR LATENTE DE VAPORIZACAO DA AGUA LIVRE
  AS=(2500.8740-2.3842*TI)
C CALCULO DO CALOR LATENTE DE VAPORIZACAO DA AGUA NO GRAD
  V=AS*(1.+0.8953*EXP(-0.1232*UMBS))
C TRANSFORMA VAZAO PARA KG AR/MINUTO.M3 DE GRAD
  Q=(AQ/VU)+((AQ/VU)*RM)
C CALCULA O TEOR DE UMIDADE DE EQUILIBRIO
  UED=(ALOG(A1)-ALOG(ABS(-RU*TABSR*ALOG(UR/100.))))/B1
  UE=UED*100.
  WRITE(5,700) UMBS,TI,AQ,UR,UE
700 FORMAT('1',10X,'TEOR DE UMIDADE INICIAL BS',4X,F5.2/11X,'TEMPERATU
1RA DO AR C',12X,F4.1/11X,'VAZAO DE AR M3/MIN/M3',9X,F5.2/11X,'UMID
2ADE RELATIVA PERC',9X,F5.2/11X,'TEOR DE UMIDADE DE EQUILIBRIO',6X,
3F5.2)
  WRITE(5,500) PSTI,PV,RM,VU,TWB,UREG,PSWB,HFG,B,TG,SA,AS,V,Q
500 FORMAT('/'/0', 9X,'PSTI=',F15.2/12X,'PV=',F15.2/12X,'RM=',F17.4/12X
1,'VU=',F15.2/11X,'TWB=',F14.1/10X,'UREG=',F15.2/10X,'PSWB=',F15.2/
211X,'HFG=',F16.3/13X,'B=',F16.3/12X,'TG=',F14.1/12X,'SA=',F16.3/12
3X,'AS=',F16.3/13X,'V=',F16.3/13X,'Q=',F15.2)
C TRANSFORMACAO DE UMIDADE DE BASE SECA PARA UMIDA
  UMBU=(UMBS/(UMBS+100.))*100.
C CALCULA A AREA DA BASE DO SILO
  AREA=0.7854*D**2
C CALCULA O PESO TOTAL DA MASSA DE GRAOS
  PT=AREA*H*PE
C CALCULA A QUANTIDADE DE AGUA EXISTENTE NOS GRAOS
  AGUA=PT*(UMBU/100.)
C CALCULA PESO DE MATERIA SECA EM 1 M3 DE GRAD
  W=(PT-AGUA)/(AREA*H)
C TRANSFORMA KG AR/MIN/M3 EM KG AR/MIN/M2
  QMPQ=Q*H
C CALCULA P DO BALANCO DE ENERGIA
  P=6000.*QMPQ*SA/(W*V)
C CALCULA A CONSTANTE DE SECAGEM
  AK=1941.*EXP(-5023./(1.8*TIABS))
C INICIA OS INCREMENTOS DE TEMPO
  DO 80 K=1,NH
  TEMPO=FLOAT(K)
C ESCREVE O CABECALHO
  WRITE(5,95)
95 FORMAT('1',10X,'ALTURA M',5X,'TEMPERATURA C',8X,'TEOR UMIDADE BS',
18X,'RAZAO DE UMIDADE')
C INCREMENTO DE ALTURA
  KH=H*100.+2.
  DO 100 KX=1,KH,10
  X=(FLOAT(KX)-1.)/100.
C CALCULA A DIFERENCA DE UMIDADES
  DM=UMBS-UE

```

```
C CALCULA A CONSTANTE C
  C=AK*DM/(P*(TI-TG))
  ECX=EXP(C*X)
  EKT=EXP(AK*TEMPO)
C CALCULA O TEOR DE UMIDADE NA ALTURA X
  AM=DM*ECX/(ECX+EKT-1.)+UE
  AMR=(AM-UE)/DM
C CALCULA A TEMPERATURA NA ALTURA X
  TEM=(TI-TG)*EKT/(EKT+ECX-1.)+TG
100 WRITE(5,101) X,TEM,AM,AMR
101 FORMAT('0',12X,F4.2,11X,F4.1,17X,F5.2,17X,F5.2)
  WRITE(5,102) TEMPO,UMBS,TI,AQ,UR
102 FORMAT('//0',10X,'TEMPO H',23X,F4.1/11X,'TEOR DE UMIDADE INICIAL B
1S',4X,F5.2/11X,'TEMPERATURA DO AR C',11X,F4.1/11X,'VAZAO DE AR M3/
2MIN/M3',9X,F3.0/11X,'UMIDADE RELATIVA PERC',9X,F3.0)
 80 CONTINUE
800 CALL EXIT
  END
```

APENDICE B

QUADRO 1B - Teores de umidade dos grãos localizados na parte inferior da câmara de secagem (altura h_1), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 18,53 | 18,76 | 18,73 | 18,64 |
| 2 | 17,21 | 17,45 | 17,41 | 17,24 |
| 3 | 16,61 | 16,38 | 16,32 | 16,08 |
| 4 | 15,77 | 15,49 | 15,42 | 15,13 |
| 6 | 14,59 | 14,17 | 14,08 | 13,71 |
| 8 | 14,25 | 13,27 | 13,17 | 12,74 |
| 10 | 13,61 | 12,66 | 12,55 | 12,09 |
| 12 | 12,88 | 12,25 | 12,13 | 11,65 |
| 14 | 12,57 | 11,97 | 11,85 | 11,35 |
| 16 | 12,20 | 11,79 | 11,66 | 11,15 |
| 18 | 11,99 | 11,66 | 11,53 | 11,01 |
| 20 | 12,13 | 11,57 | 11,44 | 10,92 |
| 22 | 11,89 | 11,51 | 11,38 | 10,85 |
| 24 | 11,67 | 11,47 | 11,34 | 10,81 |
| 26 | 11,49 | 11,45 | 11,32 | 10,78 |
| 28 | 11,55 | 11,43 | 11,30 | 10,76 |

$F_{AB} = 1,40$ n.s.

$F_{AC} = 4,06^*$

$F_{BC} = 2,90^*$

(*) - significativo ao nível de 5% de probabilidade

(n.s.) - não significativo ao nível de 5% de probabilidade

QUADRO 2B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,20 m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 19,80 | 19,49 | 19,46 | 19,40 |
| 2 | 18,94 | 18,64 | 18,60 | 18,47 |
| 3 | 17,90 | 17,83 | 17,76 | 17,58 |
| 4 | 17,24 | 17,05 | 16,97 | 16,74 |
| 6 | 15,81 | 15,67 | 15,57 | 15,25 |
| 8 | 15,21 | 14,53 | 14,42 | 14,04 |
| 10 | 14,38 | 13,65 | 13,52 | 13,10 |
| 12 | 13,51 | 12,98 | 12,86 | 12,39 |
| 14 | 13,09 | 12,50 | 12,37 | 11,89 |
| 16 | 12,67 | 12,16 | 12,03 | 11,53 |
| 18 | 12,42 | 11,92 | 11,79 | 11,27 |
| 20 | 12,23 | 11,75 | 11,62 | 11,10 |
| 22 | 12,20 | 11,64 | 11,50 | 10,98 |
| 24 | 12,01 | 11,56 | 11,43 | 10,90 |
| 26 | 11,78 | 11,50 | 11,37 | 10,84 |
| 28 | 11,78 | 11,47 | 11,34 | 10,80 |

$$F_{AB} = 1,53 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 4,60^*$$

$$F_{BC} = 3,01^*$$

QUADRO 3B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,40 m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 20,18 | 19,90 | 19,88 | 19,84 |
| 2 | 19,13 | 19,42 | 19,38 | 19,30 |
| 3 | 19,49 | 18,90 | 18,84 | 18,72 |
| 4 | 19,20 | 18,36 | 18,28 | 18,11 |
| 6 | 17,72 | 17,22 | 17,11 | 16,85 |
| 8 | 16,72 | 16,02 | 15,95 | 15,62 |
| 10 | 15,83 | 15,04 | 14,89 | 14,50 |
| 12 | 14,67 | 14,13 | 13,98 | 13,55 |
| 14 | 14,04 | 13,40 | 13,24 | 12,78 |
| 16 | 13,61 | 12,83 | 12,68 | 12,19 |
| 18 | 13,12 | 12,40 | 12,26 | 11,75 |
| 20 | 12,97 | 12,10 | 11,95 | 11,44 |
| 22 | 12,86 | 11,88 | 11,74 | 11,22 |
| 24 | 12,51 | 11,72 | 11,59 | 11,06 |
| 26 | 12,29 | 11,62 | 11,48 | 10,95 |
| 28 | 12,13 | 11,55 | 11,41 | 10,88 |

$$F_{AB} = 1,37 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 3,04^*$$

$$F_{BC} = 2,22 \text{ n.s.}$$

QUADRO 4B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,60 m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 20,02 | 20,12 | 20,11 | 20,08 |
| 2 | 20,50 | 19,87 | 19,84 | 19,78 |
| 3 | 20,51 | 19,57 | 19,53 | 19,45 |
| 4 | 20,10 | 19,24 | 19,18 | 19,07 |
| 6 | 19,05 | 18,48 | 18,38 | 18,19 |
| 8 | 18,58 | 17,58 | 17,45 | 17,19 |
| 10 | 17,27 | 16,61 | 16,45 | 16,12 |
| 12 | 16,10 | 15,63 | 15,45 | 15,06 |
| 14 | 15,21 | 14,71 | 14,52 | 14,09 |
| 16 | 14,76 | 13,90 | 13,72 | 13,25 |
| 18 | 14,09 | 13,24 | 13,06 | 12,57 |
| 20 | 13,61 | 12,72 | 12,55 | 12,04 |
| 22 | 13,53 | 12,33 | 12,17 | 11,65 |
| 24 | 13,17 | 12,04 | 11,89 | 11,37 |
| 26 | 12,85 | 11,84 | 11,70 | 11,17 |
| 28 | 12,66 | 11,70 | 11,56 | 11,03 |

$$F_{AB} = 1,32 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,53 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,91 \text{ n.s.}$$

QUADRO 5B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,80 m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 20,41 | 20,23 | 20,23 | 20,21 |
| 2 | 20,67 | 20,10 | 20,08 | 20,05 |
| 3 | 20,55 | 19,95 | 19,92 | 19,87 |
| 4 | 20,42 | 19,77 | 19,72 | 19,65 |
| 6 | 20,27 | 19,32 | 19,24 | 19,12 |
| 8 | 19,97 | 18,74 | 18,63 | 18,44 |
| 10 | 18,96 | 18,02 | 17,87 | 17,62 |
| 12 | 17,89 | 17,18 | 17,00 | 16,68 |
| 14 | 17,04 | 16,27 | 16,07 | 15,68 |
| 16 | 16,09 | 15,35 | 15,13 | 14,70 |
| 18 | 15,27 | 14,49 | 14,27 | 13,80 |
| 20 | 14,90 | 13,73 | 13,53 | 13,02 |
| 22 | 14,49 | 13,11 | 12,92 | 12,40 |
| 24 | 13,99 | 12,63 | 12,45 | 11,92 |
| 26 | 13,45 | 12,27 | 12,10 | 11,57 |
| 28 | 13,26 | 12,00 | 11,84 | 11,31 |

$$F_{AB} = 1,41 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,44 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,73 \text{ n.s.}$$

QUADRO 6B - Teores de umidade dos grãos localizados a 1,00 m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 19,95 | 20,29 | 20,28 | 20,28 |
| 2 | 20,04 | 20,22 | 20,21 | 20,20 |
| 3 | 19,99 | 20,15 | 20,13 | 20,10 |
| 4 | 20,20 | 20,05 | 20,02 | 19,98 |
| 6 | 20,15 | 19,81 | 19,76 | 19,68 |
| 8 | 20,39 | 19,48 | 19,40 | 19,28 |
| 10 | 20,08 | 19,03 | 18,92 | 18,74 |
| 12 | 19,37 | 18,45 | 18,30 | 18,06 |
| 14 | 18,23 | 17,74 | 17,55 | 17,24 |
| 16 | 17,18 | 16,92 | 16,70 | 16,32 |
| 18 | 16,50 | 16,03 | 15,79 | 15,35 |
| 20 | 15,81 | 15,14 | 14,89 | 14,41 |
| 22 | 15,32 | 14,31 | 14,07 | 13,56 |
| 24 | 14,57 | 13,60 | 13,37 | 12,84 |
| 25 | 14,11 | 13,01 | 12,80 | 12,26 |
| 28 | 13,73 | 12,55 | 12,36 | 11,82 |

$$F_{AB} = 1,44 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,70 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,87 \text{ n.s.}$$

QUADRO 7B - Teores de umidade dos grãos localizados a 1,20 m da base da câmara de secagem (altura h_7), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 20,53 | 20,32 | 20,31 | 20,31 |
| 2 | 20,61 | 20,29 | 20,28 | 20,27 |
| 3 | 20,46 | 20,25 | 20,23 | 20,22 |
| 4 | 20,36 | 20,20 | 20,18 | 20,16 |
| 6 | 20,22 | 20,07 | 20,04 | 20,00 |
| 8 | 20,57 | 19,90 | 19,85 | 19,77 |
| 10 | 20,19 | 19,65 | 19,57 | 19,46 |
| 12 | 19,72 | 19,30 | 19,19 | 19,04 |
| 14 | 19,14 | 18,84 | 18,70 | 18,48 |
| 16 | 18,08 | 18,26 | 18,07 | 17,78 |
| 18 | 17,55 | 17,54 | 17,31 | 16,95 |
| 20 | 16,66 | 16,72 | 16,45 | 16,03 |

$$F_{AB} = 1,37 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,52 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,84 \text{ n.s.}$$

QUADRO 8B - Teores de umidade dos grãos localizados na parte inferior da câmara de secagem (altura h_1), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 21,72 | 22,90 | 22,94 | 22,78 |
| 2 | 19,47 | 20,45 | 20,51 | 20,24 |
| 3 | 17,99 | 18,50 | 18,58 | 18,21 |
| 4 | 16,71 | 16,94 | 17,04 | 16,59 |
| 6 | 15,21 | 14,71 | 14,83 | 14,27 |
| 8 | 14,07 | 13,29 | 13,43 | 12,80 |
| 10 | 13,64 | 12,39 | 12,54 | 11,86 |
| 12 | 13,55 | 11,82 | 11,97 | 11,26 |
| 14 | 13,07 | 11,45 | 11,61 | 10,89 |
| 16 | 12,57 | 11,22 | 11,38 | 10,65 |
| 18 | 12,28 | 11,07 | 11,24 | 10,49 |
| 20 | 12,18 | 10,98 | 11,15 | 10,40 |
| 22 | 11,93 | 10,92 | 11,09 | 10,33 |
| 24 | 11,59 | 10,88 | 11,05 | 10,29 |
| 26 | 11,30 | 10,86 | 11,03 | 10,27 |

$$F_{AB} = 1,22 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,91 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 2,33 \text{ n.s.}$$

QUADRO 9B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,20m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 27,00 | 24,74 | 24,72 | 24,67 |
| 2 | 24,62 | 23,46 | 23,41 | 23,31 |
| 3 | 22,90 | 22,14 | 22,08 | 21,92 |
| 4 | 20,70 | 20,83 | 20,77 | 20,55 |
| 6 | 17,96 | 18,37 | 18,32 | 17,98 |
| 8 | 16,25 | 16,26 | 16,25 | 15,80 |
| 10 | 15,18 | 14,60 | 14,63 | 14,09 |
| 12 | 14,68 | 13,37 | 13,44 | 12,83 |
| 14 | 13,93 | 12,51 | 12,61 | 11,95 |
| 16 | 13,49 | 11,92 | 12,04 | 11,35 |
| 18 | 13,04 | 11,53 | 11,67 | 10,95 |
| 20 | 12,80 | 11,28 | 11,42 | 10,69 |
| 22 | 12,46 | 11,11 | 11,27 | 10,53 |
| 24 | 12,10 | 11,00 | 11,16 | 10,42 |
| 26 | 11,81 | 10,94 | 11,10 | 10,35 |

$$F_{AB} = 1,12 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,76 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,97 \text{ n.s.}$$

QUADRO 10B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,40 m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,99 | 25,52 | 25,49 | 25,48 |
| 2 | 26,01 | 24,99 | 24,93 | 24,91 |
| 3 | 26,19 | 24,38 | 24,29 | 24,25 |
| 4 | 25,57 | 23,68 | 23,56 | 23,49 |
| 6 | 22,14 | 22,04 | 21,87 | 21,75 |
| 8 | 19,53 | 20,17 | 19,98 | 19,77 |
| 10 | 17,78 | 18,23 | 18,04 | 17,74 |
| 12 | 16,62 | 16,40 | 16,26 | 15,86 |
| 14 | 15,61 | 14,84 | 14,76 | 14,27 |
| 16 | 14,54 | 13,61 | 13,59 | 13,02 |
| 18 | 13,96 | 12,71 | 12,74 | 12,11 |
| 20 | 13,52 | 12,07 | 12,14 | 11,47 |
| 22 | 13,17 | 11,63 | 11,74 | 11,04 |
| 24 | 12,71 | 11,34 | 11,47 | 10,75 |
| 26 | 12,25 | 11,16 | 11,30 | 10,56 |

$$F_{AB} = 1,02 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,72 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,75 \text{ n.s.}$$

QUADRO 11B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,60m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,77 | 25,81 | 25,80 | 25,80 |
| 2 | 25,68 | 25,62 | 25,58 | 25,58 |
| 3 | 25,80 | 25,38 | 25,32 | 25,31 |
| 4 | 25,49 | 25,09 | 25,00 | 24,99 |
| 6 | 25,35 | 24,33 | 24,18 | 24,16 |
| 8 | 23,91 | 23,29 | 23,07 | 23,02 |
| 10 | 22,02 | 21,94 | 21,65 | 21,56 |
| 12 | 20,07 | 20,32 | 19,99 | 19,84 |
| 14 | 18,18 | 18,54 | 18,22 | 17,98 |
| 16 | 16,72 | 16,79 | 16,51 | 16,17 |
| 18 | 15,59 | 15,22 | 15,01 | 14,58 |
| 20 | 14,91 | 13,93 | 13,81 | 13,29 |
| 22 | 14,25 | 12,95 | 12,90 | 12,31 |
| 24 | 13,57 | 12,24 | 12,26 | 11,62 |
| 26 | 13,07 | 11,75 | 11,82 | 11,14 |

$$F_{AB} = 1,14 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,21 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,94 \text{ n.s.}$$

QUADRO 12B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,30m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|------------------------------|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,96 | 25,92 | 25,91 | 25,91 |
| 2 | 25,83 | 25,85 | 25,83 | 25,83 |
| 3 | 26,20 | 25,76 | 25,73 | 25,73 |
| 4 | 25,87 | 25,65 | 25,61 | 25,61 |
| 6 | 25,58 | 25,36 | 25,27 | 25,28 |
| 8 | 25,42 | 24,92 | 24,78 | 24,78 |
| 10 | 25,42 | 24,27 | 24,06 | 24,06 |
| 12 | 24,73 | 23,37 | 23,08 | 23,06 |
| 14 | 22,65 | 22,18 | 21,79 | 21,75 |
| 16 | 20,36 | 20,70 | 20,25 | 20,15 |
| 18 | 18,55 | 19,01 | 18,54 | 18,38 |
| 20 | 17,26 | 17,28 | 16,85 | 16,59 |
| 22 | 16,11 | 15,67 | 15,32 | 14,95 |
| 24 | 15,15 | 14,30 | 14,06 | 13,59 |
| 26 | 14,38 | 13,23 | 13,09 | 12,54 |

$$F_{AB} = 1,50 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,14 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,43 \text{ n.s.}$$

QUADRO 13B - Teores de umidade dos grãos localizados na parte inferior da câmara de secagem (altura h_1), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,06 | 22,84 | 22,82 | 22,68 |
| 2 | 21,20 | 21,28 | 21,24 | 20,96 |
| 3 | 19,90 | 20,00 | 19,94 | 19,58 |
| 4 | 18,76 | 18,94 | 18,87 | 18,43 |
| 6 | 17,15 | 17,35 | 17,26 | 16,71 |
| 8 | 16,16 | 16,28 | 16,17 | 15,54 |
| 10 | 15,37 | 15,55 | 15,44 | 14,75 |
| 12 | 14,87 | 15,06 | 14,94 | 14,22 |
| 14 | 13,89 | 14,72 | 14,60 | 13,85 |
| 16 | 13,84 | 14,50 | 14,37 | 13,61 |
| 18 | 13,67 | 14,35 | 14,22 | 13,44 |
| 20 | 13,49 | 14,24 | 14,12 | 13,33 |
| 22 | 13,22 | 14,17 | 14,04 | 13,25 |
| 24 | 13,00 | 14,13 | 14,00 | 13,20 |
| 26 | 13,07 | 14,09 | 13,96 | 13,17 |
| 28 | 12,89 | 14,07 | 13,94 | 13,14 |
| 30 | 12,83 | 14,06 | 13,93 | 13,13 |

$$F_{AB} = 1,33 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 3,99^*$$

$$F_{BC} = 2,99^*$$

QUADRO 14B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,20 m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,05 | 24,22 | 24,28 | 24,14 |
| 2 | 24,75 | 23,64 | 23,56 | 23,48 |
| 3 | 23,77 | 23,02 | 22,90 | 22,78 |
| 4 | 22,63 | 22,37 | 22,21 | 22,05 |
| 6 | 20,50 | 21,00 | 20,80 | 20,53 |
| 8 | 18,90 | 19,65 | 19,41 | 19,05 |
| 10 | 17,29 | 18,39 | 18,15 | 17,69 |
| 12 | 16,49 | 17,31 | 17,07 | 16,53 |
| 14 | 15,20 | 16,43 | 16,21 | 15,60 |
| 16 | 14,88 | 15,75 | 15,55 | 14,88 |
| 18 | 14,57 | 15,24 | 15,05 | 14,35 |
| 20 | 14,10 | 14,87 | 14,70 | 13,97 |
| 22 | 14,10 | 14,61 | 14,45 | 13,70 |
| 24 | 13,52 | 14,43 | 14,28 | 13,51 |
| 26 | 13,55 | 14,30 | 14,16 | 13,38 |
| 28 | 13,26 | 14,21 | 14,07 | 13,29 |
| 30 | 13,12 | 14,15 | 14,02 | 13,23 |

$$F_{AB} = 1,35 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,78^*$$

$$F_{BC} = 2,05 \text{ n.s.}$$

QUADRO 15B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,40m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,02 | 24,61 | 25,59 | 24,58 |
| 2 | 24,84 | 24,46 | 24,66 | 24,40 |
| 3 | 25,03 | 24,27 | 24,41 | 24,17 |
| 4 | 25,05 | 24,06 | 23,96 | 23,92 |
| 6 | 24,17 | 23,52 | 23,35 | 23,28 |
| 8 | 23,00 | 22,82 | 22,58 | 22,46 |
| 10 | 21,11 | 21,96 | 21,65 | 21,47 |
| 12 | 19,81 | 20,96 | 20,59 | 20,34 |
| 14 | 17,90 | 19,87 | 19,46 | 19,13 |
| 16 | 16,89 | 18,77 | 18,35 | 17,94 |
| 18 | 16,15 | 17,74 | 17,34 | 16,85 |
| 20 | 15,66 | 16,83 | 16,47 | 15,91 |
| 22 | 14,88 | 16,09 | 15,77 | 15,15 |
| 24 | 14,73 | 15,51 | 15,24 | 14,56 |
| 26 | 14,48 | 15,08 | 14,84 | 14,13 |
| 28 | 14,10 | 14,76 | 14,55 | 13,81 |
| 30 | 13,92 | 14,53 | 14,35 | 13,59 |

$$F_{AB} = 1,59 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,53 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,59 \text{ n.s.}$$

QUADRO 16B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,60m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,11 | 24,71 | 24,71 | 24,70 |
| 2 | 25,13 | 24,67 | 24,66 | 24,65 |
| 3 | 24,99 | 24,63 | 24,60 | 24,59 |
| 4 | 24,92 | 24,57 | 24,53 | 24,52 |
| 6 | 25,05 | 24,42 | 24,35 | 24,33 |
| 8 | 25,05 | 24,21 | 24,09 | 24,07 |
| 10 | 24,53 | 23,91 | 23,73 | 23,69 |
| 12 | 23,81 | 23,50 | 23,25 | 23,18 |
| 14 | 21,87 | 22,95 | 22,61 | 22,52 |
| 16 | 20,66 | 22,25 | 21,82 | 21,68 |
| 18 | 19,33 | 21,39 | 20,88 | 20,68 |
| 20 | 17,99 | 20,41 | 19,84 | 19,57 |
| 22 | 17,11 | 19,36 | 18,77 | 18,42 |
| 24 | 16,40 | 18,32 | 17,74 | 17,31 |
| 26 | 16,27 | 17,35 | 16,83 | 16,32 |
| 28 | 15,42 | 16,53 | 16,07 | 15,49 |
| 30 | 14,82 | 15,85 | 15,47 | 14,83 |

$$F_{AB} = 1,71 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,43 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,42 \text{ n.s.}$$

QUADRO 17B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,80 m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 25,13 | 24,74 | 24,73 | 24,73 |
| 2 | 25,16 | 24,73 | 24,72 | 24,72 |
| 3 | 25,00 | 24,72 | 24,71 | 24,71 |
| 4 | 25,07 | 24,70 | 24,69 | 24,69 |
| 6 | 25,10 | 24,67 | 24,64 | 24,64 |
| 8 | 25,08 | 24,61 | 24,57 | 24,56 |
| 10 | 24,89 | 24,53 | 24,47 | 24,46 |
| 12 | 24,64 | 24,42 | 24,32 | 24,30 |
| 14 | 23,95 | 24,25 | 24,10 | 24,08 |
| 16 | 23,54 | 24,01 | 23,80 | 23,78 |
| 18 | 22,70 | 23,69 | 23,39 | 23,35 |
| 20 | 21,31 | 23,24 | 22,84 | 22,78 |
| 22 | 20,46 | 22,65 | 22,14 | 22,04 |
| 24 | 19,15 | 21,90 | 21,28 | 21,14 |
| 26 | 18,24 | 21,01 | 20,30 | 20,09 |
| 28 | 17,71 | 20,01 | 19,24 | 18,97 |
| 30 | 16,52 | 18,96 | 18,20 | 17,89 |

$$F_{AB} = 1,78 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,17 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,22 \text{ n.s.}$$

QUADRO 18B - Teores de umidade dos grãos localizados na parte inferior da câmara de secagem (altura h_1), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 17,18 | 18,01 | 18,04 | 17,89 |
| 2 | 15,66 | 16,52 | 16,58 | 16,31 |
| 3 | 15,61 | 15,33 | 15,41 | 15,04 |
| 4 | 15,53 | 14,38 | 14,47 | 14,03 |
| 6 | 13,58 | 13,02 | 13,14 | 12,59 |
| 8 | 13,13 | 12,15 | 12,29 | 11,67 |
| 10 | 12,64 | 11,60 | 11,75 | 11,09 |
| 12 | 12,32 | 11,25 | 11,41 | 10,72 |
| 14 | 12,27 | 11,03 | 11,19 | 10,48 |
| 16 | 12,04 | 10,89 | 11,05 | 10,33 |
| 18 | 12,06 | 10,80 | 10,96 | 10,24 |
| 20 | 12,07 | 10,74 | 10,90 | 10,17 |
| 22 | 11,79 | 10,71 | 10,87 | 10,14 |
| 24 | 11,84 | 10,69 | 10,85 | 10,11 |
| 26 | 11,11 | 10,67 | 10,83 | 10,10 |

$$F_{AB} = 1,28 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,06 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 2,64 \text{ n.s.}$$

QUADRO 19B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,20m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 19,56 | 19,04 | 19,04 | 18,96 |
| 2 | 18,39 | 18,18 | 18,17 | 18,01 |
| 3 | 17,14 | 17,32 | 17,31 | 17,08 |
| 4 | 16,04 | 16,48 | 16,49 | 16,18 |
| 6 | 14,94 | 14,95 | 14,98 | 14,55 |
| 8 | 14,16 | 13,70 | 13,75 | 13,23 |
| 10 | 13,47 | 12,74 | 12,82 | 12,22 |
| 12 | 12,98 | 12,04 | 12,15 | 11,51 |
| 14 | 12,81 | 11,56 | 11,69 | 11,01 |
| 16 | 12,45 | 11,24 | 11,38 | 10,68 |
| 18 | 12,21 | 11,03 | 11,18 | 10,46 |
| 20 | 12,09 | 10,89 | 11,04 | 10,32 |
| 22 | 12,06 | 10,80 | 10,96 | 10,23 |
| 24 | 12,07 | 10,75 | 10,90 | 10,17 |
| 26 | 11,44 | 10,71 | 10,87 | 10,13 |

$$F_{AB} = 1,28 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 2,23 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 2,85 \text{ n.s.}$$

QUADRO 20B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,40m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 20,77 | 19,53 | 19,52 | 19,48 |
| 2 | 20,48 | 19,12 | 19,10 | 19,02 |
| 3 | 19,82 | 18,66 | 18,63 | 18,50 |
| 4 | 19,12 | 18,15 | 18,11 | 17,92 |
| 6 | 16,95 | 17,00 | 16,95 | 16,66 |
| 8 | 15,78 | 15,77 | 15,73 | 15,32 |
| 10 | 14,24 | 14,57 | 14,55 | 14,06 |
| 12 | 14,10 | 13,52 | 13,53 | 12,96 |
| 14 | 13,79 | 12,66 | 12,71 | 12,09 |
| 16 | 13,47 | 12,02 | 12,10 | 11,44 |
| 18 | 13,36 | 11,56 | 11,67 | 10,98 |
| 20 | 13,16 | 11,25 | 11,37 | 10,66 |
| 22 | 12,90 | 11,03 | 11,17 | 10,45 |
| 24 | 12,41 | 10,90 | 11,04 | 10,32 |
| 26 | 11,98 | 10,81 | 10,96 | 10,23 |

$$F_{AB} = 1,10 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,74 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,92 \text{ n.s.}$$

QUADRO 21B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,60m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 21,73 | 19,74 | 19,73 | 19,71 |
| 2 | 21,50 | 19,57 | 19,55 | 19,51 |
| 3 | 19,96 | 19,36 | 19,33 | 19,26 |
| 4 | 19,83 | 19,11 | 19,07 | 18,97 |
| 6 | 19,63 | 18,48 | 18,41 | 18,24 |
| 8 | 18,06 | 17,66 | 17,57 | 17,30 |
| 10 | 16,59 | 16,66 | 16,56 | 16,20 |
| 12 | 15,78 | 15,57 | 15,47 | 15,01 |
| 14 | 14,95 | 14,47 | 14,40 | 13,86 |
| 16 | 14,25 | 13,48 | 13,44 | 12,84 |
| 18 | 14,24 | 12,65 | 12,67 | 12,02 |
| 20 | 13,83 | 12,03 | 12,08 | 11,40 |
| 22 | 13,35 | 11,57 | 11,65 | 10,95 |
| 24 | 13,24 | 11,25 | 11,36 | 10,65 |
| 26 | 12,35 | 11,04 | 11,17 | 10,44 |

$$F_{AB} = 1,03 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,67 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,71 \text{ n.s.}$$

QUADRO 22B - Teores de umidade dos grãos localizados a 0,80m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 21,74 | 19,83 | 19,82 | 19,81 |
| 2 | 22,44 | 19,76 | 19,75 | 19,73 |
| 3 | 21,96 | 19,67 | 19,65 | 19,62 |
| 4 | 21,80 | 19,56 | 19,54 | 19,49 |
| 6 | 21,56 | 19,27 | 19,22 | 19,13 |
| 8 | 20,87 | 18,85 | 18,78 | 18,63 |
| 10 | 19,72 | 18,27 | 18,16 | 17,94 |
| 12 | 18,29 | 17,50 | 17,36 | 17,05 |
| 14 | 17,06 | 16,57 | 16,41 | 16,00 |
| 16 | 16,19 | 15,52 | 15,37 | 14,87 |
| 18 | 15,62 | 14,46 | 14,33 | 13,76 |
| 20 | 15,11 | 13,49 | 13,41 | 12,77 |
| 22 | 14,49 | 12,67 | 12,64 | 11,97 |
| 24 | 14,15 | 12,04 | 12,07 | 11,37 |
| 26 | 13,29 | 11,58 | 11,65 | 10,93 |

$$F_{AB} = 1,04 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,42 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,36 \text{ n.s.}$$

QUADRO 23B - Teores de umidade dos grãos localizados a 1,00m da base da câmara de secagem (altura h_G), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Teores de umidade observados (% base seca) | Teores de umidade calculados (% base seca) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 22,31 | 19,86 | 19,86 | 19,86 |
| 2 | 22,56 | 19,83 | 19,83 | 19,82 |
| 3 | 22,38 | 19,80 | 19,79 | 19,77 |
| 4 | 22,38 | 19,75 | 19,74 | 19,72 |
| 6 | 22,34 | 19,63 | 19,60 | 19,56 |
| 8 | 22,21 | 19,45 | 19,40 | 19,33 |
| 10 | 21,71 | 19,17 | 19,10 | 18,98 |
| 12 | 20,61 | 18,77 | 18,66 | 18,48 |
| 14 | 19,87 | 18,21 | 18,06 | 17,80 |
| 16 | 18,51 | 17,47 | 17,28 | 16,93 |
| 18 | 17,48 | 16,56 | 16,34 | 15,90 |
| 20 | 16,46 | 15,53 | 15,32 | 14,78 |
| 22 | 15,76 | 14,48 | 14,30 | 13,69 |
| 24 | 15,10 | 13,51 | 13,38 | 12,72 |
| 26 | 14,08 | 12,70 | 12,63 | 11,94 |

$$F_{AB} = 1,07 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,29 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,21 \text{ n.s.}$$

QUADRO 24B - Temperaturas do ar a 0,20 m da base da câmara de secagem (altura h_2) em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 27,3 | 26,9 | 26,8 | 26,6 |
| 2 | 27,9 | 27,2 | 27,2 | 27,0 |
| 3 | 27,5 | 27,5 | 27,5 | 27,3 |
| 4 | 29,5 | 27,8 | 27,8 | 27,7 |
| 6 | 29,6 | 28,4 | 28,3 | 28,2 |
| 8 | 30,3 | 28,8 | 28,8 | 28,7 |
| 10 | 30,1 | 29,1 | 29,1 | 29,1 |
| 12 | 30,4 | 29,4 | 29,4 | 29,4 |
| 14 | 30,3 | 29,6 | 29,6 | 29,5 |
| 16 | 30,6 | 29,7 | 29,7 | 29,7 |
| 18 | 30,4 | 29,8 | 29,8 | 29,8 |
| 20 | 30,2 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |
| 22 | 29,7 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |
| 24 | 30,5 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |
| 26 | 30,8 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |
| 28 | 30,4 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |

$$F_{AB} = 1,03 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,17 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,13 \text{ n.s.}$$

QUADRO 25B - Temperaturas do ar a 0,40 m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,8 | 25,2 | 25,0 | 24,7 |
| 2 | 24,9 | 25,4 | 25,3 | 25,0 |
| 3 | 24,7 | 25,7 | 25,6 | 25,3 |
| 4 | 26,8 | 26,0 | 26,0 | 25,7 |
| 6 | 28,0 | 26,7 | 26,6 | 26,4 |
| 8 | 29,2 | 27,3 | 27,3 | 27,1 |
| 10 | 29,1 | 27,9 | 27,9 | 27,8 |
| 12 | 29,8 | 28,4 | 28,4 | 28,4 |
| 14 | 29,5 | 28,9 | 28,9 | 28,8 |
| 16 | 30,0 | 29,2 | 29,2 | 29,1 |
| 18 | 30,0 | 29,4 | 29,4 | 29,4 |
| 20 | 30,0 | 29,6 | 29,6 | 29,6 |
| 22 | 29,5 | 29,7 | 29,7 | 29,7 |
| 24 | 30,4 | 29,8 | 29,8 | 29,8 |
| 26 | 30,6 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |
| 28 | 30,3 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |

$$F_{AB} = 1,04 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,05 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,09 \text{ n.s.}$$

QUADRO 26B - Temperaturas do ar a 0,60 m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 22,5 | 24,2 | 24,0 | 23,6 |
| 2 | 22,8 | 24,4 | 24,2 | 23,8 |
| 3 | 22,5 | 24,6 | 24,4 | 24,0 |
| 4 | 24,5 | 24,8 | 24,7 | 24,3 |
| 6 | 26,1 | 25,3 | 25,2 | 24,9 |
| 8 | 27,6 | 25,9 | 25,8 | 25,6 |
| 10 | 28,1 | 26,5 | 26,5 | 26,3 |
| 12 | 28,9 | 27,2 | 27,2 | 27,0 |
| 14 | 29,0 | 27,8 | 27,8 | 27,7 |
| 16 | 29,3 | 28,3 | 28,3 | 28,3 |
| 18 | 29,3 | 28,8 | 28,8 | 28,7 |
| 20 | 29,4 | 29,1 | 29,1 | 29,1 |
| 22 | 29,2 | 29,4 | 29,4 | 29,4 |
| 24 | 30,1 | 29,6 | 29,6 | 29,6 |
| 26 | 30,4 | 29,7 | 29,7 | 29,7 |
| 28 | 30,2 | 29,8 | 29,8 | 29,8 |

$$F_{AB} = 1,07 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,09 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,01 \text{ n.s.}$$

QUADRO 27B - Temperaturas do ar a 0,80m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,0 | 23,7 | 23,5 | 23,1 |
| 2 | 22,5 | 23,8 | 23,6 | 23,2 |
| 3 | 21,5 | 23,9 | 23,8 | 23,3 |
| 4 | 22,8 | 24,1 | 23,9 | 23,5 |
| 6 | 24,2 | 24,4 | 24,2 | 23,9 |
| 8 | 25,6 | 24,8 | 24,7 | 24,3 |
| 10 | 26,6 | 25,3 | 25,2 | 25,0 |
| 12 | 27,7 | 25,9 | 25,9 | 25,6 |
| 14 | 28,0 | 26,6 | 26,5 | 26,4 |
| 16 | 28,5 | 27,2 | 27,2 | 27,1 |
| 18 | 28,6 | 27,8 | 27,8 | 27,7 |
| 20 | 28,7 | 28,3 | 27,4 | 28,3 |
| 22 | 28,7 | 28,8 | 28,8 | 28,8 |
| 24 | 29,6 | 29,1 | 29,1 | 29,1 |
| 26 | 30,0 | 29,4 | 29,4 | 29,4 |
| 28 | 30,0 | 29,6 | 29,6 | 29,6 |

$$F_{AB} = 1,05 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,06 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,01 \text{ n.s.}$$

QUADRO 28B - Temperaturas do ar a 1,00m da base da câmara de secagem (altura h_6), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,2 | 23,5 | 23,3 | 22,8 |
| 2 | 21,8 | 23,6 | 23,3 | 22,8 |
| 3 | 21,0 | 23,6 | 23,4 | 22,9 |
| 4 | 22,2 | 23,7 | 23,5 | 23,0 |
| 6 | 22,9 | 23,9 | 23,7 | 23,2 |
| 8 | 24,3 | 24,1 | 23,9 | 23,5 |
| 10 | 25,2 | 24,4 | 24,3 | 23,9 |
| 12 | 26,4 | 24,9 | 24,8 | 24,4 |
| 14 | 27,0 | 25,4 | 25,3 | 25,1 |
| 16 | 27,5 | 25,0 | 26,0 | 25,8 |
| 18 | 27,9 | 26,6 | 26,6 | 26,5 |
| 20 | 28,0 | 27,3 | 27,3 | 27,2 |
| 22 | 28,1 | 27,9 | 27,9 | 27,9 |
| 24 | 29,0 | 28,4 | 28,4 | 28,4 |
| 26 | 29,7 | 28,8 | 29,0 | 28,8 |
| 28 | 29,7 | 29,2 | 29,2 | 29,2 |

$$F_{AB} = 1,11 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,10 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,00 \text{ n.s.}$$

QUADRO 29B - Temperaturas do ar a 1,20m da base da câmara de secagem (altura h_7), em relação ao tempo, para o teste 1.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 22,8 | 23,4 | 23,2 | 22,6 |
| 2 | 21,6 | 23,4 | 23,2 | 22,6 |
| 3 | 20,8 | 23,4 | 23,2 | 22,7 |
| 4 | 21,5 | 23,5 | 23,3 | 22,7 |
| 6 | 21,7 | 23,6 | 23,4 | 22,9 |
| 8 | 22,5 | 23,7 | 23,5 | 23,0 |
| 10 | 23,0 | 23,9 | 23,7 | 23,3 |
| 12 | 24,2 | 24,1 | 24,0 | 23,6 |
| 14 | 25,1 | 24,5 | 24,4 | 24,0 |
| 16 | 25,9 | 24,9 | 24,9 | 24,6 |
| 18 | 26,5 | 25,4 | 25,4 | 25,2 |
| 20 | 27,0 | 26,1 | 26,1 | 25,9 |

$$F_{AB} = 1,20 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,68 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,40 \text{ n.s.}$$

QUADRO 30B - Temperaturas do ar a 0,20m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 24,6 | 29,4 | 29,4 | 29,2 |
| 2 | 29,1 | 30,0 | 30,0 | 29,7 |
| 3 | 31,1 | 30,5 | 30,5 | 30,3 |
| 4 | 31,9 | 31,0 | 31,0 | 30,8 |
| 6 | 33,2 | 32,0 | 32,0 | 31,9 |
| 8 | 34,0 | 32,8 | 32,9 | 32,8 |
| 10 | 34,5 | 33,5 | 33,5 | 33,4 |
| 12 | 34,7 | 34,0 | 34,0 | 33,9 |
| 14 | 34,6 | 34,3 | 34,3 | 34,3 |
| 16 | 34,6 | 34,6 | 34,6 | 34,5 |
| 18 | 34,5 | 34,7 | 34,7 | 34,7 |
| 20 | 34,7 | 34,8 | 34,8 | 34,8 |
| 22 | 34,7 | 34,9 | 34,9 | 34,9 |
| 24 | 34,7 | 34,9 | 34,9 | 34,9 |
| 26 | 34,8 | 35,0 | 35,0 | 35,0 |

$$F_{AB} = 1,01 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,04 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,03 \text{ n.s.}$$

QUADRO 31B - Temperaturas do ar a 0,40m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,0 | 27,1 | 27,0 | 26,7 |
| 2 | 23,4 | 27,4 | 27,3 | 27,0 |
| 3 | 25,6 | 27,7 | 27,7 | 27,3 |
| 4 | 26,5 | 28,1 | 28,1 | 27,7 |
| 6 | 30,2 | 29,0 | 29,0 | 28,7 |
| 8 | 32,3 | 30,0 | 30,0 | 29,8 |
| 10 | 33,5 | 31,0 | 31,1 | 30,9 |
| 12 | 33,8 | 32,0 | 32,1 | 31,9 |
| 14 | 34,0 | 32,8 | 32,9 | 32,8 |
| 16 | 34,2 | 33,5 | 33,6 | 33,5 |
| 18 | 34,2 | 34,0 | 34,0 | 34,0 |
| 20 | 34,4 | 34,3 | 34,4 | 34,3 |
| 22 | 34,4 | 34,6 | 34,6 | 34,6 |
| 24 | 34,4 | 34,7 | 34,7 | 34,7 |
| 26 | 34,8 | 34,8 | 34,8 | 34,8 |

$$F_{AB} = 1,05 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,12 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,06 \text{ n.s.}$$

QUADRO 32B - Temperaturas do ar a 0,60m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 22,5 | 26,2 | 26,0 | 25,7 |
| 2 | 23,5 | 26,3 | 26,2 | 25,8 |
| 3 | 24,0 | 26,5 | 26,3 | 26,0 |
| 4 | 23,5 | 26,6 | 26,5 | 26,7 |
| 6 | 24,9 | 27,1 | 27,0 | 26,7 |
| 8 | 28,5 | 27,7 | 27,7 | 27,4 |
| 10 | 31,1 | 28,5 | 28,6 | 28,2 |
| 12 | 32,2 | 29,4 | 29,5 | 29,3 |
| 14 | 32,8 | 30,5 | 30,6 | 30,4 |
| 16 | 33,4 | 31,4 | 31,7 | 31,4 |
| 18 | 33,5 | 32,4 | 32,6 | 32,4 |
| 20 | 33,8 | 33,2 | 33,3 | 33,2 |
| 22 | 34,0 | 33,7 | 33,8 | 33,8 |
| 24 | 34,0 | 34,2 | 34,2 | 34,2 |
| 26 | 34,5 | 34,5 | 34,5 | 34,5 |

$F_{AB} = 1,12$ n.s.

$F_{AC} = 1,14$ n.s.

$F_{BC} = 1,02$ n.s.

QUADRO 33B - Temperaturas do ar a 0,30m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 2.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 22,8 | 25,9 | 25,7 | 25,3 |
| 2 | 23,2 | 25,9 | 25,7 | 25,4 |
| 3 | 24,3 | 26,0 | 25,8 | 25,4 |
| 4 | 23,7 | 26,1 | 25,9 | 25,5 |
| 6 | 23,6 | 26,2 | 26,1 | 25,7 |
| 8 | 25,5 | 26,5 | 26,4 | 26,0 |
| 10 | 27,7 | 26,9 | 26,8 | 26,5 |
| 12 | 29,5 | 27,4 | 26,5 | 27,1 |
| 14 | 31,0 | 28,1 | 28,3 | 27,9 |
| 16 | 32,0 | 29,0 | 29,2 | 28,9 |
| 18 | 32,5 | 30,5 | 30,3 | 30,0 |
| 20 | 32,9 | 31,1 | 31,3 | 31,1 |
| 22 | 33,3 | 32,1 | 32,3 | 32,1 |
| 24 | 33,3 | 32,9 | 33,1 | 32,9 |
| 26 | 34,2 | 33,5 | 33,7 | 33,6 |

$$F_{AB} = 1,04 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,12 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,08 \text{ n.s.}$$

QUADRO 34B - Temperaturas do ar a 0,20m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,9 | 26,3 | 26,1 | 25,9 |
| 2 | 24,8 | 26,5 | 26,4 | 26,1 |
| 3 | 26,0 | 26,7 | 26,6 | 26,4 |
| 4 | 27,1 | 26,9 | 26,9 | 26,6 |
| 6 | 28,5 | 27,4 | 27,4 | 27,2 |
| 8 | 29,3 | 27,9 | 27,9 | 27,8 |
| 10 | 30,4 | 28,4 | 28,4 | 28,3 |
| 12 | 30,2 | 28,8 | 28,8 | 28,7 |
| 14 | 29,8 | 29,1 | 29,1 | 29,1 |
| 16 | 30,0 | 29,4 | 29,4 | 29,3 |
| 18 | 30,0 | 29,6 | 29,6 | 29,5 |
| 20 | 30,0 | 29,7 | 29,7 | 29,7 |
| 22 | 29,9 | 29,8 | 29,8 | 29,8 |
| 24 | 30,0 | 29,9 | 29,9 | 29,8 |
| 26 | 30,2 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |
| 28 | 30,4 | 29,9 | 29,9 | 29,9 |
| 30 | 31,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 |

$$F_{AB} = 1,07 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,07 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,00 \text{ n.s.}$$

QUADRO 35B - Temperaturas do ar a 0,40m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,7 | 25,2 | 24,9 | 24,6 |
| 2 | 23,5 | 25,3 | 25,0 | 24,7 |
| 3 | 23,4 | 25,3 | 25,1 | 24,8 |
| 4 | 23,7 | 25,4 | 25,2 | 24,9 |
| 6 | 25,2 | 25,7 | 25,5 | 25,2 |
| 8 | 26,7 | 26,0 | 25,9 | 25,6 |
| 10 | 28,2 | 26,4 | 26,3 | 26,1 |
| 12 | 29,0 | 26,8 | 26,8 | 26,6 |
| 14 | 28,9 | 27,3 | 27,4 | 27,2 |
| 16 | 29,3 | 27,8 | 27,9 | 27,7 |
| 18 | 29,5 | 28,3 | 28,4 | 28,2 |
| 20 | 29,5 | 28,7 | 28,8 | 28,7 |
| 22 | 29,5 | 29,1 | 29,1 | 29,0 |
| 24 | 29,5 | 29,3 | 29,4 | 29,3 |
| 26 | 30,1 | 29,5 | 29,6 | 29,5 |
| 28 | 30,3 | 29,7 | 29,7 | 29,7 |
| 30 | 30,7 | 29,8 | 29,8 | 29,8 |

$$F_{AB} = 1,15 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,11 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,04 \text{ n.s.}$$

QUADRO 36B - Temperaturas do ar a 0,50m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,7 | 24,9 | 24,6 | 24,3 |
| 2 | 23,5 | 24,9 | 24,6 | 24,3 |
| 3 | 23,3 | 25,0 | 24,7 | 24,3 |
| 4 | 23,5 | 25,0 | 24,7 | 24,4 |
| 6 | 23,7 | 25,0 | 24,8 | 24,4 |
| 8 | 24,0 | 25,2 | 24,9 | 24,6 |
| 10 | 25,0 | 25,3 | 25,1 | 24,8 |
| 12 | 26,4 | 25,5 | 25,3 | 25,0 |
| 14 | 26,9 | 25,7 | 25,7 | 25,3 |
| 16 | 27,8 | 26,1 | 26,1 | 25,8 |
| 18 | 28,5 | 26,5 | 26,5 | 26,3 |
| 20 | 28,8 | 27,0 | 27,0 | 26,8 |
| 22 | 28,9 | 27,5 | 27,6 | 27,4 |
| 24 | 29,0 | 28,0 | 28,1 | 27,9 |
| 26 | 29,7 | 28,4 | 28,5 | 28,4 |
| 28 | 30,0 | 28,8 | 28,9 | 28,8 |
| 30 | 30,4 | 29,1 | 29,2 | 29,1 |

$$F_{AB} = 1,19 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,09 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,09 \text{ n.s.}$$

QUADRO 37B - Temperaturas do ar a 0,80m da base da câmara de secagem (altura h_6), em relação ao tempo, para o teste 3.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 23,7 | 24,8 | 24,5 | 24,2 |
| 2 | 23,1 | 24,8 | 24,5 | 24,2 |
| 3 | 23,3 | 24,9 | 24,6 | 24,2 |
| 4 | 23,5 | 24,9 | 24,6 | 24,2 |
| 6 | 23,7 | 24,9 | 24,6 | 24,2 |
| 8 | 23,7 | 24,9 | 24,6 | 24,3 |
| 10 | 24,0 | 24,9 | 24,7 | 24,3 |
| 12 | 24,5 | 25,0 | 24,7 | 24,4 |
| 14 | 25,0 | 25,1 | 24,9 | 24,5 |
| 16 | 26,4 | 25,2 | 25,0 | 24,7 |
| 18 | 27,5 | 25,4 | 25,2 | 24,9 |
| 20 | 28,0 | 25,6 | 25,5 | 25,2 |
| 22 | 28,2 | 25,9 | 25,8 | 25,5 |
| 24 | 28,5 | 26,2 | 26,3 | 26,0 |
| 26 | 29,2 | 26,6 | 26,8 | 26,5 |
| 28 | 29,7 | 27,1 | 27,3 | 27,1 |
| 30 | 30,0 | 27,6 | 27,8 | 27,6 |

$F_{AB} = 1,12$ n.s.

$F_{AC} = 1,01$ n.s.

$F_{BC} = 1,13$ n.s.

QUADRO 38B - Temperaturas do ar a 0,20m da base da câmara de secagem (altura h_2), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas ($^{\circ}\text{C}$) | Temperaturas calculadas ($^{\circ}\text{C}$) | | |
|--------------------------|--|--|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 27,5 | 30,6 | 30,6 | 30,2 |
| 2 | 30,4 | 31,0 | 31,1 | 30,8 |
| 3 | 31,8 | 31,5 | 31,5 | 31,3 |
| 4 | 32,8 | 31,9 | 32,0 | 31,7 |
| 6 | 33,6 | 32,7 | 32,8 | 32,6 |
| 8 | 33,9 | 33,4 | 33,4 | 33,3 |
| 10 | 34,2 | 33,9 | 33,9 | 33,8 |
| 12 | 34,7 | 34,3 | 34,3 | 34,2 |
| 14 | 34,8 | 34,5 | 34,5 | 34,5 |
| 16 | 34,5 | 34,7 | 34,7 | 34,7 |
| 18 | 34,7 | 34,8 | 34,8 | 34,8 |
| 20 | 34,8 | 34,9 | 34,9 | 34,9 |
| 22 | 34,8 | 34,9 | 34,9 | 34,9 |
| 24 | 34,8 | 34,9 | 34,9 | 34,9 |
| 26 | 34,7 | 34,0 | 35,0 | 35,0 |

$$F_{AB} = 1,02 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,14 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,12 \text{ n.s.}$$

QUADRO 39B - Temperaturas do ar a 0,40m da base da câmara de secagem (altura h_3), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 24,8 | 28,5 | 28,5 | 27,9 |
| 2 | 25,5 | 28,8 | 28,8 | 28,2 |
| 3 | 27,7 | 29,1 | 29,2 | 28,6 |
| 4 | 29,4 | 29,5 | 29,5 | 29,1 |
| 6 | 31,4 | 30,3 | 30,4 | 30,0 |
| 8 | 32,3 | 31,2 | 31,3 | 31,0 |
| 10 | 33,1 | 32,1 | 32,2 | 32,0 |
| 12 | 34,0 | 32,9 | 33,0 | 32,8 |
| 14 | 34,3 | 33,5 | 33,6 | 33,5 |
| 16 | 34,0 | 34,0 | 34,0 | 34,0 |
| 18 | 34,5 | 34,5 | 34,4 | 34,3 |
| 20 | 34,5 | 34,6 | 34,6 | 34,6 |
| 22 | 34,5 | 34,7 | 34,7 | 34,7 |
| 24 | 34,5 | 34,8 | 34,8 | 34,8 |
| 26 | 34,7 | 34,9 | 34,9 | 34,9 |

$$F_{AB} = 1,02 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,28 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,26 \text{ n.s.}$$

QUADRO 4OB - Temperaturas do ar a 0,60m da base da câmara de secagem (altura h_4), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 24,7 | 27,6 | 27,5 | 26,8 |
| 2 | 24,2 | 27,7 | 27,7 | 27,0 |
| 3 | 24,5 | 27,9 | 27,9 | 27,2 |
| 4 | 25,5 | 28,1 | 28,1 | 27,5 |
| 6 | 27,7 | 28,6 | 28,6 | 28,1 |
| 8 | 29,7 | 29,3 | 29,4 | 28,9 |
| 10 | 30,9 | 30,1 | 30,2 | 29,8 |
| 12 | 32,5 | 31,0 | 31,1 | 30,8 |
| 14 | 33,4 | 31,9 | 32,0 | 31,8 |
| 16 | 33,2 | 32,7 | 32,8 | 32,7 |
| 18 | 33,7 | 33,4 | 33,4 | 33,4 |
| 20 | 33,8 | 33,9 | 33,9 | 33,9 |
| 22 | 33,9 | 34,2 | 34,3 | 34,3 |
| 24 | 34,0 | 34,5 | 34,5 | 34,5 |
| 26 | 34,5 | 34,7 | 34,7 | 34,7 |

$$F_{AB} = 1,03 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,44 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,40 \text{ n.s.}$$

QUADRO 41B - Temperaturas do ar a 0,30m da base da câmara de secagem (altura h_5), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 24,7 | 27,2 | 27,2 | 26,4 |
| 2 | 24,2 | 27,3 | 27,2 | 26,5 |
| 3 | 24,4 | 27,3 | 27,3 | 26,6 |
| 4 | 24,7 | 27,4 | 27,4 | 26,7 |
| 6 | 25,1 | 27,7 | 27,7 | 27,0 |
| 8 | 27,2 | 28,0 | 28,1 | 27,4 |
| 10 | 29,0 | 28,5 | 28,6 | 28,1 |
| 12 | 31,2 | 29,1 | 29,3 | 28,8 |
| 14 | 32,5 | 30,0 | 30,1 | 29,8 |
| 16 | 32,5 | 30,9 | 31,0 | 30,8 |
| 18 | 33,1 | 31,8 | 31,9 | 31,7 |
| 20 | 33,5 | 32,6 | 32,7 | 32,6 |
| 22 | 33,5 | 33,3 | 33,4 | 33,3 |
| 24 | 33,7 | 33,1 | 33,9 | 33,9 |
| 26 | 34,4 | 34,2 | 34,3 | 34,2 |

$$F_{AB} = 1,06 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,37 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,30 \text{ n.s.}$$

QUADRO 42B - Temperaturas do ar a 1,00m da base da câmara de secagem (altura h_G), em relação ao tempo, para o teste 4.

| Tempo de secagem (horas) | Temperaturas observadas (°C) | Temperaturas calculadas (°C) | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| | | Simulação A | Simulação B | Simulação C |
| 1 | 24,6 | 27,1 | 27,0 | 26,2 |
| 2 | 23,7 | 27,1 | 27,0 | 26,2 |
| 3 | 23,9 | 27,1 | 27,1 | 26,3 |
| 4 | 24,5 | 27,1 | 27,1 | 26,3 |
| 6 | 24,2 | 27,3 | 27,2 | 26,5 |
| 8 | 25,2 | 27,4 | 27,4 | 26,7 |
| 10 | 26,5 | 27,7 | 27,7 | 27,0 |
| 12 | 29,2 | 28,0 | 28,0 | 27,4 |
| 14 | 31,0 | 28,5 | 28,6 | 28,1 |
| 16 | 31,5 | 29,1 | 29,3 | 28,8 |
| 18 | 32,2 | 29,9 | 30,1 | 29,8 |
| 20 | 32,7 | 30,8 | 31,0 | 30,8 |
| 22 | 33,0 | 31,7 | 31,9 | 31,7 |
| 24 | 33,2 | 32,5 | 32,7 | 32,6 |
| 26 | 33,8 | 33,2 | 33,4 | 33,3 |

$$F_{AB} = 1,08 \text{ n.s.}$$

$$F_{AC} = 1,34 \text{ n.s.}$$

$$F_{BC} = 1,24 \text{ n.s.}$$