

# SECAGEM DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM CAMADAS FINAS, A BAIXAS TEMPERATURAS E SEUS EFEITOS NA GERMINAÇÃO DAS SEMENTES\*

Maria das Graças Bezerra Sathler  
José Borges Pinheiro Filho

## RESUMO

O trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, no Laboratório de Armazenamento de Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, com o objetivo de estabelecer as curvas de secagem de feijão, em camadas finas, com ar de secagem às temperaturas de 30°C, 35°C, 40°C, 45°C e 50°C, e 40% e 50% de umidade relativa, com velocidade constante e estabelecer o efeito dessas condições, na germinação das sementes de feijão.

Para a secagem, foi utilizado um secador experimental especialmente construído para esse fim, e para observar o efeito da secagem na germinação, foi aplicado o teste padrão de germinação nas sementes de feijão, após a secagem.

Os resultados obtidos à secagem, foram submetidos à análise de regressão para testar o ajustamento dos modelos de Page e de Thompson às condições de secagem usadas neste experimento.

No teste padrão de germinação, para determinar a percentagem de germinação, foi usado delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial. O teste de Duncan foi usado na comparação de médios e o teste *t* na comparação da maior média de percentagem de germinação de sementes submetidas à secagem, com a média de percentagem de germinação de sementes, em suas condições iniciais.

Este experimento indicou que o teor de umidade das sementes de feijão decresce exponencialmente com o tempo, para as condições empregadas do ar de secagem e que uma função exponencial semelhante ao modelo de Page, é adequada para descrever a secagem de feijão, nas mesmas condições.

Verificou-se, ainda, que a secagem afeta a germinação das sementes de feijão; a germinação torna-se menor quando maior temperatura é empregada no ar de secagem, para as temperaturas usadas neste experimento.

## SUMMARY

The work was effected at the Physical and Mechanical Properties of wood Laboratory, of the Forestry Engineering Department at the Storage Laboratory of the Agricultural Engineering Department, and the Seeds Laboratory of the Plant Science Department, of the Center of Agronomic Sciences of the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, with the objective of establishing the curves for bean drying, in thin layers, with the drying air at temperatures of 30°C, 35°C, 40°C, 45°C and 50°C

(\*) Trabalho de Tese de Mestrado em Armazenamento de Produtos Vegetais do Curso de Engenharia Agrícola da U.F.V - Viçosa - MG.

C, and 40% and 50% of relative humidity, with constant speed in order to verify the effects of these conditions in the germination of bean.

For drying, an experimental drier was used, specially designed for the purpose, and to observe the drying effects on the germination, the standard germination test was applied to the beans, after drying.

The results relative to drying were submitted to regression analysis to test the adjustment to Page and Thompson's Models to the drying conditions utilized in this experiment.

In the standard test of germination, in order to determine the germination percentual, a totally casualized design was used for the average comparison and the t test in the comparison of the highest average of the germination percentual of seeds submitted to the drying process, with the average percentual of seed germination, at its initial condition.

This experiment indicated that the humidity of seed beans decreases exponentially with time under the conditions employed for the drying air, and that an exponential function similar to Page's Model is adequate to describe the bean drying under the same conditions.

It was further verified that the drying process affects the bean seeds germination; germination diminishes when higher temperatures of the drying air are used, within the temperatures used in this experiment.

## INTRODUÇÃO

Uma constante preocupação do homem é atender com segurança às suas necessidades alimentares.

Num país como o Brasil, com uma população sempre crescente, o que implica numa demanda alimentar cada vez maior, as safras agrícolas estão sujeitas à instabilidade e apresentam oscilações acentuadas de um ano para outro. É preciso, então, modificar os métodos de cultivo para obtenção de maiores produções e também um adequado e apropriado manejo dos produtos colhidos, incluindo secagem e armazenamento dos alimentos.

O feijão ocupa posição de destaque na nossa agricultura, não só por sua participação no valor do produto agrícola, como também no que se refere à condição de alimento básico.

O Brasil, apesar de ser o maior produtor, é o maior consumidor de feijão. Este produto, com um teor de proteína da ordem de 22%, é de acordo com Medina (1962), além de base energética, um atenuante das deficiências protéicas da alimentação do brasileiro, principalmente das classes mais humildes.

HUKILL (1974) postula que a quantidade de umidade contida nos grãos afeta sua colheita, armazenamento e germinação. Para os vários processos, há um conteúdo de umidade ideal, acima ou abaixo do qual os resultados não são satisfatórios.

Geralmente, na colheita os grãos têm um conteúdo de umidade mais elevado do que aquele recomendado para o armazenamento convencional. Daí a necessidade de secá-los.

A secagem em terreiros, além de estar sujeita a perdas, pela ação de agentes biológicos ou de condições meteorológicas adversas, requer um tempo de secagem maior do que aquele para a secagem artificial. Este tempo se torna de extrema importância para acompanhar a colheita e evitar deterioração do produto úmido.

LEPIGRE (1965), estudando a conservação do feijão, recomenda a introdução

ção de métodos modernos, incluindo a secagem rápida dos grãos. Isso evita as perdas consideráveis sofridas pelo produto, devidas aos danos produzidos por insetos e microorganismos no período pós-colheita. Desta forma, a secagem mecânica de grãos de cereais, por eliminar os riscos da secagem natural e do subsequente armazenamento, tornou-se uma operação essencial ao moderno manejo das culturas importantes. Essa secagem mecânica, por sua vez, requer o uso de secadores eficientes e econômicos cujos projetos e funcionamento se baseiam no conhecimento das características de secamento do produto a ser seco. Essas características são obtidas das curvas de secagem e dos modelos matemáticos que as descrevem analiticamente.

No entanto, fatores de qualidade, como massa específica, cor, quebra, viabilidade das sementes e valor nutritivo, precisam ser considerados, quando, no processamento de um produto, novas técnicas de secagem são introduzidas.

Do exposto acima, e considerando que a análise e teoria de secagem em camadas espessas são baseadas nas características de secagem em camadas finas, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

1. Estabelecer as curvas de secagem de feijão, em camadas finas, às temperaturas de 30°C, 35°C, 40°C, 45°C e 50°C, a dois níveis de umidade relativa, 40% e 50%, com uma velocidade constante do ar de secagem.
2. Estabelecer a influência das condições de secagem na germinação das sementes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal, no Laboratório de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia, pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade de Viçosa, Viçosa - MG.

Foram utilizadas sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade Rico-23, "Cultura das Águas", colhidas do campus da Universidade Federal de Viçosa, em junho de 1978. As sementes, colhidas com umidade de aproximadamente 30% b.u., foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em câmara fria a 4°C durante 4 meses.

Após a pesagem e determinação da umidade, as amostras de 70g cada uma foram submetidas à secagem em secador experimental, a cinco temperaturas (30°C, 35°C, 40°C, 45°C e 50°C) e dois níveis de umidade relativa (40% e 50%), sendo a velocidade do ar de secagem constante e igual a 91,4 m.min<sup>-1</sup>.

A determinação do conteúdo de umidade inicial das sementes foi feita em estufa a (105 ± 1)°C, por 24 horas, de acordo com ZINK (1970).

As condições do ar de secagem foram obtidas por meio de uma unidade condicionadora de ar, modelo Aminco Aire 300 CFM e o fluxo de ar mantido constante através de um diafragma instalado no corpo do secador.

A velocidade do ar foi determinada com um velômetro.

Para determinação da umidade relativa do ar de secagem, utilizou-se um psicrômetro, que permaneceu dentro do secador durante seu funcionamento.

As temperaturas do ar, na saída da unidade condicionadora de ar e nas peneiras de secagem, foram registradas num aparelho, multi registrador de temperaturas, onde foram conectados termopares instalados nos referidos pontos.

Pesagens em intervalos pré-estabelecidos foram feitas para que fossem observadas as razões de secamento, e até que a umidade das sementes fosse de aproximadamente 11% b.u., por ser este o conteúdo de umidade recomendado para o armazenamento, pelo Programa de Pesquisa em Armazenamento de Feijão (1978). As pesagens foram feitas em duas repetições, já que duas amostras iguais de feijão foram colocadas em peneiras de 15,5cm de diâmetro, instaladas na parte superior do secador. Logo que os grãos atingiram a umidade recomendada, para o armazenamento, 200 sementes era separadas e levadas para o teste de germinação, permanecendo

do as amostras restantes no secador, submetidas às mesmas condições do ar de secagem, até que atingisse a unidade de equilíbrio.

Para o ajustamento dos modelos matemáticos das curvas de secagem, foi realizada análise de regressão dos dados experimentais.

No Teste Padrão de Germinação para determinação da percentagem de germinação, foi usado delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial, onde os fatores foram cinco níveis de temperatura e dois níveis de umidade relativa, já retro-referidos, em oito repetições, tendo cada amostra 25 sementes.

Para a comparação das médias das percentagens de germinação dos tratamentos empregados, foi usado o teste de Duncan. Para a comparação da maior média de percentagem de germinação, com o material nas suas condições iniciais, foi usado o teste t.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo empírico, adaptado ao modelo de Page, que melhor se ajustou aos dados experimentais de secagem, foi:

$$R.U. = e^{-(0,0055 + 0,00846.T)t^{0,601}}$$

onde:

- R.U. = é a razão de umidade (adimensional)
- T = é a temperatura do ar de secagem (°C)
- t = é o tempo de secagem (h)

As curvas teóricas de secagem de feijão são mostradas nas Figuras 1 e 2.

O gráfico de "k" como uma função de "T", é mostrado na Figura 3.

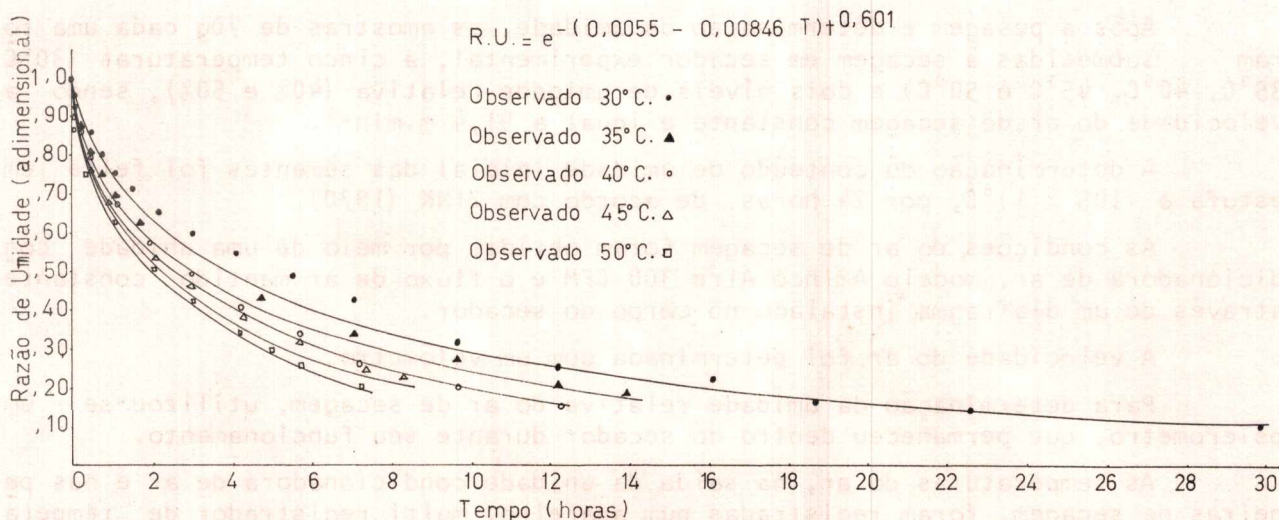


FIGURA 1- Curvas de Secagem de Feijão, sob Cinco Condições de Temperatura: 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C e Umidade Relativa de 40% com Velocidade do Ar de 91,4 m.min<sup>-1</sup>.

$$R.U. = e^{-(0.0055 - 0.00846 T) + 0.601}$$

- Observado 30°C. •
- Observado 35°C. ▲
- Observado 40°C. ◦
- Observado 45°C. △
- Observado 50°C. ◻

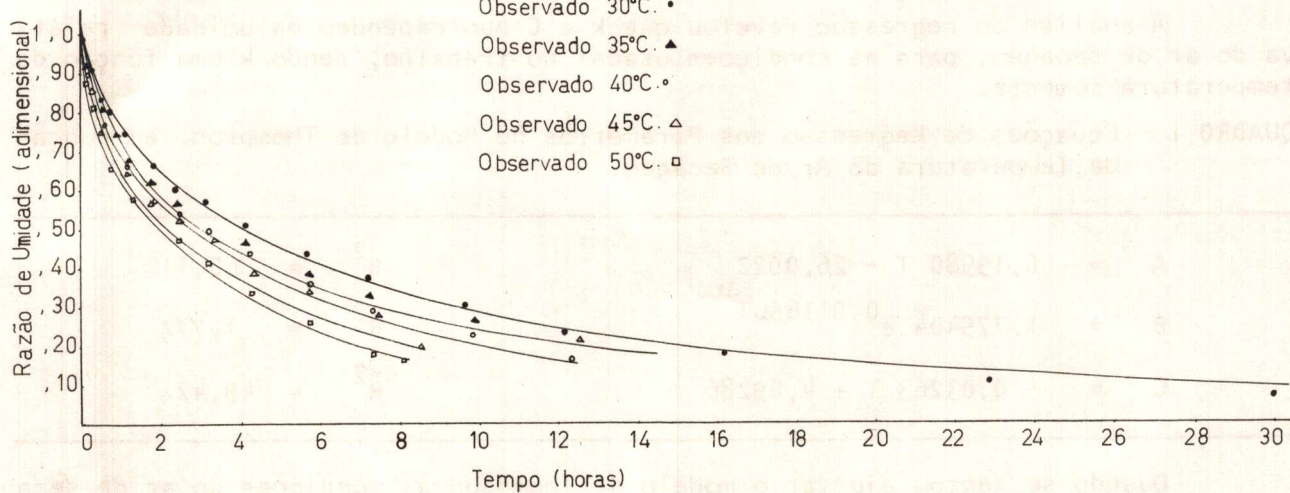


FIGURA 2- Curvas de Secagem de Feijão, sob Cinco Condições de Temperatura: 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, e Umidade Relativa de 50% com Velocidade do Ar de 91,4 m.min<sup>-1</sup>

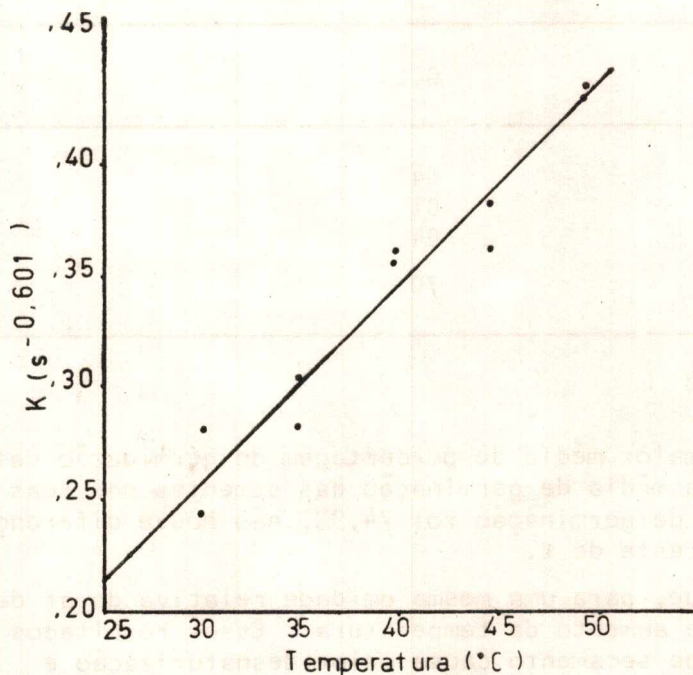


FIGURA 3- Efeito da Temperatura do Ar de Secagem sobre o Valor de K do Modelo

Empírico de Secagem

$$(K = 0.0055 - 0.00846 T$$

$$R^2 = 94\%)$$

Nas representações gráficas da secagem, observa-se que o teor de umidade dos grãos decresce exponencialmente. Esse comportamento coincide com as afirmativas de HENDERSON e PERRY (1966) e BROOKER *et alii* (1974), os quais postulam que a secagem de praticamente todos os produtos agrícolas se dá no período de taxa de secagem decrescente, a menos que os grãos tenham sido colhidos muito imaturos ou possuam água condensada ou depositada sobre suas superfícies.

A análise de regressão revelou que k e C não dependem da umidade relativa do ar de secagem, para as condições usadas no trabalho, sendo k uma função da temperatura somente.

QUADRO 1 - Equações de Regressão dos Parâmetros no Modelo de Thompson, em Função da Temperatura do Ar de Secagem.

A =	0,19980 T - 26,0022	R <sup>2</sup> =	60,11%
B =	1,775404.e <sup>0,011656T</sup>	R <sup>2</sup> =	1,77%
C =	- 0,03263 T + 4,09286	R <sup>2</sup> =	49,42%

Quando se tentou ajustar o modelo de Thompson às condições do ar de secagem usado nesse experimento, verificou-se que o referido modelo não é apropriado para descrever a secagem de feijão. Essa afirmativa é baseada nos baixos coeficientes de determinação das equações de regressão relativas ao modelo de Thompson.

O efeito das condições de secagem na germinação das sementes de feijão, é mostrado pela análise estatística das percentagens de germinação obtidas no Teste Padrão de Germinação, nos Quadros 2 e 3.

QUADRO 2 - Resumo da Análise de Variância das Percentagens de Germinação obtidas no Teste Padrão de Germinação das Sementes de Feijão.

F.V.	G.L.	Q.M.
Temperatura (T)	04	191,203**
Umidade (U)	01	0,001
Int. (T x U)	04	46,484*
Erro	70	17,374

C.V. = 8,12%

Comparando a maior média de percentagem de germinação das sementes submetidas à secagem, com a média de germinação das sementes nas suas condições iniciais, cujo valor médio de germinação foi 74,9%, não houve diferença significativa ao nível de 5%, pelo teste de t.

Verifica-se que, para uma mesma umidade relativa do ar de secagem, a germinação decresce com o aumento da temperatura. Esses resultados mostram que maior temperatura do ar de secamento causa maior desnaturização e reestruturação das moléculas protéicas, dos grãos de cereais, o que, segundo PFQST (1975) é a causa da diminuição da germinação das sementes submetidas à secagem.

(\*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade

(\*\*) Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 3 - Valores Médios das Percentagens de Germinação Obtidos no Teste Padrão de Germinação das Sementes de Feijão.

TRATAMENTOS		VALORES MÉDIOS DE GERMINAÇÃO (EM %)	
T. (°C)	U.R. (%)	40	50
30		A 73,5 a	A 64,5 b
35		B 57,0 a	AB 62,5 b
40		B 61,0 a	A 64,0 a
45		B 60,0 a	B 59,0 a
50		C 52,0 a	C 54,0 a

Verificou-se, também, que para uma mesma temperatura do ar de secagem, somente nas temperaturas de 30°C e 35°C, houve diferença significativa nas médias de percentagem de germinação, para os níveis de 40% e 50% do ar de secagem. No entanto, a análise desses resultados não permite afirmar qual a tendência do comportamento da germinação das sementes, em relação à umidade relativa do ar de secagem a que elas foram submetidas. Isto sugere que as diferenças entre os tratamentos podem ter sido causadas por outro fator, possivelmente pelo tempo de secagem.

#### CONCLUSÕES

As conclusões do trabalho, para os níveis de temperatura e umidade relativa empregadas, foram as seguintes:

1. A secagem de feijão dá-se num período único, em que a taxa de secagem decresce exponencialmente.

2. O modelo empírico  

$$R.U. = e^{-(0,0055 + 0,00846T)t^{0,601}}$$

é adequado para descrever a secagem de feijão.

3. O efeito da umidade relativa na secagem é desprezível.

4. A temperatura do ar de secagem afeta a germinação das sementes. A germinação torna-se menor, quando maior temperatura é usada no ar de secagem.

5. Para as temperaturas de 40°C, 45°C e 50°C do ar de secagem, não houve efeito da umidade relativa sobre a germinação das sementes. Não é possível afirmar que as diferenças nas médias de percentagem de germinação das sementes secadas a 30°C e 35°C, para os níveis de umidade relativa de 40% e 50% fossem devidas aos diferentes níveis de umidade relativa do ar de secamento.

#### AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu marido, Nilson Sathler.

Aos Professores José Borges Pinheiro Filho, Tetuo Hara, Alcides Reis Condé, Mauri Fortes, Roberto Ferreira da Silva e Gilberto Chohaku Sedyama.

Aos funcionários do Setor de Armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V., e em especial a Geraldo Rocha Carvalho e Antônio Carlos de Souza.

Aos colegas de Curso, Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Diogo

nísio Bach.

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró.

À Universidade Federal de Viçosa.

#### LITERATURA CITADA

- BROOKER, D.B., et alii, Drying Cereal grains. *The Avi Publishing Company, West - port.* 1974.
- HENDERSON, S.M. & PERRY, R.L. Agricultural process engineering. *Universidade da Califórnia, Califórnia.* 1962.
- HUKILL, W.V. Drying of grain, In: CHRISTENSEN C.M., ed *Storage of Cereal grain and their products.* St. Paul. p. 481 - 508. 1974.
- LÉPIGRE, M. Étude sur les possibilites d'amélioration de la conservation das haricots du jogo en milieu reeral. In: *Royal Tropical Institute, Tropical Abstracts, Amsterdam.* p. 388 - 430. 1965.
- MEDINA, I.C. Aspectos gerais, In: *Anais do 1º Simpósio Brasileiro de Feijão,* Imprensa Universitária, Viçosa. p. 3 - 118. 1972.
- ZINK, E., Estudos sobre a conservação das sementes de feijão - vagem, In: *Bragantia,* Instituto Agrônômico. Campinas p. 57 1970.
- PROGRAMA DE PESQUISA EM ARMAZENAMENTO. CIBRAZEM, Goiania, 1978. (Não Publicado).