

SECAGEM DE GRÃOS DE MILHO EM SECADOR DE LEITO FIXO: DANOS FÍSICOS

LUIZ EICHELBERGER¹ e JOSÉ ANTÔNIO PORTELLA²

RESUMO - Esse trabalho foi conduzido para determinar danos físicos causados pela secagem artificial de grãos de milho, empregando temperaturas de secagem de 40°C, 70°C e 100°C, e colheita com graus de umidade de 18%, 25% e 35% e correlacionar esses danos com suscetibilidade à quebra de grãos. Foi usado secador estacionário de leito fixo com vazão de ar de 15 m³/min/m². Em cada combinação de grau umidade de colheita e de temperatura de secagem foram secados lotes de 1.400 kg, utilizando três repetições. Foram avaliados peso hectolítrico, peso de mil grãos, percentagem de grãos trincados com uma, duas e múltiplas fissuras, índice de fissuras e suscetibilidade à quebra. O índice de fissuras de grãos de milho aumenta com a elevação da umidade de colheita e da temperatura de secagem em secador de leito fixo. A incidência de grãos fragmentados no pré-processamento é influenciada pela severidade do trincamento. Índice de fissuras e incidência de grãos com múltiplas fissuras são estreitamente correlacionadas com suscetibilidade a quebras.

Palavras-chave: colheita antecipada, índice de fissuras, peso hectolítrico, secagem, trincamento.

DRYING OF CORN KERNELS IN A FIXED BED DRIER: PHYSICAL INJURIES

ABSTRACT - This experiment was carried out in order to determine physical injuries caused by artificial drying of corn kernels using drying air temperatures of 40°C, 70°C and 100°C) and harvested at moisture contents of 18%, 25% and 35% and to correlate them to breakage susceptibility. A stationary fixed bed drier with an air flow of 15 m³/min/m² was used. Lots of 1,400 kg, using three replications, were dried for each combination of harvest moisture content and drying temperature level. Hectoliter weight, 1,000-kernels weight, percentage of kernels with one, two and multiple cracks, stress cracks index and breakage susceptibility were evaluated. Stress cracks index of corn kernels increases when harvest moisture and drying temperature increase in a stationary fixed bed drier. Occurrence of broken kernels during pre processing is affected by stress cracks severity. Stress cracks index and percentage of kernels with multiple cracks are fairly correlated to breakage susceptibility.

Key words: drying, earlier harvest, hectoliter weight, stress cracks, stress cracks index.

¹Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes, Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. e-mail: luizei@cnpt.embrapa.br

²Doutor em Engenharia Mecânica, Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. e-mail: portella@cnpt.embrapa.br

Recebido para publicação em 15-05-2003

INTRODUÇÃO

A permanência de grãos na lavoura, após a maturação fisiológica, é causa importante de perdas, tanto sob aspecto quantitativo quanto qualitativo. Por cessar o aporte de substâncias assimiladas para os grãos, a partir da maturação fisiológica as reações de síntese são superadas pelas de respiração, responsáveis pela manutenção dos tecidos vivos dos grãos, e que ocorrem às custas de reservas acumuladas durante a formação do grão (BEWLEY e BLACK, 1994). Somam-se, ainda, perdas decorrentes de ataque de fungos e insetos e de condições climáticas desfavoráveis.

Colheita antecipada permite evitar perdas de produção no campo. No entanto, devido à elevada umidade, torna-se necessária a secagem dos grãos. Para adequada conservação dos grãos durante o armazenamento, é condição fundamental a secagem até níveis de umidade ao redor de 13%.

Em algumas espécies, como trigo, milho e arroz, o processo de secagem tem sido importante causa de danos à qualidade dos grãos com reflexos sobre o valor nutritivo e o rendimento industrial (WASSERMANN et al., 1983; MAIER e WATKINS, 1998). Na secagem de trigo, segundo MARSANS (1987), temperatura do grão superior a 55°C produz desnaturação de proteínas, enquanto temperaturas ao redor de 70°C desnaturam a amilase, enzima responsável pela transformação do amido em açúcares solúveis, os quais servem de substrato às bactérias durante a panificação. RAGASITS (1993) observou que lotes de trigo que sofreram danos térmicos na secagem não puderam ser diferenciados de lotes não danificados sob os aspectos de cor e odor, no entanto, a temperatura de 80°C danificou proteínas de elevado peso molecular levando à menor quantidade de glúten. Segundo BROOKER et al. (1992), temperatura de secagem elevada pode desnaturar proteínas e gelatinizar o amido de milho e, assim, afetar a produção animal. A eficiência alimentar do milho é afetada negativamente em monogástricos quando milho é secado com temperatura superior a 50°C (RIVERA et al., 1978), o que pode ter relação com a deficiência de aminoácidos como L-lisina (NORDSTROM et al., 1971). Quanto a danos físicos, além de grãos quebrados e ardidados, ASCHERI (2001) considera que o mínimo número de fissuras nos grãos é atributo importante de alta

qualidade.

A retirada da água dos grãos envolve duas fases, que ocorrem simultaneamente: o transporte do vapor de água da superfície do grão para o ar intergranular, devido ao gradiente de pressão parcial de vapor de água e o movimento de água do interior para a superfície do grão (HALL, 1980; BROOKER et al., 1981). A temperatura de secagem é fundamental no processo de secagem, pois, juntamente com o fluxo de ar, é o principal fator determinante da velocidade de secagem (SILVA, 2000). O que limita o uso de temperatura elevada são as conseqüências sobre a qualidade dos grãos. Temperatura muito alta conduz a alta taxa de evaporação de água na superfície. Se a taxa de transporte de água do interior para a superfície torna-se inferior à taxa de evaporação da água na superfície, aumenta o gradiente de umidade entre o interior e a superfície dos grãos, gerando tensões internas que provocam danos mecânicos por trincamento (LASSERAN, 1978; VILLELA, 1991), aumentam a suscetibilidade à quebra dos grãos (BAKKER-ARKEMA, 1994) e podem constituir-se em porta de entrada para microrganismos como fungos.

O objetivo do trabalho foi determinar os danos físicos em grãos de milho causados pela secagem artificial e correlacionar esses danos com a suscetibilidade à quebra durante o pré-processamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo da Embrapa, em Passo Fundo, RS. Três lotes de 1.400 kg de milho, híbrido BRS 3133, provenientes de campos experimentais da Embrapa, foram colhidos com umidades de 35%, 25% e 18% e secados a temperaturas do ar de secagem de 40°C, 70°C e 100°C. Uma quarta colheita foi feita quando os grãos atingiram umidade de 13%, sob condições de campo. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3. A secagem dos grãos foi realizada em secador estacionário de leito fixo, com 1,5 m de largura, 2,0 m de comprimento e 0,5 m de altura, tendo sido dividido transversalmente em três compartimentos, sendo cada um considerado uma repetição do tratamento. O enchimento do secador foi realizado com rosca sem-fim até nivelamento superior da camada de grãos com a altura do secador. A vazão média de ar foi de 15 m³/min/m². O ar de secagem foi aquecido em queimador

de gás, abastecido com GLP. A temperatura do ar de secagem foi monitorada com a colocação de termopares no plenum e no compartimento de secagem. A temperatura dos grãos foi determinada em quatro alturas da camada de grãos através de amostragens por orifícios laterais, utilizando amostrador tubular duplo. A amostra foi colocada em recipiente de poliestireno e a temperatura determinada com termômetro de vidro após 3 minutos. Após resfriamento das amostras foi determinado o grau de umidade. A secagem foi realizada até os grãos atingirem umidade média das quatro amostras de 13%.

Após resfriamento até a temperatura ambiente no próprio compartimento de secagem, a massa de grãos de milho foi homogeneizada e extraída amostra para determinação do peso hectolítrico, do peso de mil grãos, da percentagem de grãos trincados com uma, duas e múltiplas fissuras, do índice de fissuras e da suscetibilidade à quebra. Previamente, foram eliminados todos os grãos que apresentavam danos evidentes causados pela colheita.

A determinação do peso hectolítrico foi feita com balança Dallemole mod. 40, em duas repetições por amostra. O peso de mil grãos foi determinado em oito repetições de 100 grãos, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). O trincamento dos grãos foi avaliado visualmente, em grãos inteiros, contra luz, com auxílio de diafanoscópio e classificados, de acordo com o número de fissuras, em grãos com uma, duas e múltiplas fissuras. O total de grãos trincados foi obtido somando-se os grãos que apresentaram algum tipo de fissura, expresso em percentagem. O índice de fissuras (IF) foi obtido através da equação proposta por MAIER e WATKINS (1998):

$$IF = S + 3.D + 5.M,$$

onde: S = uma fissura;

D = duas fissuras; e

M = múltiplas fissuras.

A suscetibilidade à quebra durante o pré-processamento foi obtida por simulação de estresse por choque, em amostra de 200 grãos inteiros, em duas repetições. Para tal, foi utilizada bateadeira industrial KITCHEN AID Professional, Modelo 5KPM5 CE. Testes preliminares utilizando diversas rotações e tempos de exposição dos grãos de milho com menor índice de fissuras (colheita com 13% de umidade), indicaram a combinação de rotação correspondente a de nº 6 na escala do apa-

relho e o tempo de exposição de 2 minutos.

Para análise estatística dos dados foi utilizado o programa SANEST (ZONTA e MACHADO, 1984). Foi determinado coeficiente de correlação simples entre os parâmetros e a comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Umidade de colheita e temperatura de secagem influenciaram todas as características físicas avaliadas.

A temperatura máxima, a mínima e a média atingida pela massa de grãos no fim da secagem, quando os grãos apresentavam grau de umidade próximo de 13%, bem como a duração de secagem, encontram-se na Tabela 1. O sistema estacionário de secagem caracteriza-se por extrair água dos grãos por camadas, resultando na formação de frente de secagem. Essa frente desloca-se no mesmo sentido do fluxo de ar do secador (CAVARIANI et al., 1999). De forma similar ocorre com a temperatura da massa de grãos, uma vez que o ar de secagem em contato com os grãos troca calor por massa de água (BROOKER et al., 1981). Observou-se que a temperatura máxima da massa de grãos ocorreu na camada próxima da entrada do ar aquecido na câmara de secagem e a mínima nas camadas mais afastadas. Além disso, quanto maior a temperatura do ar de secagem maior foi a temperatura da massa de grãos. No entanto, utilizando temperatura mais elevada, a temperatura da massa de grãos aproximou-se menos da temperatura do ar de secagem. Esse comportamento foi independente da umidade inicial dos grãos. Isso indica que, para cada temperatura, o período de exposição ao ar aquecido afetou a temperatura da massa de grãos de maneira semelhante, dentro dos limites usados no presente trabalho.

Independentemente da umidade de colheita, a diminuição do tempo de secagem foi menor ao aumentar a temperatura do ar de secagem de 70°C para 100°C comparativamente à elevação de 40 para 70°C. Essa ocorrência sugere que o ganho de tempo de secagem proporcionado pela elevação da temperatura de secagem pode não compensar os possíveis danos causados aos grãos, conforme PORTELLA e EICHELBERGER (2002).

Tabela 1. Médias de temperaturas máxima, mínima e média dos grãos no fim da secagem e de duração da secagem de milho colhido com umidade de 35%, 25% e 18% e sob secagem em secador de leito fixo, a temperaturas de 40°C, 70°C e 100°C.

Umidade de colheita (%)	Temperatura de secagem (°C)								
	40			70			100		
	-----Temperatura dos grãos (°C) -----								
	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média
35	40,0	32,0	36,3	63,5	44,5	54,5	82,0	44,5	66,0
25	39,5	35,0	37,2	62,5	46,0	52,2	87,5	57,0	74,2
18	40,0	35,5	38,2	63,5	48,0	52,2	85,5	57,5	63,5
	-----Duração da secagem (h) -----								
35		13,43			7,28			5,95	
25		11,01			5,47			3,28	
18		4,77			3,28			2,20	

Conforme dados constantes na Tabela 2, quanto maior a temperatura do ar de secagem e da umidade de colheita, maior foi a porcentagem total de grãos danificados por trincamento. A elevação da temperatura de secagem causa aumento da velocidade de secagem (PORTELLA e EICHELBERGER, 2001). No entanto, a taxa de remoção de água é limitada pelo deslocamento de água do interior para a superfície dos grãos, o que gera tensões internas que levam à ruptura dos tecidos (LASSERAN, 1978; VILLELA, 1991). Com temperatura de secagem de 100°C, praticamente a totalidade dos grãos restaram trincados nas umidades de colheita 35, 25 e 18%. Esse efeito ficou mais evidente ao ser comparado com o total de grãos trincados colhidos secos. Inclusive, a utilização de temperaturas mais baixas, como 70°C e 40°C, causou elevada porcentagem de grãos trincados. Temperatura de secagem de 40°C em grãos colhidos com 18% de umidade resultou em 20% dos grãos trincados. Essa ocorrência indica que essa temperatura, apesar de recomendada para secagem de sementes, pode ser elevada para esse sistema de secagem por resultar em umidade relativa do ar de secagem muito baixa e, conseqüentemente, em taxas de secagem muito altas, desenvolvendo fissuras que podem prejudicar a qualidade fisioló-

gica de sementes. Em colheita com porcentagem de umidade mais elevada (25 e 35%), o problema foi agravado. Trincamento é efeito característico do sistema de secagem estacionário em secadores de leito fixo. Os grãos permanecem estáticos, em permanente contato com o ar de secagem, o que provoca elevada taxa de retirada de água dos grãos, especialmente nas camadas mais próximas da entrada de ar aquecido. Essas observações concordam com GUNASEKARAN et al. (1985) ao afirmarem que o desenvolvimento de trincas durante a secagem é causado por fatores como umidade inicial e final dos grãos, temperatura de secagem e método de secagem, além de outros como a vazão de ar e o tipo de milho.

O trincamento de grãos pode ser avaliado em termos de severidade quando se separam grãos que sofreram uma, duas ou múltiplas fissuras (MAIER e WATKINS, 1998). Na temperatura de secagem de 40°C, observou-se maior ocorrência de apenas uma fissura por grão. Na temperatura de 70°C, a severidade do trincamento aumentou, pois os grãos sofreram duas ou múltiplas fissuras. Finalmente, a 100°C, a porcentagem de múltiplas fissuras foi elevada. Essa severidade de trincamento, para cada temperatura de secagem utilizada, foi aumentada com a elevação da umidade na colheita.

SECAGEM DE GRÃOS DE MILHO EM SECADOR DE LEITO FIXO: DANOS FÍSICOS

Tabela 2. Médias de porcentagem total de grãos trincados, porcentagem de grãos trincados com uma, duas e múltiplas fissuras, índice de fissuras, suscetibilidade à quebra, peso hectolítrico e peso de mil grãos de milho colhidos com 35%, 25%, 18% e 13% de umidade e secos em secador de leito fixo, com temperatura de 40°C, 70°C e 100°C.

Umidade de colheita (%)	Temperatura de secagem (°C)		
	40	70	100
	----- Total de grãos trincados (%) – CV = 14,65 -----		
35	A75b	AB83ab	A100a
25	A61b	A97a	A100a
18	B20c	B67b	A96a
13	4	4	4
	----- Grãos com uma fissura (%) – CV = 26,57 -----		
35	A37a	B16b	B13b
25	A52a	AB31b	B11c
18	B17b	A42a	A28ab
13	3	3	3
	----- Grãos com duas fissuras (%) – CV = 21,86 -----		
35	A23a	B26 a	B18 a
25	B6c	A37 a	AB27b
18	B2c	C15b	A34 a
13	1	1	1
	----- Grãos com múltiplas fissuras (%) – CV = 21,03 -----		
35	A15c	A41b	A69a
25	AB3c	A29b	A62a
18	B1b	B10b	B34a
13	1	1	1
	----- Índice de fissuras – CV = 15,17 -----		
35	A182c	A300b	A413a
25	B87c	A287b	A403a
18	B28c	B138b	B299a
13	6	6	6
	----- Suscetibilidade à quebra (%) – CV = 12,11 -----		
35	A22c	A34b	A55a
25	B14c	B27b	B41a
18	B10b	C17b	C29a
13	10	10	10
	----- Peso hectolítrico (g) – CV = 0,42 -----		
35	A76,8 a	B75,2b	C73,4c
25	A79,4 a	A78,5b	B76,7c
18	A79,4 a	A78,8 a	A78,0b
13	78,7	78,7	78,7
	----- Peso de mil grãos (g) – CV = 0,65 -----		
35	A272,0a	B266,7b	B269,5 ab
25	A274,7a	A277,0a	A276,2a
18	B265,8a	B268,9a	B269,2a
13	270,3	270,3	270,3

Médias acompanhadas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Associando número de grãos trincados com número de fissuras por grão, o índice de fissuras avalia mais eficientemente danos provocados aos grãos pela elevada taxa de secagem (ASCHERI, 2001). Observou-se que o índice de fissuras aumentou com a elevação da temperatura, dentro de cada umidade de colheita. A colheita de grãos mais úmidos (25% e 35%) provocou trincamento mais

severo, especialmente quando se elevou a temperatura do ar de secagem para 70°C e 100°C. Em secagem com 40°C, apenas a colheita com umidade de 35% aumentou significativamente o índice de fissuras. Esses resultados mostram que quanto mais elevada a umidade dos grãos na colheita, a taxa de secagem deve ser diminuída pela utilização de menor temperatura de secagem.

O trincamento fragiliza os grãos favorecendo a quebra, ocasionando o aumento da quantidade de grãos partidos durante o pré-processamento e, conseqüentemente, diminuindo a qualidade comercial. A aplicação de estresses mecânicos como friccionamento e impactos torna grãos trincados mais suscetíveis a desintegração. No presente trabalho foi aplicado estresse mecânico severo, capaz de partir grãos que apresentassem baixo índice de fissuras (IF = 6). Os resultados mostraram que a suscetibilidade à quebra aumentou com a ele-

vação da temperatura de secagem e da umidade de colheita e apresentou elevada correlação positiva ($r = 0,93$) com o índice de fissuras (Tabela 3). Quanto maior o índice de fissuras, maior a suscetibilidade à quebra de grãos. No entanto, se considerados apenas os grãos com múltiplas fissuras, houve maior correlação com a suscetibilidade a quebras ($r = 0,97$) do que com o índice de fissuras. Conforme MAIER e WATKINS (1998), grãos com múltiplas fissuras apresentam menor aceitação no mercado consumidor.

Tabela 3. Coeficientes de correlação simples entre as variáveis peso hectolétrico (PH), peso de mil grãos (PMG), total de grãos trincados (TGT), grãos com múltiplas (MF) fissuras, índice de fissuras (IF) e suscetibilidade a quebras (SQ) de grãos de milho colhidos com 35%, 25%, 18% e 13% de umidade e secos em secador de leito fixo, com temperatura de 40°C, 70°C e 100°C.

Variável	PH	PMG	TGT	MF	IF
MF	-0,80**	0,12 ^{ns}	-0-	-0-	-0-
IF	-0,74**	0,22 ^{ns}	-0-	-0-	-0-
SQ	-0,88**	0,08 ^{ns}	0,75**	0,97**	0,93**

Ns: não significativo; *: significativo $P < 0,05$; **: significativo $P < 0,01$; -0-: correlação sem interesse.

Os efeitos da temperatura do ar de secagem e da umidade de colheita sobre o peso hectolétrico (PH) evidenciaram maior dano causado pela temperatura de secagem com a elevação da umidade dos grãos na colheita. Observa-se na Tabela 2 que, na colheita com umidade de 18%, a temperatura de secagem de 100°C reduziu significativamente o PH em relação à de 40°C e 70°C. Observou-se que a antecipação de colheita para 25% ou 35%, secagem a 70°C já prejudicou o PH. Secagem com temperatura de 40°C permitiu que se antecipasse a colheita para 35% de umidade, sem que tenha ocorrido redução significativa do PH. Conforme Tabela 3, o PH apresentou correlação significativa com o índice de fissuras ($r = -0,74$), com a percentagem de grãos com múltiplas fissuras ($r = -0,80$) e com a suscetibilidade a quebras ($r = 0,88$). Assim, quanto mais severo o trincamento, menor peso hectolétrico apresentaram os grãos de milho, possivelmente devido a presença de espaços vazios que se formam nas fissuras no interior dos grãos.

Na secagem a 40°C, os dados de peso de mil grãos (PMG) mostraram que entre a colheita com 35% e 25% de umidade (demora de 17 dias) ainda houve acúmulo de matéria seca e que entre 25% e 18% (demora de 12 dias) houve significati-

va perda de matéria seca durante a permanência no campo. Isso sugere que a maturação fisiológica ocorreu entre as umidades de 35% e 25%. Na colheita com 35% de umidade, o PMG foi significativamente reduzido ao utilizar-se temperatura de 70°C. Embora não tenha diferido significativamente da temperatura de 40°C, a secagem a 100°C também diminuiu o PMS. Nas colheitas com umidade de 18% e 25%, a temperatura de secagem não teve efeito sobre o PMS.

A colheita de grãos secos (13% de umidade), apesar de não ter sido incluída na comparação das médias uma vez que não sofreu processo de secagem, proporcionou menores danos físicos para todos os parâmetros avaliados. O retardamento da colheita para permitir que a umidade diminuísse de 18% para 13% representou um período de 17 dias. Confrontando-se as avaliações da colheita de grãos secos com as de grãos úmidos e secados logo após a colheita, os resultados desse trabalho mostraram que a secagem estacionária em secador de leito fixo produz dano nos grãos, mesmo na colheita com umidade de 18% e secagem a temperatura de 40°C. Assim, para evitar danos físicos aos grãos, especialmente o trincamento, a secagem nesse tipo de secador deve ser feita com temperatura do ar de secagem mais baixa que a mínima usada no pre-

sente trabalho.

CONCLUSÕES

O índice de fissuras de grãos de milho aumenta com a elevação da umidade de colheita e da temperatura de secagem em secador de leito fixo.

A incidência de grãos fragmentados no pré-

processamento é influenciada pela severidade do trincamento.

Índice de fissuras e incidência de grãos com múltiplas fissuras são estreitamente correlacionadas com suscetibilidade a quebras.

O peso hectolítrico de grãos de milho é afetado por danos por trincamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCHERI, J.L.R. Qualidade versus competitividade no mercado globalizado. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE PÓS-COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2., 2001. **Resumos e palestras...** Londrina: FAPEAGRO, 2001. p. 328-338.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds, physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.
- BAKKER-ARKEMA, F.W. High-temperature grain drying. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE GRÃOS, 1993, Canela. **Anais...** Canela: CESA / FAO, 1994. p.163-176.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Van Nostrand Reinold: New York, 1992. 450p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying cereal grains**. 3.ed. Westport: AVI Publishing, 1981. 265p.
- CAVARIANI, C.; SILVA, R.S.; MIRANDA, L.C.; NAKAGAWA, J.; BELGIORNO, D.C. Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar. II - Andamento físico. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v.21, n.1, p.7-17, 1999.
- GUNASEKARAN, S.; DESHPANDE, S.S.; PAULSEN, MR.; SHOVE, G.C. Size characterization of stress cracks in corn kernels. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.28, n.5, p.1668-1672, 1985.
- HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: Avi Publishing Company, 1980. 381p.
- LASSERAN, J.C. Princípios gerais de secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.3, n.3, p. 17-46. 1978.
- MAIER, D.E.; WATKINS, A. E. **Drying of high oil corn quality**. Purdue: Purdue University, 1998. 4 p. html. (Grain quality. Fact sheet, 35). Disponível: <http://www.agcom.purdue.edu/AgCom/Pubs/grain.htm>
- MARSANS, G.J. **Manejo y conservación de granos**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1987. 266p.
- NORDSTROM, P.A.V.; MEADE, R.J.; SOWERS, J.E. Effect of drying temperatures on nutritive value of opaque-2 corn. **Journal of Animal Science**, v.33, p.237-238, 1971.
- PORTELLA, J.A.; EICHELBERGER, L. **Uso de gás liqüefeito de petróleo na secagem estacionária de milho em secador de leito fixo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 4 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 64). Disponível: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co64.htm
- PORTELLA, J.A.; EICHELBERGER, L. Gás liqüefeito de petróleo na secagem grãos de trigo em secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador. A engenharia agrícola para o desenvolvimento sustentável: água, energia e meio ambiente. **Anais...** Salvador: SBEA/UFBA/Embrapa, 2002. 4p. CD 030.
- RAGASITS, I. Effect of drying on the baking quality of wheat. **Cereal Research Communication**, Szeged, v.21, n.1, p.87-92, 1993.
- RIVERA, P. H.; PEO, E. R.; MOSER, B.D. Effect of drying temperature on nutritional quality and availability of amino acids in normal and opaque-2 corn for rats. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 5, p. 1257-1286, 1978.
- SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 502p.
- VILLELA, F.A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1991. 104p. Tese de Doutorado.
- WASSERMANN, L.; MUHLBAUER, W.; SCHREIBER, H. Influence of drying on wheat quality. Part 3: Influence of moisture content of the kernels on drying and baking behavior. **Getreide Mehl Brot**, Bochum, v. 37, n.9, p.268, 1983.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **Sistema para análise estatística para microcomputadores – SANEST**. Pelotas: UFPel. 1984. 109p.