

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tel. (031)3899-2729. Fax (031)3899-2735. Email: dea@ufv.br

36570-000 VIÇOSA-MG-BRASIL

PRÉ-PROCESSAMENTO DE PRODUTOS ÚMIDOS

(Nota Técnica)

**Convênio: Universidade Federal de Viçosa/Cool Seed Indústria e Comércio de Aeração
Condicionada Ltda.**

Coordenação

Adilio Flauzino de Lacerda Filho

Angélica Demito

VIÇOSA, MG

Dezembro/2009

PRÉ-PROCESSAMENTO DE PRODUTOS ÚMIDOS

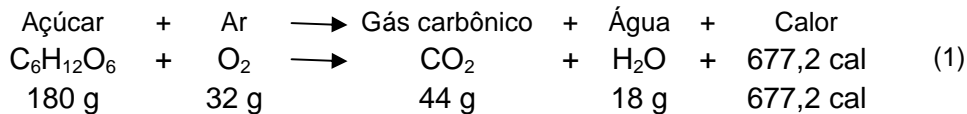
Adilio Flauzino de Lacerda Filho¹

Angélica Demito²

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Um dos principais fatores relacionados à degradação da qualidade dos produtos úmidos, com impurezas e matérias estranhas, recebidos do campo, nas unidades armazenadoras, é o tempo de permanência desses grãos nos veículos transportadores durante a espera para a descarga.

Por estarem expostos à radiação solar e conterem excesso de água, os grãos podem atingir temperaturas muito elevadas, na ordem de até 60 °C, ou até mesmo atingirem temperaturas que poderão levar à combustão espontânea. Além do que, o elevado teor de água e a alta temperatura permitem que a taxa respiratória dos produtos seja muito elevada, aumentando a perda de matéria seca, conforme pode ser observado na equação 1. É importante esclarecer que não só o amido, o qual se transforma em glicose (açúcar), irá ser degradado devido à respiração dos grãos. Este fenômeno acontece, também, com as proteínas e gorduras dos grãos, ou seja, todos os constituintes que tenham carbono na sua composição serão degradados pelo processo respiratório ou de combustão.



Não somente a perda de peso devido à redução de matéria seca resulta em danos aos grãos úmidos. A degradação de proteínas, vitaminas, minerais, descoloração, infecção por fungos, favorecimento ao desenvolvimento de insetos-praga, redução dos índices de germinação e vigor, dentre outros, são fatores que depreciam os atributos de qualidade dos grãos e sementes.

A capacidade de secagem é um fator de estrangulamento durante a operação de recebimento de produtos úmidos. Sabe-se que os secadores são, na maioria, projetados para secarem grãos a partir de parâmetros referenciais previamente definidos:

- teor de água – redução de 18 para 13% (b.u.);
- índice de impurezas – máximo 3%;
- temperatura ambiente – 20 a 25 °C;
- temperatura do ar de secagem – 90 a 100 °C (grãos comerciais);
- umidade relativa do ar ambiente – 60 a 70%;
- pressão atmosférica – 760 mm Hg (nível do mar); e
- produto de referência – soja.

¹ Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Telef.: (31)38991872. Email: alacerda@ufv.br. 36570-000 Viçosa, MG. Brasil.

² Engenheira Agrícola, DSc. Assessora Técnica da Cool Seed Ind. & Com. de Equipamentos de Aeração Refrigerada. Telef.: (45)88197979. Email: demito@coolseed.com.br. Santa Tereza do Oeste, PR. Brasil.

Entretanto essas condições, na maioria das vezes, não são observadas no campo, o que leva à redução da capacidade de recebimento de produtos.

Conforme Weber (2005), um secador projetado para secar soja terá um fator de correção de produtividade (f) igual a 1,0, se as características acima forem atendidas. O mesmo secador, para a secagem de milho, nas mesmas condições, terá o fator de correção igual 0,75 e para arroz 0,35. Existem situações, para a secagem de arroz, que o fator "f" poderá ter valor de até 0,65, conforme alterações nos procedimentos operacionais de secagem, em relação ao usual. Ressalta-se, portanto, que a remoção de água, por passagem na câmara de secagem, não deve ser superior a 3 pontos percentuais, sob o risco de intensificar o índice de grãos trincados e partidos.

Outro índice de correção se aplica ao teor de água para cada um desses produtos, inclusive para a soja. O quadro 1 contém os valores do fator de correção (f_a) aplicados à variação do teor de água.

Quadro 1 – Fatores de correção (f_a) da capacidade de secagem devido à variação de umidade dos grãos

Umidade inicial (% b.u.)	Fator de correção devido ao teor de água (f_a)			
	Umidade final (% b.u.)			
	12,0	13,0	14,0	16,0
28,0	0,33	0,35	0,38	0,43
27,0	0,35	0,38	0,41	0,47
26,0	0,37	0,41	0,44	0,52
25,0	0,40	0,44	0,48	0,59
24,0	0,44	0,48	0,53	0,66
23,0	0,48	0,53	0,59	0,74
22,0	0,52	0,59	0,66	0,86
21,0	0,58	0,65	0,57	1,02
20,0	0,65	0,74	0,84	1,22
19,0	0,73	0,86	1,05	1,53
18,0	0,83	1,00	1,22	-
17,0	0,97	1,20	1,50	-
16,0	1,17	1,47	-	-
15,0	1,43	2,01	-	-
14,0	1,91	-	-	-

Fonte: Weber (2005).

Como exemplo, considera-se um secador com capacidade para secagem de 100 t/h de soja, conforme os padrões estabelecidos. Entretanto, há a necessidade de secar arroz, com teor inicial de água de 25 até 13% (b.u.). Qual será a capacidade efetiva de secagem? Para a solução do problema aplica-se a equação 2.

$$C_{es} = C_{ns} \times f \times f_a \quad (2)$$

em que

C_{es} = Capacidade efetiva de secagem, t/h;

C_{ns} = capacidade nominal de secagem, t/h;

f = fator de correção do produto, adimensional;

f_a = fator de correção do excesso de água.

$$C_{es} = 100 \text{ t/h} \times 0,35 \times 0,44$$

$$C_{es} = 15,4 \text{ t/h}$$

Verifica-se, pelo exemplo, que a redução estimada da capacidade de secagem implica no aumento de 6,5 horas para concluir a operação, o que proporcionaria aumento no tempo de recebimento, permitindo que o produto quente e úmido permaneça nos veículos de carga durante muito tempo.

A utilização da secagem parcial dos grãos (15 a 17% b.u.) permite que o tempo de secagem seja reduzido. Entretanto, isso só é possível quando o produto for armazenado em sistemas que possibilitem o seu resfriamento, com redução de temperatura na massa de grãos para valores entre 14 e 16 °C.

A complementação da secagem poderá ser realizada depois de concluída a safra.

Observa-se na figura 1 que é considerável a redução no tempo de operação quando o produto é secado parcialmente. A redução de umidade dos grãos de 30 para 18% (b.u.) ocorre em um pequeno intervalo de tempo, enquanto que a redução de 18 para 10% (b.u.) necessita de, aproximadamente, 4 vezes mais tempo.

Com base nesta constatação, torna-se importante avaliar os procedimentos operacionais com o objetivo de secar parcialmente os grãos durante o período da safra, resfriá-los e, terminada a safra, complementar a secagem. Deve-se considerar, ainda, que durante o período de resfriamento ocorrerá a secagem devido o elevado teor de água dos grãos (15 – 17% b.u.), conforme pode ser observado no quadro 1.

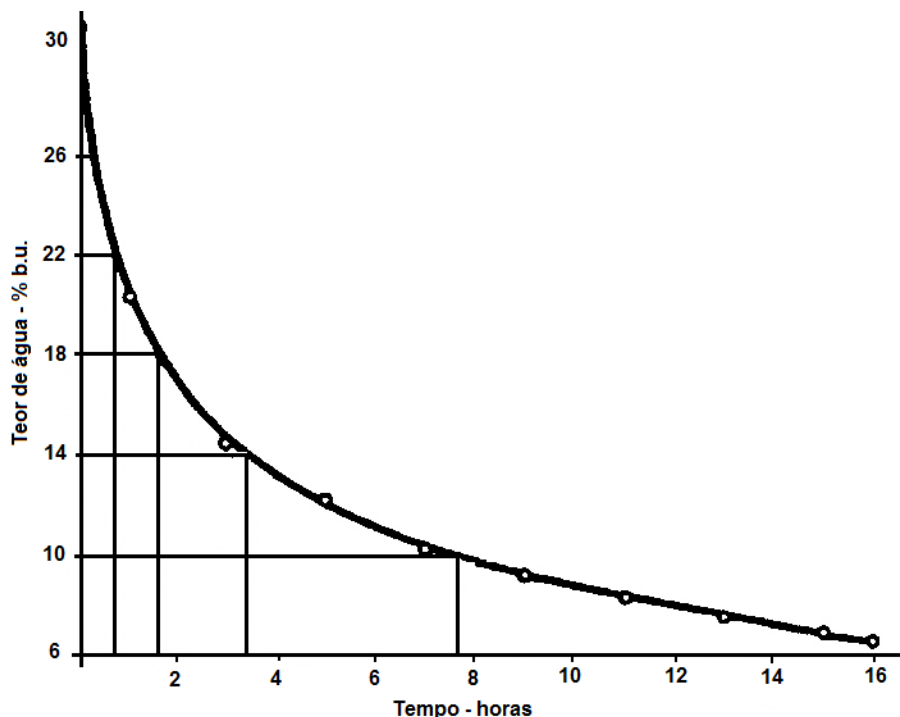


Figura 1 – Croqui: esquema de uma curva de secagem de grãos.

Os valores de umidade de equilíbrio foram obtidos por meio da equação de Chung & Pfost modificada, citados por Silva (2000).

Observa-se que os valores de umidade de equilíbrio da soja são menores que os do milho e do arroz. Isto se deve, principalmente, ao maior teor de óleo da soja.

Pelas informações contidas no quadro 2, para arroz, verifica-se que se o produto a ser resfriado tiver umidade entre 15 e 17% (b.u.) e o equipamento de resfriamento insuflar ar na massa de grãos com temperatura de 15 °C e 70% de umidade relativa, deverá ocorrer secagem depois de um determinado tempo de operação, considerando-se que, nestas condições, a umidade de equilíbrio do arroz é de 13,9% (b.u.).

Quadro 2- Valores de umidade de equilíbrio de arroz, milho e soja, para diferentes temperaturas e umidades relativas

Produto	Temperatura (°C)	Umidade de equilíbrio (% b.u.)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	99
Milho	10	6,7	8,5	9,9	11,2	12,5	13,8	15,4	17,3	20,2	28,2
	15	6,1	7,9	9,3	10,6	11,9	13,3	14,9	16,8	19,8	27,8
	20	5,5	7,4	8,8	10,2	11,5	12,9	14,4	16,4	19,4	27,5
	25	5,0	6,9	8,4	9,7	11,2	12,2	14,0	16,0	19,0	27,2
	30	4,6	6,5	7,9	9,3	10,6	12,0	13,6	15,7	18,7	27,0
	35	4,1	6,0	7,5	8,9	10,2	11,7	13,3	15,3	18,4	26,7
Soja	10	1,8	4,2	6,1	7,8	9,5	11,2	13,2	15,7	19,4	29,0
	15	1,5	3,9	5,8	7,5	9,2	11,0	13,0	15,5	19,2	28,9
	20	1,2	3,7	5,6	7,2	9,0	10,8	12,8	15,3	19,0	28,7
	25	0,9	3,4	5,3	7,0	8,7	10,5	12,5	15,0	18,8	28,6
	30	0,6	3,1	5,0	6,8	8,5	10,3	12,3	14,8	18,6	28,4
	35	0,4	2,9	4,8	6,5	8,3	10,1	12,1	14,6	18,4	28,3
Arroz	10	7,4	8,8	9,9	10,9	11,9	13,0	14,2	15,8	18,1	22,9
	15	6,8	8,4	9,5	10,5	11,5	12,6	13,9	15,4	17,8	24,5
	20	6,6	8,0	9,1	10,2	11,2	12,3	13,5	15,1	17,5	24,3
	25	6,3	7,7	8,8	9,8	10,9	12,0	13,2	14,8	17,3	24,1
	30	5,9	7,4	8,5	9,5	10,6	11,7	13,0	14,6	17,0	23,8
	35	5,6	7,1	8,3	9,3	10,3	11,4	12,7	14,3	16,8	23,6

Outra vantagem ao aplicar o resfriamento artificial, além de aumentar o fluxo de recebimento e possibilitar que se inicie a secagem dos grãos em menor intervalo de tempo, pode-se estabelecer o controle físico de insetos-praga e fungos, pela redução de temperatura, considerando que temperaturas inferiores a 20 e 18 °C, respectivamente, são desfavoráveis ao desenvolvimento desses organismos, conforme pode ser observado nos quadros 3 e 4.

Ao analisarmos os quadros 2 observamos que arroz armazenado com umidade entre 15,4 e 17,8% (b.u.), na temperatura de 15 °C, terá na massa de ar intergranular a umidade relativa variando entre 80 e 90%. Ao ser insuflado, nessa massa, ar com umidade relativa de aproximadamente 70% e temperatura de 15 °C, com vazão específica tecnicamente dimensionada, durante o tempo necessário, o teor de água dos grãos deverá reduzir para um valor médio de 13,9% (b.u.). A complementação da secagem para 13% (b.u.) poderá ser realizada em sacador.

No quadro 3 pode-se observar que temperaturas inferiores a 20 °C, em ambientes com umidades relativas inferiores a 71 – 75%, não favorecem o desenvolvimento de fungos, como pode ser observado para *Aspergillus restrictus* e *A. glaucus*. Maiores valores de

umidade relativa, na faixa de temperatura considerada ótima, conforme se observa nas cargas úmidas a granel e nas moegas de recepção, podem propiciar condições favoráveis ao desenvolvimento de algumas espécies de fungos, durante o recebimento de grãos.

É importante ressaltar que os fungos são um dos principais responsáveis pelo aquecimento e descoloração (cor amarelada) do arroz úmido.

Quadro 3 – Valores de temperaturas mínimas, ótimas e máximas, umidades relativas e teores de água que podem influenciar o desenvolvimento de fungos (Fonte: Navarro et al., 2002)

Espécies de fungos	Umidade relativa mínima (%)	Umidade de equilíbrio (% b.u.)	Temperaturas (°C)		
			Mínimas	Ótimas	Máximas
<i>Alternária</i>	91	19	-3	20	36 – 40
<i>Aspergillus candidus</i>	75	15	10	28	44
<i>A. flavus</i>	82	16 – 17	6 - 8	36 - 38	44 – 46
<i>A. fumigatus</i>	82	16 – 17	12	37 - 40	50
<i>A. glaucus</i>	72	13,5 – 14,0	8	25	38
<i>A. restrictus</i>	71 - 72	13,5	5 - 10*	30 – 35*	40 – 45*
<i>Cephalosporium acremonium</i>	97	22	8	25	40
<i>Epicoccum</i>	91	19	-3	25	28
<i>Fusarium moliniforme</i>	91	19	4	28	36
<i>F. graminearium</i>	94	20,5	4	25	32
<i>Mucor</i>	91	19	-3	28	36
<i>Nigrospora oryzae</i>	91	19	4	28	32
<i>Penicillium funiculosum</i>	91	19	8	30	36
<i>P. oxalicum</i>	86	17	8	30	36
<i>P. brevicompactum</i>	81	16	-2	23	30
<i>P. cyclopium</i>	81	16	-2	23	30
<i>P. viridicatum</i>	81	16	-2	23	36

(*) - Informações obtidas de Christensen & Kaufmann (1974).

No quadro 4 estão relacionados os valores ótimos de temperatura e umidade relativa favoráveis ao desenvolvimento de algumas das principais espécies de insetos-praga de maior importância econômica. Observa-se que, para essas espécies, que o resfriamento com ar na temperatura entre 10 e 20 °C, e umidade relativa de 70%, aproximadamente, além de remover parcialmente a umidade do produto, estabelecerão no ambiente de armazenagem condições desfavoráveis ao desenvolvimento de insetos.

É importante ressaltar que esses valores de temperatura não são letais para as espécies de insetos-pragas relacionadas no quadro 4. Entretanto, o ambiente será desfavorável ao seu desenvolvimento e, possivelmente, abandonarão o ambiente. Algumas espécies que ainda permanecerem no ambiente frio, reduzirão suas atividades fisiológicas, principalmente alimentação, reprodução, deposição e tempo de eclosão de ovos, podendo, o adulto, chegar à morte por inanição.

Entende-se que as superfícies externas do ambiente deverão ser sistematicamente limpas e higienizadas e devem ter um programa de controle químico nas paredes externas,

sem proporcionar a mistura de inseticidas. É importante evidenciar que, em superfícies limpas e planas, 01 litro de inseticida poderá cobrir até 100 m².

Quadro 4 – Temperatura e umidade relativa favoráveis ao desenvolvimento de insetos

Espécie	Temperatura (°C)		UR mínima (%)	Incremento por mês*
	Mínima	Ótima		
<i>Troderma granarium</i>	24	33-37	1	12,5
<i>Oryzaephillis surinamensis</i>	21	31-34	10	50,0
<i>Plodia interpunctella</i>	18	28-32	40	30
<i>Ephestia cautella</i>	17	28-32	25	50
<i>Tribolium confusum</i>	21	30-33	1	60
<i>Tribolium castaneum</i>	22	32-35	1	70
<i>Rhizopertha dominica</i>	23	32-35	30	20
<i>Lasioderma serricone</i>	22	32-35	30	20
<i>Callosobruchus chinensis</i>	19	28-32	30	30
<i>Sitotroga cerealella</i>	16	26-30	30	50
<i>Ephestia elutella</i>	10	25-28	30	15
<i>Sitophilus granarius</i>	15	26-30	50	15
<i>Siophilus oryzae</i>	17	27-31	60	25

Fonte: Navarro & Noyes, (2000)

(*) – incremento por mês sob condições ótimas.

Entende-se por **tempo de armazenamento possível** o período em que é viável armazenar grãos com diferentes teores de água e temperatura, sem que ocorra perda de matéria seca superior a 0,5%. Esse tempo é variável entre as espécies vegetais, para as mesmas condições de temperatura e teor de água dos grãos.

O tempo máximo de armazenamento de milho com diferentes valores de umidade e temperatura pode ser observado na Tabela 5 e, considerando a perda de 0,5% de matéria seca, na Figura 2.

Tabela 5 – Tempo máximo de armazenagem de milho com diferentes teores de água em ambiente com diferentes temperaturas, antes que ocorra perda de 0,5% de matéria seca

Teor de água (% b.u.)	Temperaturas (°C)					
	- 01	04	10	16	21	27
14	*	*	*	*	200	140
15	*	*	*	240	125	70
16	*	*	230	120	70	40
17	*	280	130	75	45	20
18	*	200	90	50	30	15
19	*	140	70	35	20	10
20	*	90	50	25	14	7
22	190	60	30	15	8	3
24	130	40	15	10	6	2
26	90	35	12	8	5	2
28	70	30	10	7	4	2
30	60	25	5	5	3	1

(*) Tempo permissível aproximado excede a 300 dias.

Fonte: Navarro et al. (2002).

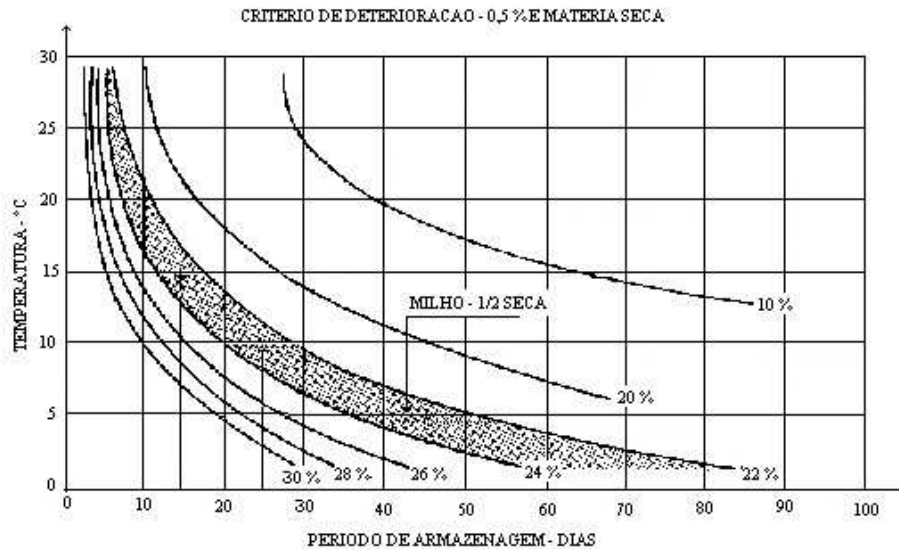


Figura 2 – Tempo de armazenagem de milho com diferentes teores de água e diferentes temperaturas.

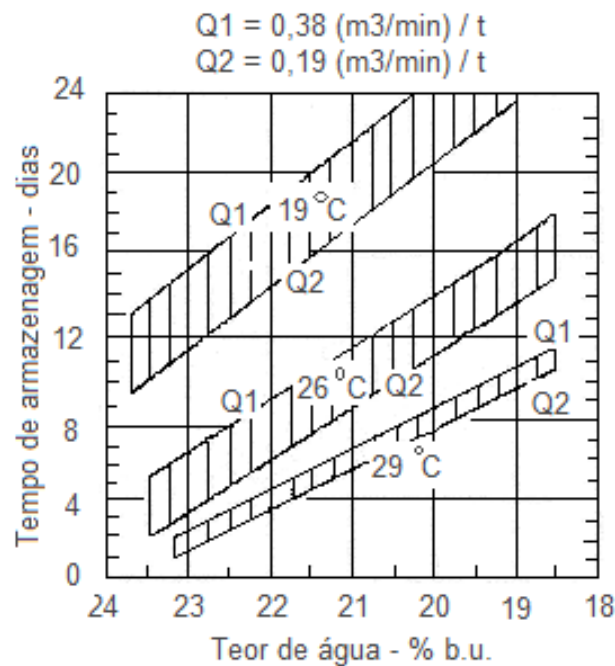


Figura 3 - Tempo de armazenagem possível de arroz úmido (Fonte: Calderwood, 1966).

Como se pode observar, estes são resultados de pesquisas realizadas há várias décadas e novos estudos precisam ser realizados, com as novas variedades de arroz e nas atuais estruturas de armazenagem.

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA O RESFRIAMENTO DE GRÃOS ÚMIDOS

Os procedimentos operacionais para o manejo de produtos úmidos, com secagem parcial, e armazenagem em baixa temperatura, consistem no seguinte:

- a) Secar os grãos até o teor de água entre 15 e 17% (b.u.) utilizando toda a coluna do secador como coluna de secagem.
- b) Descarregar o produto em silo que tenha sistema de aeração e termometria.
- c) Nivelar a massa superior de grãos e cobrir com uma camada de produto seco de aproximadamente 80 cm,
- d) Utilizar, de preferência, silos com fundo falso,
- e) Deixar o produto em repouso, sem receber ar, durante 6 a 8 horas, considerando-se as camadas inferiores.
- f) Insuflar ar à temperatura ambiente até equilibrar a temperatura da massa de grãos em no máximo 5 °C superior a temperatura do ar ambiente. Observe o aquecimento do ar ambiente causado pelo rotor do ventilador.
- g) Insuflar ar resfriado artificialmente até que a temperatura da massa de grãos seja igual ou inferior a 16 - 18 °C e que a diferença entre pontos dentro da massa de produto não seja superior a 4 °C.
- h) Observar o tempo de armazenamento possível, considerando a máxima perda de matéria seca de 0,5%.
- i) Depois de concluída a safra, retornar o produto para o secador e realizar a complementação da secagem, se necessário.
- j) Não é recomendável a utilização de silos de grandes capacidades ou armazéns graneleiros. Por se tratar de atividade que exige cuidados, cada aplicação deve ser previamente avaliada por técnico especializado.

LITERATURA CONSULTADA

CALDERWOOD, D. L. Use of aeration aid rice drying. St. Paul: Transactions of the ASAE. p.893-895. 1966.

NAVARRO, S.; NOYES, R.; ARMITAGE, D.; MAIER, D. E. Objectives of aeration. In: NAVARRO, S.; NOYES, R. **The mechanicals and physics of modern grain aeration management**. New York: CRC Press, 2002. p. 1-34.

SCHROEDER, H. W.; CALDERWOOD, D. L. Rough rice storage. In: HOUSTON, D. F. (Ed.) **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. 1972. p. 166-187.

SILVA, J.S. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 502p.

WEBER, E. A. Excelência em beneficiamento e Armazenagem de grãos. (Ed.) Canoas: Salles Editora. 586p. 2005.