

LPV-0638: Produção de Sementes

SECAGEM DE SEMENTES

Julio Marcos Filho
DEPTO. DE PRODUÇÃO VEGETAL
USP/ESALQ



IMPORTÂNCIA E FUNÇÕES DA ÁGUA

PRESENTE EM TODOS OS PROCESSOS
DINÂMICOS DA CÉLULA VIVA



CURIOSIDADE

Água no corpo humano:

Homem – 60%

Mulher – 55%

As mulheres têm menos água devido ao maior teor de gordura do seu corpo.



IMPORTÂNCIA E FUNÇÕES DA ÁGUA

- Representa 70% do protoplasma de células ativas
- Organização da estrutura celular e cadeia de processos bioquímicos anabólicos e catabólicos
- Organização e integridade das membranas; estrutura de macromoléculas
- Porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação
- Velocidade e intensidade de deterioração
- Atividade de insetos e microrganismos
- Teor de água na colheita X desempenho no beneficiamento, transporte e armazenamento Retardar a colheita ??



IMPORTÂNCIA E FUNÇÕES DA ÁGUA

- Atividade de insetos



IMPORTÂNCIA E FUNÇÕES DA ÁGUA

- Atividade de microrganismos

Condições que favorecem o desenvolvimento de fungos durante o armazenamento (MAPA / CASEMG).

Teor de água (%)	Desenvolvimento de fungos
< 13	Lento
13 – 16	Rápido
> 16	Explosivo



IMPORTÂNCIA E FUNÇÕES DA ÁGUA

- Secagem → transferência de qualquer quantidade de água contida na semente para a atmosfera

VANTAGENS

- Antecipação da colheita x perdas no campo
- Planejamento racional da colheita
- Qualidade do produto
- Teor de água para comercialização: peso do produto



TEOR DE ÁGUA DAS SEMENTES

- TEOR: proporção de determinada substância em um todo
Dimensão do teor de água é expressa pelo grau de umidade, com base na massa de matéria seca ou de matéria úmida

- Massa de matéria úmida: $M_u = M_s + M_a$

$$GU_{bu} = \frac{M_u - M_s}{M_u}$$

Matéria úmida → (%)



EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

HIGROSCOPICIDADE: capacidade de retenção de água, característica de cada substância

Variável com a composição química

AR ATMOSFÉRICO: gases + vapor d'água

Umidade de saturação → quantidade máxima aumenta com a elevação da temperatura



EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

Temperatura (°C)	Umidade de Saturação (g de vapor d'água/kg de ar seco)
0	3,8
10	7,6
20	14,8
30	26,4

Varição da umidade de saturação em função da temperatura do ar (Harrington, 1972).



EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

AR ATMOSFÉRICO:

Umidade relativa: quantidade existente / máxima

$$U. R. (\%) = \frac{U. Atual}{U. Saturação} \times 100$$

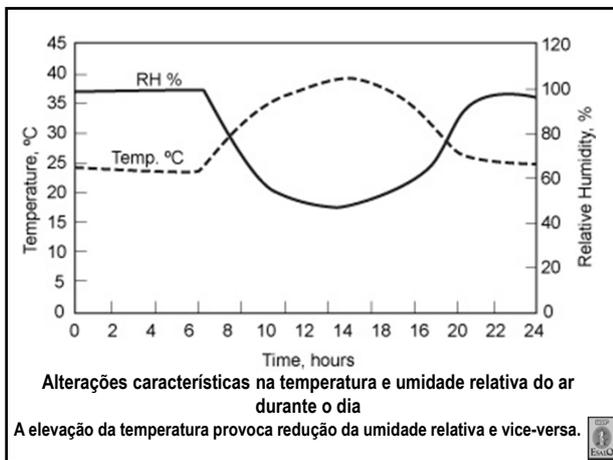
- Aquecimento ou resfriamento do ar



U.R. (%) = $\frac{U. A.}{U. S.} \times 100$	Temper. (°C)	Umidade de Saturação
	0	3,8
	10	7,6
	20	14,8
	30	26,4

Se umidade atual = 7,4 g vapor

10°C	→ U.R. = 97,3 %
20°C	→ U.R. ≈ 50 %
30°C	→ U.R. = 28 %



EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

{ **PRESSÃO ATMOSFÉRICA:** gases + vapor d'água
SEMENTE: água no estado de vapor exerce pressão

AR ATMOSFÉRICO E SEMENTES:

SISTEMAS EM TROCA PERMANENTE DE VAPOR D'ÁGUA

Sentido da movimentação → diferença de pressão de vapor

EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

P. Vapor semente > P. vapor atmosférico → SECAGEM

P. Vapor atmosférico > P. vapor semente → UMEDECIMENTO

PRESSÕES SE IGUALAM → EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

ADSORÇÃO: SEMENTES GANHAM ÁGUA (atração)

DESSORÇÃO: SEMENTES CEDEM ÁGUA (separação)

PARA CADA UMIDADE RELATIVA HÁ, SEMPRE, UM TEOR DE ÁGUA CORRESPONDENTE DA SEMENTE, A UMA DETERMINADA TEMPERATURA

EQUILÍBRIO: quantidade cedida = quantidade captada

EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

Espécie	Temper. (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)					
		30	40	50	60	70	80
Feijão	20	8,5	9,9	11,3	12,8	14,5	16,6
	28	8,3	9,7	11,1	12,6	14,3	16,4
	36	8,2	9,6	11,0	11,5	14,2	16,3
Soja	20	7,2	8,0	9,1	10,7	13,1	15,4
	28	5,7	6,5	7,6	9,2	11,6	13,9
	36	4,2	5,0	6,1	7,7	10,1	12,4
Sorgo	20	9,6	10,8	12,0	13,0	14,1	17,4
	28	9,1	9,3	10,5	11,5	13,6	15,9
	36	6,6	7,8	9,0	10,0	12,1	14,4

Teor de água no ponto de equilíbrio higroscópico diminui com a elevação da temperatura; sob a mesma temperatura, aumenta com a elevação da umidade relativa



Composição química x Equilíbrio higroscópico

Espécie	Umidade Relativa do Ar (%)				
	30	40	50	60	70
Arroz	9,0	10,0	11,0	12,1	13,4
Milho	8,6	10,0	11,3	12,7	14,3
Trigo	9,3	10,5	10,9	13,8	14,6
Soja	5,4	7,2	8,9	10,7	12,7
Amendoim	4,2	5,0	6,2	7,2	8,9



EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

FATORES QUE AFETAM

Composição química

Umidade relativa e Temperatura do ar

Permeabilidade da "cobertura"

Integridade das sementes



EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO

Conhecimento do ponto de equilíbrio higroscópico:
Bases para a secagem artificial, embalagem e armazenamento

SECAGEM: "RUPTURA" DO EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO



EVENTOS FISIOLÓGICOS ASSOCIADOS AO TEOR DE ÁGUA DA SEMENTE



Teor de Água (%)	Eventos Destacáveis
> 41	Maturidade fisiológica de dicotiledôneas Início do metabolismo para a germinação Complementação da germinação
30 – 40	Maturidade e germinação de monocotiledôneas Armazenamento de sementes recalcitrantes Alta sensibilidade a injúrias por congelamento
18/20 a 30	<u>Respiração intensa e aquecimento da massa</u> <u>Deterioração acelerada</u> Atividade intensa de microrganismos Estruturação do sistema de membranas celulares <u>Armazenamento de sementes recalcitrantes</u> Recalcitrantes não sobrevivem com sua remoção

Teor de Água (%)	Eventos Destacáveis
12/14 a 18/20	Diminui atividade respiratória; risco de aquecimento Reações de síntese catalisadas por enzimas <u>Deterioração durante o armazenamento</u> Fungos e insetos de armazenamento Níveis adequados para a colheita mecanizada Menor sensibilidade da semente a injúrias mecânicas (teor de água: 13% a 16%)
10 a 13	Redução da velocidade de deterioração Aceitável para o armazenamento em embalagens porosas ou resistentes a trocas de vapor d'água Ocorrência de insetos
< 10	Queda drástica ou nenhuma atividade de insetos Armazenamento em embalagens herméticas
4 a 8	Armazenamento em embalagens herméticas Remoção de água pode acelerar a deterioração

O PROCESSO DE SECAGEM

a) Transferência da água da superfície da semente para a atmosfera

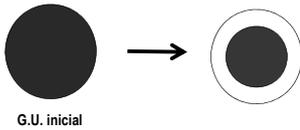
P. Vapor semente > P. vapor atmosférico → SECAGEM

P. V. atm. > P. vapor semente → UMEDECIMENTO

PRESSÕES SE IGUALAM → EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO



a) Transferência da superfície para a atmosfera



PERDA DE ÁGUA PELA SEMENTE DURANTE A SECAGEM

O PROCESSO DE SECAGEM

Se o ar não está em movimento, gradiente cada vez menor e tendência ao equilíbrio

Continuidade dessa transferência → movimentação do ar e entrada de outro “mais seco” ou que consiga “retirar água” da semente (mais frio?)

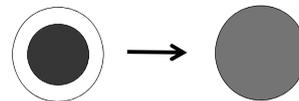
O PROCESSO DE SECAGEM

Se o ar não está em movimento, gradiente cada vez menor e tendência ao equilíbrio

Continuidade dessa transferência → movimentação do ar e entrada de outro “mais seco” e que consiga “retirar água” da semente

O PROCESSO DE SECAGEM

b) Movimentação da água do interior para a superfície da semente

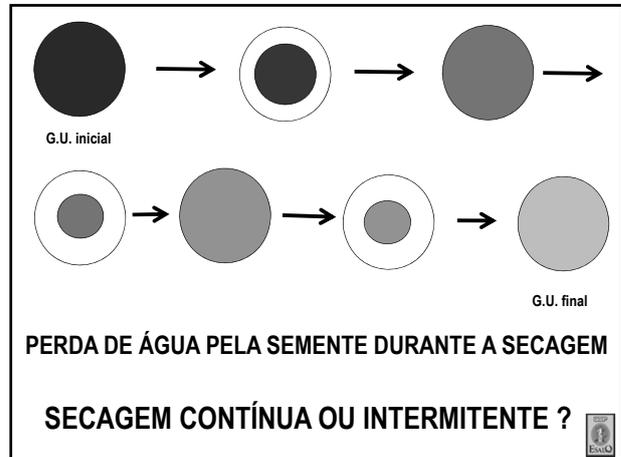


O PROCESSO DE SECAGEM

b) Movimentação da água do interior para a superfície da semente

Velocidade variável com a espécie e exerce influência significativa sobre o tempo de secagem

Gramíneas forrageiras, brássicas > trigo, aveia, centeio, cevada > milho, ervilha, feijão, arroz, soja



INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

> Temperatura → < Umidade Relativa → SECAGEM

Relação Temperatura da Massa e Grau de Umidade

Teor de água > 18% → $T \leq 32^{\circ}\text{C}$

Teor de água 10 - 18% → $T \leq 38^{\circ}\text{C}$

Teor de água < 10% → $T \leq 43^{\circ}\text{C}$

Graus de tolerância variam: soja $T \leq 40^{\circ}\text{C}$ e U.R. $\geq 35\%$

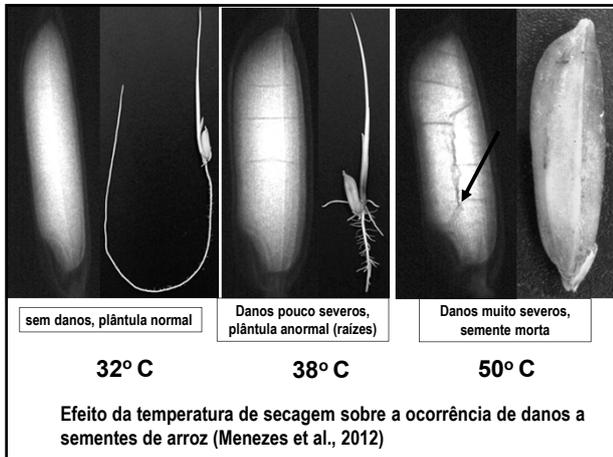


INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

Danos térmicos imediatos e latentes

Trincas e “endurecimento” / “envidramento”: descanso





INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

Danos térmicos imediatos e latentes

Trincas e “endurecimento” / “envidramento”: descanso

Secagem lenta: taxa respiratória + injúrias mecânicas

Temperatura é determinada no primeiro contato do ar com as sementes



MÉTODOS DE SECAGEM

SECAGEM NATURAL

A) Esparramação, aquecimento, movimentação, aeração

B) Abafamento para igualação

- Menor necessidade de conhecimentos técnicos, simplicidade das instalações, menor investimento inicial, regiões com clima favorável
- Processo lento, necessidade de mão de obra, possíveis adversidades climáticas



Secagem de sementes de tomate em tabuleiros



Paulo C.T. Melo





Secagem de sementes de café, em terreiro



MÉTODOS DE SECAGEM

SECAGEM ARTIFICIAL

Secagem contínua: sementes expostas até atingir o teor de água desejado

Secagem intermitente: exposições das sementes são intercaladas com períodos de repouso, suficientes para a movimentação da água do interior para a superfície das sementes

Em ambos os casos, a secagem deve ser precedida por pré-limpeza



MÉTODOS DE SECAGEM

SECAGEM ARTIFICIAL

SECAGEM com AR NATURAL (ar sem aquecimento)

**Geralmente estacionária: massa estática
granel, espigas, sacas**



MÉTODOS DE SECAGEM

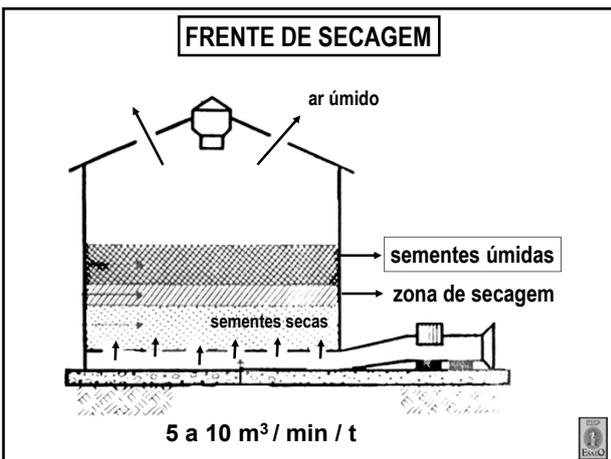
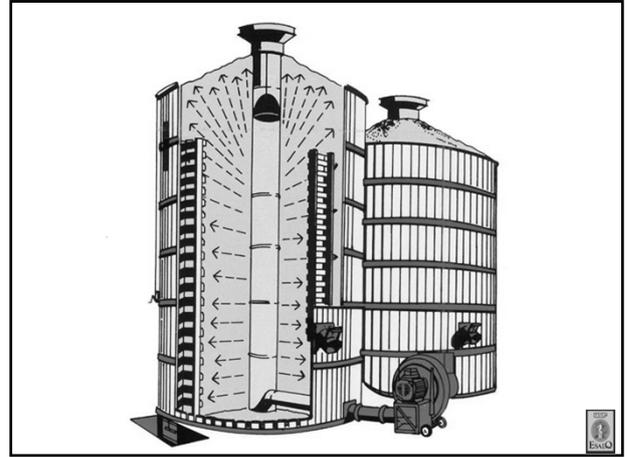
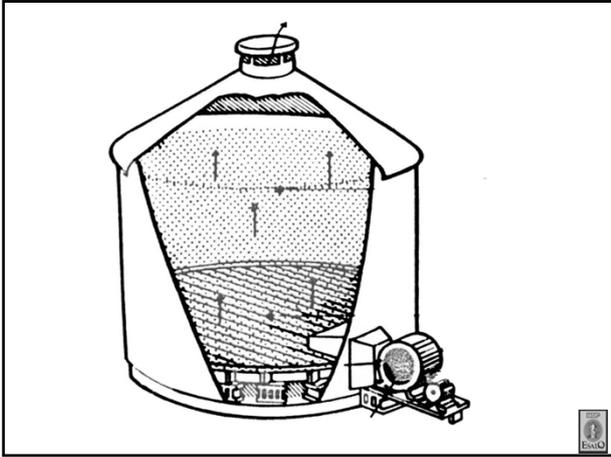
SECAGEM com AR NATURAL (ar sem aquecimento)

**SECAGEM DEPENDE DO PONTO DE EQUILÍBRIO
HIGROSCÓPICO**

Processo relativamente lento, geralmente utilizado em sementes mantidas em depósitos (a granel).

Requisitos: estrutura para manter as sementes, aparelho de ventilação e sistema de distribuição de ar





SECAGEM com AR NATURAL (ar sem aquecimento)

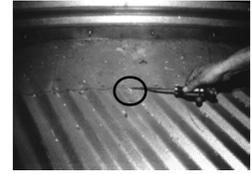
Espessura da massa: diretamente proporcional ao tamanho e inversamente proporcional ao grau de umidade das sementes.

Sementes menores e/ou mais úmidas: camada mais espessa ou mais alta.

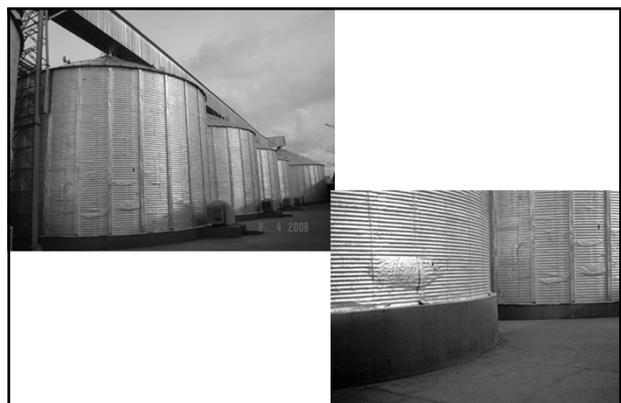
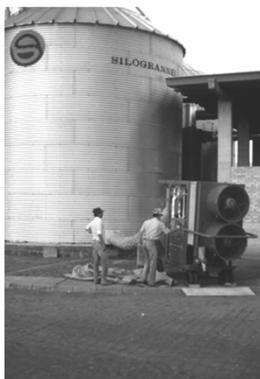
MÁXIMO PERÍODO PERMISSÍVEL PARA SECAGEM

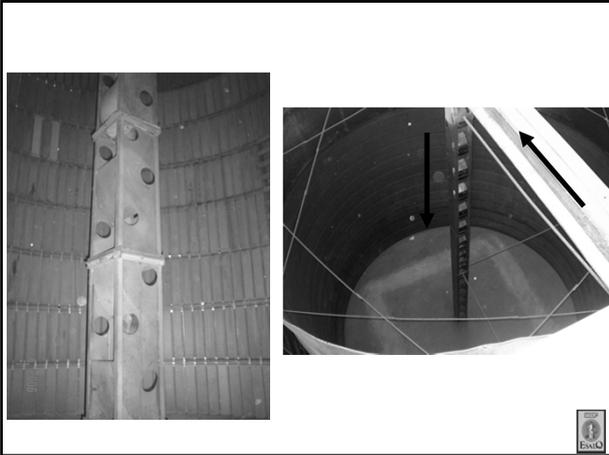


SECAGEM com AR NATURAL (ar sem aquecimento)



SECAGEM com AR NATURAL (combinar com resfriamento)





SECAGEM com AR AQUECIDO

- Ar forçado com aquecimento suplementar

Elevação moderada da temperatura (5 a 8°C)

Temperatura não ultrapassa 32°C

Ar não aquecido quando U.R. < 75%

Combinar aquecimento com o aumento do fluxo de ar



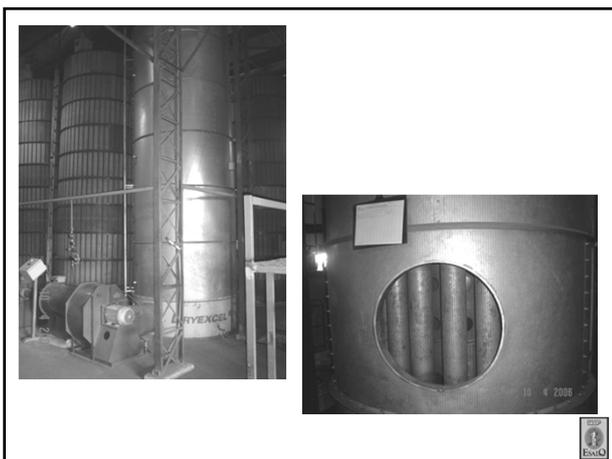
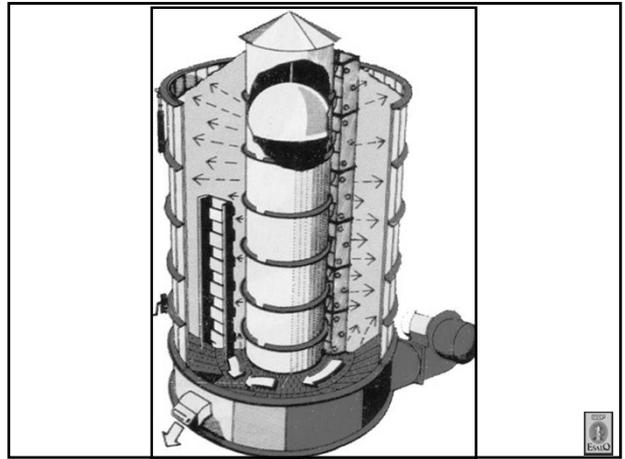
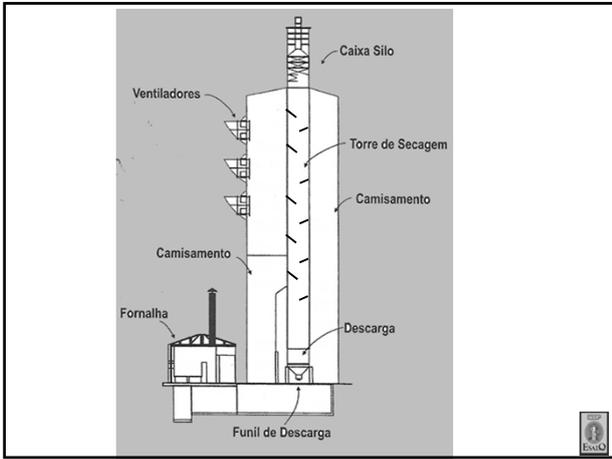
SECAGEM com AR AQUECIDO

(CONTÍNUA OU INTERMITENTE)

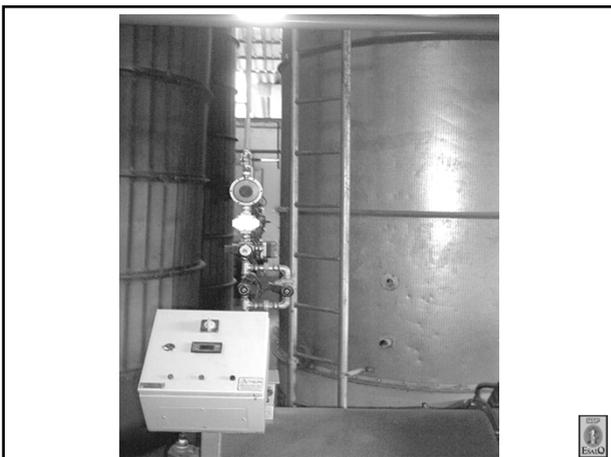
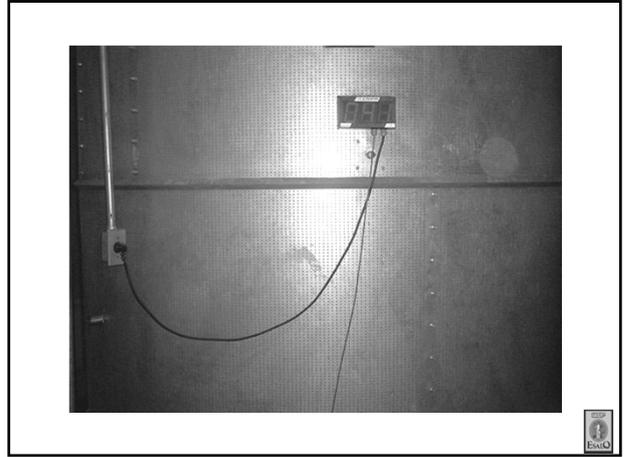
- Ar quente forçado: $T_{ar} > 70^{\circ} C$

Secagem estacionária: granel, sacas ou espigas





Secador: método estacionário/contínuo ou estacionário/intermitente

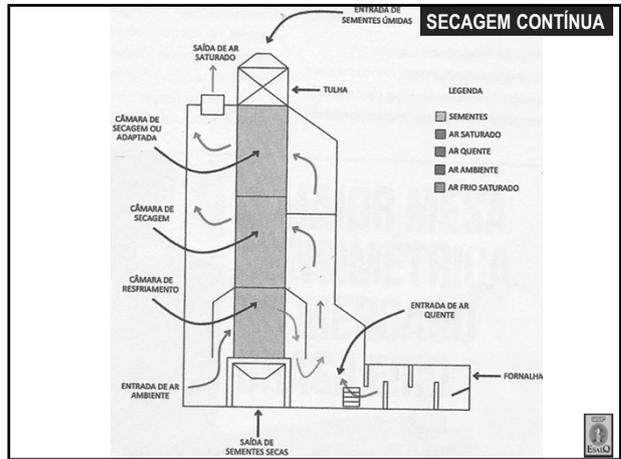


**SECAGEM com AR AQUECIDO
(CONTÍNUA OU INTERMITENTE)**

- Ar quente forçado: $T_{ar} > 70^{\circ} C$

Secagem com movimento contínuo
Controle de fluxo pela moega + saída
Remoção média: 1,0 a 3,0 p.p. por passada

Resfriamento das sementes

**SECAGEM com AR AQUECIDO
(CONTÍNUA OU INTERMITENTE)**

- Ar quente forçado: $T_{ar} > 70^{\circ} C$

Secagem intermitente

Resfriamento das sementes