

## CAPÍTULO 17

### SECAGEM E ARMAZENAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

Juarez de Sousa e Silva  
Adílio Flauzino de Lacerda Filho  
Pedro Amorim Berbert

#### 1. SECAGEM E ARMAZENAGEM DE MILHO

Para armazenamento seguro do milho por 12 meses, o teor ideal de umidade está entre 12 e 13% b.u., podendo-se ter tolerância máxima de 14% b.u., quando aplicada corretamente a técnica de aeração.

A secagem do milho pode ser feita no próprio campo ou em secadores que utilizam a energia do sol, ou, ainda, em secadores mecânicos que utilizam a queima de biomassa e derivados do petróleo para promover o aquecimento do ar de secagem.

A secagem do milho produzido no Brasil, em grande parte, ocorre na própria planta, ainda no campo. Isto porque as condições climáticas na ocasião da colheita são favoráveis, e esta cultura é muito difundida entre os pequenos agricultores, que, devido à falta de capital disponível, não investem na infra-estrutura necessária à secagem. Assim, as técnicas utilizadas para secagem do milho no Brasil são simples e baratas.

A secagem natural, como descrita no capítulo 5 – Secagem e Secadores, é pouco segura, uma vez que o produto fica no campo, sujeito a condições ambientais desfavoráveis. Além disso, em ambientes com altas temperaturas que apresentam taxa respiratória elevada, o produto consome parte de suas reservas, comprometendo sua qualidade.

Outra desvantagem da secagem no campo é que o milho pode ser atacado por insetos, pássaros, roedores e microrganismos, principalmente fungos, que contribuem significativamente para sua deterioração.

Uma prática comum adotada por pequenos agricultores consiste em colher as espigas secas e amontoá-las ao longo da linha de plantio. Isto provoca aumento nas tensões causadas pela secagem e reumedecimento, resultantes de variações nas temperaturas noturna e diurna, umidade relativa do ar e chuvas esporádicas.

#### 1.1. Secagem Artificial do Milho

A secagem em secadores é uma técnica que visa preservar as qualidades do milho, considerando que, quando colhido mecanicamente, apresenta-se com alto teor de umidade (24 a 26% b.u.) para armazenagem, porém com alta qualidade e elevado teor de matéria seca.

A Tabela 1 mostra o tempo permitível para armazenagem (TPA) de milho sob diferentes condições de temperatura e umidade. Observa-se que, à medida que o produto perde umidade, sob uma mesma temperatura, o risco de

deterioração diminui. Caso a secagem seja um processo contínuo em toda a camada de grãos, o tempo durante o qual ela deve ser concluída pode ser maior do que o tempo previsto com base nas condições iniciais do produto. Por outro lado, se for deixada com elevado teor de umidade dentro de um silo sem ventilação, poderá deteriorar em tempo menor do que o previsto, pois sofrerá aquecimento resultante do processo respiratório e da atividade dos microrganismos, intensificando ainda mais o processo de deterioração.

Tabela 1 – Número de dias em que o milho a granel poderá, sob determinadas condições, permanecer armazenado sem que a perda de matéria seja superior a 0,5%

Temperatura do grão °C	Teor de umidade (% b.u.)				
	16	18	20	22	24
Tempo permitível para armazenagem (dias)					
16	158	60	27	16	11
18	116	45	23	14	9
20	94	36	18	11	8
22	78	29	15	9	6
24	63	24	12	8	5
26	51	19	10	6	5
28	41	16	8	5	4

A secagem do milho pode ser realizada em diversos tipos de secadores e sistemas de secagem. Quando bem manejados, os secadores que utilizam baixas temperaturas ou ar natural são os que mais contribuem para a manutenção da qualidade original do produto e os mais adequados para secagem de sementes.

Na secagem com ar natural, o ar deve apresentar umidade relativa um pouco inferior àquela de equilíbrio com o produto (Tabela 2).

No sistema de secagem em silos a baixa temperatura, distingue-se diferentes faixas de teores de umidade durante o processo (capítulo 5 – Secagem e Secadores). O tempo para que a frente de secagem atinja o topo da massa de grãos dentro do silo pode variar de poucos dias a semanas. Os principais fatores que influenciam este tempo são, para a mesma vazão de ar, umidade inicial do produto, temperatura e umidade relativa do ar de secagem.

Em regiões tropicais, a utilização da secagem em baixas temperaturas é recomendada para milho com teor de umidade inicial inferior a 18% b.u. Para valores superiores a este, são necessários grandes fluxos de ar e alta potência dos ventiladores, inviabilizando economicamente o sistema. Já em condições de clima temperado, este limite pode chegar a 24 % b.u.

Em regiões produtoras com elevada insolação durante a colheita, pode-se utilizar energia solar para reduzir a umidade relativa do ar. Um aumento de 1°C na temperatura reduz a umidade relativa em aproximadamente 4,5%.

Para esclarecer esta questão, apresenta-se o seguinte problema: determine

o aquecimento que o ar deve sofrer para secar milho, até 13% b.u., sob condições médias de 20°C e 80% de umidade relativa. Considere que o ventilador aquece o ar em 1°C.

Tabela 2 – Umidades de equilíbrio do milho, % b.u, em função da temperatura e umidade relativa do ar de secagem

Temperatura. °C	Umidade relativa (%)						
	50	55	60	65	70	75	80
16	11,6	12,4	13,3	14,2	15,0	16,0	17,1
18	11,5	12,3	13,1	13,9	14,8	15,8	16,9
20	11,3	12,1	12,9	13,7	14,6	15,6	16,7
22	11,2	11,9	12,7	13,6	14,4	15,4	16,5
24	11,0	11,8	12,4	13,4	14,3	15,2	16,3
26	10,9	11,6	12,3	13,2	14,2	15,0	16,1
28	10,7	11,5	12,1	13,1	13,9	14,9	15,9
30	10,6	11,3	12,0	12,9	13,8	14,7	15,7
32	10,5	11,2	11,8	12,8	13,6	14,5	15,5
34	10,4	11,1	11,7	12,6	13,4	14,4	15,4

A solução mostra que, para temperatura de 20°C e umidade relativa de 80%, a Tabela 2 indica um teor de umidade de equilíbrio de 16,7% b.u. Como o ventilador aquece o ar em 1°C, a temperatura passa a ser de 21°C. Utilizando o gráfico psicrométrico, obtém-se a umidade relativa de 75%. Usando a Tabela 2, obtém-se um teor de umidade de equilíbrio igual a 15,5% b.u., que ainda é superior ao desejado. Aumentando-se a temperatura em 3°C, tem-se 24°C, enquanto a umidade relativa cai para 63%. Uma interpolação na Tabela 2 mostra um teor de umidade de equilíbrio de aproximadamente 13% b.u. Portanto, o sistema de aquecimento deve produzir um aumento de 3°C na temperatura do ar para que o teor de umidade final desejado seja atingido.

As principais vantagens da secagem de milho em baixas temperaturas são:

- alta qualidade do grão seco;
- manuseio mínimo do produto;
- possibilidade de o grão ser introduzido no silo-secador à medida que for colhido;
- utilização do potencial de secagem do ar ambiente;
- mínima dependência de combustível nobre; e
- possibilidade de ser combinada com secadores de altas temperaturas, aumentando a capacidade de secagem do sistema.

As maiores limitações do sistema são:

- tempo de secagem relativamente longo e dependência das condições climáticas; e
- necessidade de mão-de-obra treinada para operar e supervisionar o processo.

No caso de secagem em baixa temperatura, é recomendável manter o ventilador ligado continuamente, quando o milho armazenado apresentar teor de umidade superior a 16%. Se o ventilador ficar desligado, a liberação de energia devido à respiração dos grãos e atividade de microrganismos provocará o aquecimento da massa de grãos, acelerando o processo de deterioração. Em período de elevada umidade relativa (80 a 90%), como, por exemplo, durante a noite, a ventilação manterá a massa de grãos resfriada. Nesta faixa de umidade, o milho praticamente não sofrerá reumedeccimento, visto que o aquecimento provocado pelo ventilador (1 a 2°C) reduz a umidade relativa do ar em aproximadamente cinco pontos percentuais.

Em regiões mais secas (UR abaixo de 75%), o ventilador deverá permanecer ligado continuamente até o final da secagem, mesmo não havendo produto no silo com teor de umidade superior a 16%. Caso o ventilador seja ligado somente durante o dia, poderão ocorrer problemas de supersecagem. Em regiões mais úmidas, com umidade relativa superior a 75%, e não havendo produto no silo com teor de umidade superior a 16%, o ventilador deverá permanecer ligado somente durante as horas em que a umidade relativa for mais baixa, o que geralmente ocorre no período diurno.

A secagem em alta temperatura possui a vantagem de ser um processo rápido e cômodo. A temperatura máxima de secagem deve ser aquela que não prejudica a qualidade do produto. Neste tipo de secagem deve-se considerar a finalidade do milho, ou seja, para semente, indústria ou alimentação animal (Tabela 3).

Tabela 3 - Temperatura no grão, do ar de secagem e teor máximo de umidade (%b.u.), para armazenamento e classificação do milho

Finalidade do milho	Temperatura máxima (°C)		Umidade no armazenamento 1 até 5 anos		Classificação
	Grão	Ar			
Semente	44	74	13	11	14,5
Amido	55	85			
Raçao	82	112			

É universalmente aceito que a temperatura para secagem de sementes não deve ser superior a 40°C. Esta afirmativa por si só é incompleta, uma vez que o tempo de exposição do produto ao ar de secagem é um fator a ser considerado. Sem um controle rígido de temperatura e do tempo de secagem, o uso de alta temperatura afeta as características biológicas, químicas e físicas, como germinação, vigor, conteúdo energético, consistência, cor e umidade de equilíbrio.

Na secagem em alta temperatura, quando a temperatura da massa é superior a 60°C, o endosperma dos grãos sofre alterações químicas. Estas alterações não afetam o produto como alimento, mas reduzem a taxa de extração de amido. Por esta razão, as indústrias que processam o milho não desejam grãos que passaram por secagem em temperaturas elevadas. Naturalmente, os

compradores não conhecem a temperatura sob a qual foi realizada a secagem, mas podem avaliar a qualidade final do produto por meio do teste de germinação. Redução no índice de germinação dos grãos indica o uso de alta temperatura de secagem. No Brasil este controle ainda não é rígido, porém, em países como os Estados Unidos, muitas indústrias recusam o milho ao verificar que a secagem foi realizada em altas temperaturas.

Com relação ao processo de secagem, devem ser consideradas duas temperaturas:

- temperatura da massa de grãos; e
- temperatura do ar de secagem.

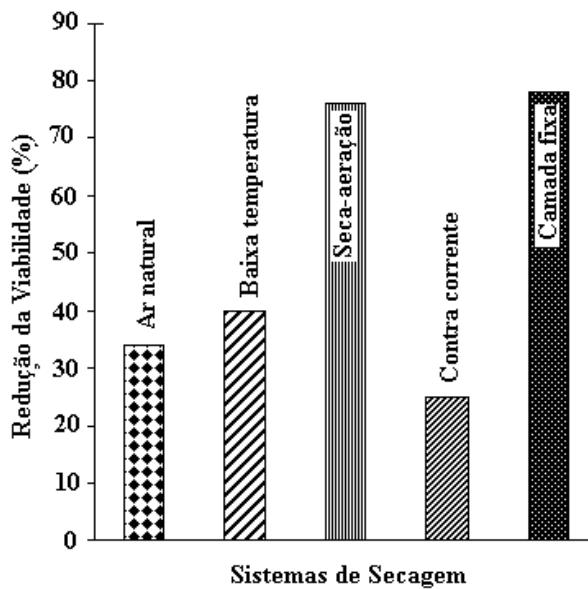
Apesar da grande preocupação com a temperatura do ar de secagem em sistemas de altas temperaturas, a temperatura atingida pelos grãos ou sementes é mais importante para a prevenção de danos. Assim, quando se conhece o tipo de secador, a temperatura do ar de secagem torna-se um indicador do processo.

Em vários tipos de secadores, a temperatura dos grãos durante a secagem não atinge a temperatura do ar aquecido que é insuflado através da massa de grãos, pois parte do calor é absorvida pelos grãos para evaporar a água contida no produto (calor latente) e parte é usada para aumentar a temperatura dos grãos (calor sensível). Assim, a possibilidade de utilização de determinadas temperaturas na secagem de milho dependerá do sistema de secagem, tipo de secador, tempo de exposição do produto a essas temperaturas, método de resfriamento (lento ou rápido), além da presença ou não de câmaras de descanso nos secadores, da espessura da camada, do fluxo de grãos e do teor de umidade inicial, dentre outros.

O efeito da temperatura de secagem sobre o valor nutricional do milho para alimentação animal tem recebido considerável atenção dos pesquisadores. Estudos têm mostrado que o milho secado em temperatura acima de 60°C tem seu valor energético diminuído, além de sofrer perdas na palatabilidade. Para atingir a mesma umidade final, é provado que o aumento da temperatura do ar de secagem provoca redução na percentagem de lisina.

Em geral, as técnicas usadas para a secagem de sementes de milho não diferem daquelas usadas para a secagem de grãos para a indústria ou para alimento. Todas as sementes recebidas, com teor de umidade superior a 16%, devem ser secadas.

Nos secadores, deve-se empregar temperaturas adequadas a cada lote de sementes. Se as sementes apresentam elevado teor de umidade (acima de 30%), recomendam-se temperaturas de até 32°C durante a primeira fase da secagem. No final do processo, quando o teor de umidade estiver próximo a 18%, poderá atingir 42°C. Quando recebidas com teor de umidade próximo a 18%, podem ser imediatamente secadas a 42°C. Mesmo quando se tratar de cultivares resistentes, o emprego de temperatura superior a 42°C não é recomendado. Os diversos tipos de secadores comerciais, com suas respectivas características de secagem, têm grande influência sobre a qualidade final do produto (Figura 1).



**Figura 1 – Redução da viabilidade em função de diferentes sistemas de secagem.**

A formação de trincas (Figura 2) é atribuída ao gradiente de umidade e de temperatura que se forma no interior do grão, na direção do centro para a periferia. Quando se torna demasiadamente grande, este gradiente provoca o aparecimento de tensões internas que se manifestam na forma de trincas. A maior parte das trincas ocorre durante as últimas etapas de secagem e durante o resfriamento rápido. Temperaturas inferiores a 70°C e resfriamento lento são recomendados para evitar a ocorrência de rachaduras.

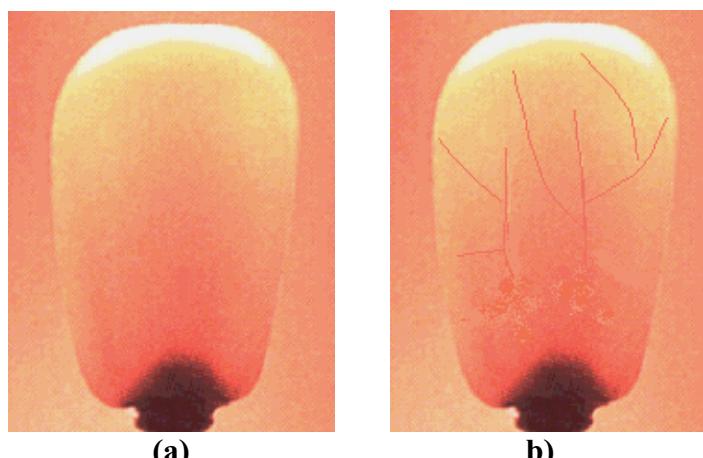
No Brasil, a secagem artificial de milho em fazenda é pouco expressiva, porém, devido à conscientização dos agricultores sobre a necessidade da secagem para se obter um armazenamento seguro, alguns secadores encontram-se instalados em médias e grandes propriedades agrícolas. Os mais utilizados são os de leito fixo, cuja construção é simples, sendo de fácil manejo e podendo ser usados para a secagem de vários produtos agrícolas (veja capítulo 5 – Secagem e Secadores).

Nas operações comerciais, em que apresenta grande fluxo de grãos, os secadores em torre (cascata) são os mais usados para a secagem de milho. Os de fluxos cruzados, por serem de construção e operação simples e apresentarem menor custo inicial, são os preferidos pelos agricultores americanos. Dentre os secadores de fluxos cruzados, os que secam em lote custam menos, quando comparados com os secadores contínuos.

Numa análise comparativa entre cinco métodos de secagem do milho em fazenda (secador de fluxos cruzados em lotes, secagem em silo contracorrente, secagem em silos com ar natural e com baixa temperatura), SILVA (1980) mostrou que a qualidade final do produto foi afetada pelo método utilizado. Além disso, concluiu que o silo contracorrente produziu milho menos suscetível a

danos do que o milho secado em secador de fluxos cruzados em lotes. Esta mesma análise mostrou que, ao usar uma combinação de secagem em altas e baixas temperaturas, o número de grãos danificados (quebrados ou rachados) foi substancialmente menor que o resultante da secagem em silo contracorrente e em secadores em lotes, de fluxos cruzados.

Um sistema de secagem largamente utilizado nos Estados Unidos é o de seca-aeração. Quando corretamente projetado, este sistema pode aumentar em até 50% a capacidade de um secador e reduzir substancialmente o número de grãos trincados. Deve-se considerar que, no processo de resfriamento, o teor de umidade pode ser reduzido em até 2,5%, enquanto o aumento de 50% na capacidade do secador é acompanhado por 20 a 30% de economia em combustível (Figura 25, capítulo 5 – Secagem e Secadores).



**Figura 2 – Grãos de milho sem danos (a) e com o endosperma seriamente trincado (b), observados por meio do diafanoscópio.**

## 2. SECAGEM E ARMAZENAGEM DO ARROZ

O arroz é o cereal mais cultivado no mundo e constitui o alimento básico de mais da metade da população do planeta. Entretanto, os padrões comerciais estabelecidos para o seu consumo variam nas diferentes regiões, conforme os hábitos populares. Tradicionalmente, no Brasil, os grãos inteiros têm maior valor comercial por serem a forma preferencial de consumo. Este comportamento não é o mesmo nas regiões orientais, particularmente nas Filipinas, cujo hábito alimentar admite, também, o consumo de arroz na forma de canjica ou quirera.

Estudos sobre demanda alimentar, feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, mostraram que, para uma dieta composta por arroz, feijão e milho, a demanda per capita anual de arroz será de 49 kg. Com este resultado, estima-se que o Brasil, com 160 milhões de habitantes, tenha uma demanda efetiva deste cereal em torno de 7,8 milhões de toneladas por ano. A safra de 1992/93, segundo o Anuário Estatístico do Brasil (1995), foi de 10 milhões de toneladas.

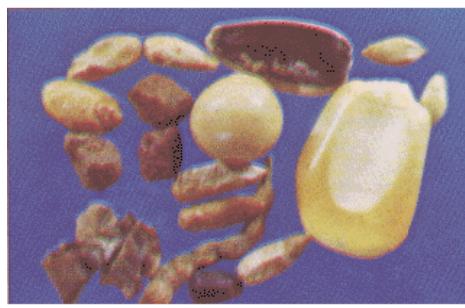
## 2.1. Classificação do Arroz

A classificação do arroz é feita conforme a aceitação e as definições dos padrões comerciais de consumo, sendo regulamentada por portarias do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

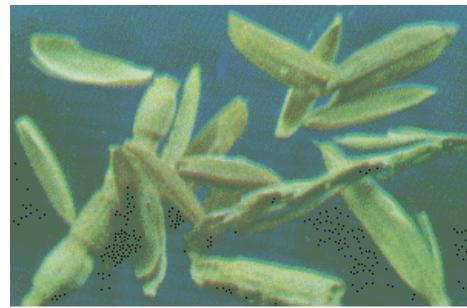
### 2.1.1. Principais defeitos do arroz

1) **Matérias estranhas:** os grãos ou as sementes de outras espécies, detritos vegetais, sujidades e corpos estranhos de qualquer natureza, não-oriundos do produto.

2) **Impurezas:** os detritos do próprio produto, como cascas e palhas.



Matérias Estranhas



Impurezas

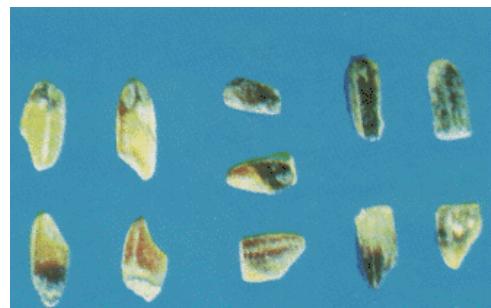
### 3) Defeitos graves

**Ardidos:** quando o arroz descascado e polido, inteiro e/ou quebrado apresentar, no todo ou em partes, coloração escura.

**Pretos:** quando o arroz descascado e polido, inteiro e/ou quebrado apresentar aspecto enegrecido ou carbonizado.



Ardidos



Pretos

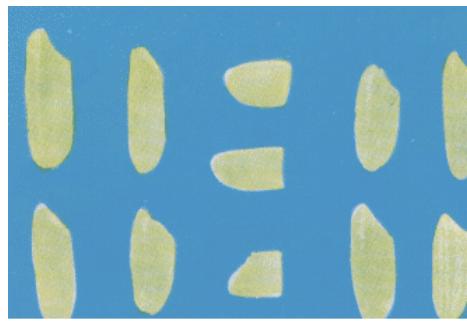
### 4) Defeitos gerais

**Danificados, manchados e/ou picados:** quando o arroz descascado e polido, inteiro e/ou quebrado apresentar manchas escuras e/ou esbranquiçadas, bem como perfurações provocadas por insetos e outros agentes.

**Amarelos:** quando o arroz descascado e polido, inteiro e/ou quebrado apresentar coloração amarela.

**Gessados:** quando o arroz descascado e polido, inteiro e/ou quebrado apresentar coloração totalmente opaca e semelhante ao gesso, sem a proteção de uma camada externa dura, brilhante e com textura vítrea.

**Rajados:** quando o arroz descascado e polido, inteiro e/ou quebrado apresentar estrias vermelhas no sentido longitudinal em 50% ou mais do grão.



Amarelos

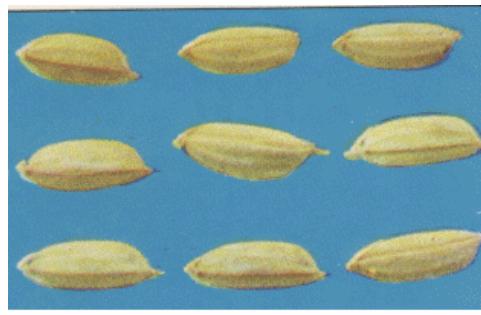


Gessados

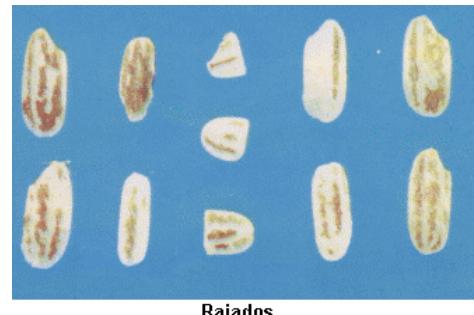
## 2.2. Grupos

**1) Arroz em casca:** é o produto fisiologicamente desenvolvido, provido de sua casca, depois de colhido, trilhado, limpo e seco ao sol, ou por processo tecnológico adequado.

**2) Arroz beneficiado:** é o produto maduro, limpo, sadio e seco que, submetido a processo de beneficiamento, acha-se desprovido de sua casca ou tegumento.



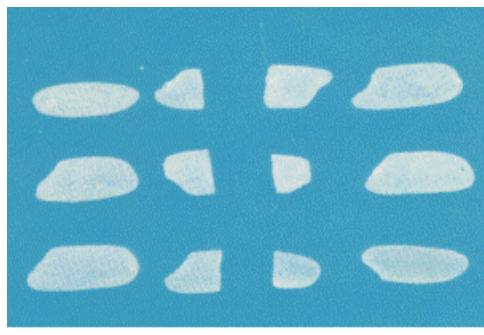
Arroz em casca



Rajados

## 2.3. Subgrupos

Arroz em casca	Arroz beneficiado
Natural	Macerado
Macerado	Parboilizado
Parboilizado	Pardo
	Pardo parboilizado
	Polido



Arroz beneficiado



Danificados

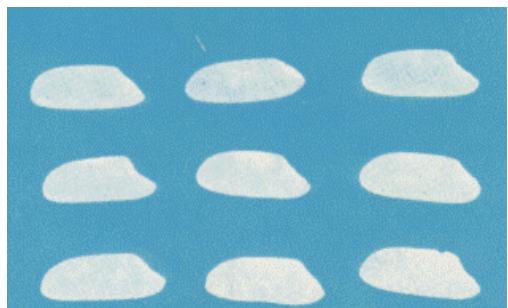
#### 2.4. Classe

**Longo fino:** mínimo de 80% dos grãos inteiros medindo 6 mm ou mais no comprimento e 1,80 mm no máximo, na espessura, e cuja relação comprimento-largura seja superior a 3 mm, após o polimento dos grãos.

**Longo:** mínimo de 80% dos grãos inteiros medindo 6 mm ou mais no comprimento, após o polimento dos grãos.



Longo fino

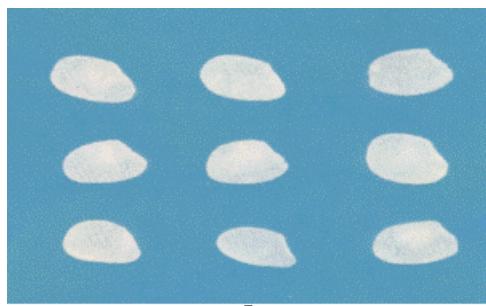


Longo

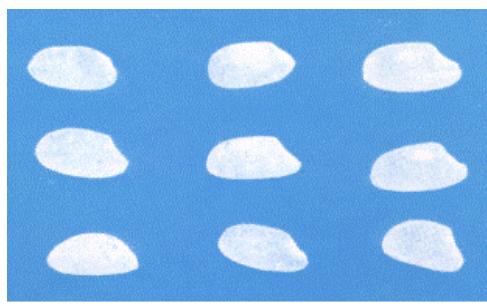
**Médio:** mínimo de 80% dos grãos inteiros medindo de 5 mm a menos de 6 mm no comprimento, após o polimento dos grãos.

**Curto:** mínimo de 80% dos grãos inteiros medindo menos de 5 mm no comprimento, após o polimento dos grãos.

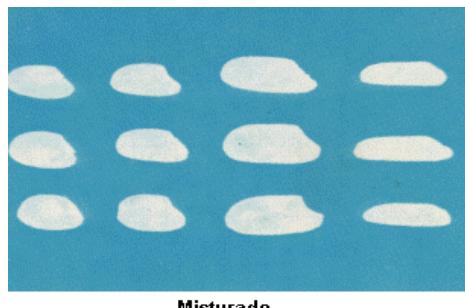
**Misturado:** produto que contiver menos de 80% de uma das classes anteriores, apresentar-se-á constituído de duas ou três classes distintas.



Curto



Médio



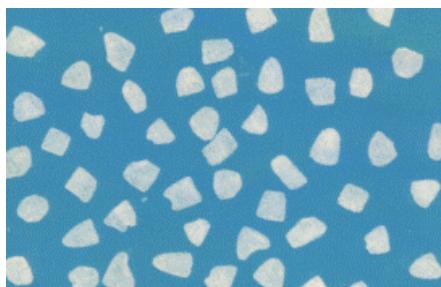
Misturado

### 2.5. Grãos quebrados

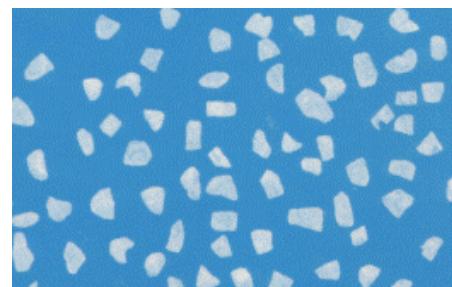
**Quebrados grandes (canjicão):** fragmentos de grãos que se apresentarem de tamanho inferior a três quartas partes, porém maiores que a metade do comprimento dos grãos inteiros da classe a que pertencem.

**Quebrados médios (canjica):** fragmentos de grãos que se apresentarem isentos de quebrados grandes, que ficarem retidos em peneiras de furos circulares de 1,4 mm de diâmetro (0,055 polegadas).

**Quebrados pequenos (quirera):** fragmentos de grãos que vazarem na peneira de quebrados médios (furos circulares de 1,4 mm de diâmetro ou 0,055 polegada).



Quebrado médio (canjica)



Quebrados pequenos (quirera)

### 2.6. Fragmentos de grãos

A Tabela 4 fornece o índice de tolerância para a classificação de tipos do arroz conforme a portaria do Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

Tabela 4- - Valores percentuais de tolerância de defeitos do arroz

Tolerância	Categoria Quebrados				
	Grandes (Canjicão)		Médios (Canjica)		Pequenos (Quirera)
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo Único
Defeitos gerais e graves agregados	10	20	10	20	25
Matérias estranhas e/ou impurezas	0,5	1,0	0,5	1,0	5,0

Será considerado quebrado (grande, médio ou pequeno) aquele produto que, na amostra original, apresentar 50% ou mais de grão quebrados da categoria predominante.

## 2.7. Secagem do Arroz

A secagem de arroz pode ser realizada por processo natural ou artificial. A secagem natural é aquela que ocorre na própria planta, quando o produto atinge o teor de umidade de equilíbrio, considerando as condições do campo. A secagem artificial é aquela cujos procedimentos utilizam artifícios como terreiros, medas ou secadores mecânicos, os quais permitem acelerar o processo de redução do teor de umidade do produto, indiferentemente das condições naturais de campo.

Em virtude das características da própria planta, não se deve deixar que o arroz seque naturalmente no campo. A sua permanência na lavoura levaria a degranação e perdas, antes que o teor de umidade para a conservação (13,0 % b.u.) fosse atingido. A exposição contínua das panículas à ação dos ventos, ao ataque de pássaros, insetos e roedores ocasionaria grandes perdas qualitativas e quantitativas.

### 2.7.1. Secagem em Alta Temperatura

Nos sistemas em alta temperatura, o ar de secagem ultrapassa o limite de 10°C acima da temperatura ambiente e atingirá um valor máximo, o qual dependerá do tipo de produto ou das finalidades a que se destinam. No caso do arroz, a temperatura máxima para o ar de secagem é aquela em que a temperatura da massa de grãos não ultrapasse 55°C.

**Secagem em lotes:** é um processo de secagem artificial caracterizado pelos seguintes passos operacionais: após o carregamento do secador, faz-se a secagem a alta temperatura, intercalada por períodos de repouso, até que o produto atinja a umidade desejada (13% b.u.). Após o resfriamento lento da massa de grãos, faz-se a descarga do secador, para que um novo lote seja processado.

**Secagem contínua:** é caracterizada pela capacidade de redução do teor de umidade do arroz em uma única passagem pelas câmaras de secagem e de resfriamento. Entre a câmara de secagem e a câmara de resfriamento deve existir uma câmara de descanso. Tanto na secagem em lotes como na contínua, não se deve remover mais que três pontos percentuais de umidade, sem passar por uma câmara de descanso. Altas taxas de secagem, isto é, remoção de água maior que 3,0 pontos percentuais, provocarão trincas nos grãos, desvalorizando comercialmente o arroz. Esta dificuldade na secagem, associada ao número de classes e tipos do arroz, leva à utilização, em maior número, dos sistemas de secagem em lotes. Além disso, a colheita mecânica, feita a um teor de umidade entre 18,0 e 22,0% b.u. obriga a recirculação do produto, em obediência à taxa máxima de secagem. Outra imposição que obriga a secagem em lotes está no risco da mistura entre classes e tipos, principalmente em cooperativas e armazéns gerais que trabalham com prestação de serviços.

A secagem do arroz em secadores contínuos (Figura 3) deve ser preferida quando se secam grãos de uma mesma variedade, do mesmo dono, em lavouras

extensivas ou quando não se contempla, com rigor, a tipificação do produto. Por exemplo, se para uma grande lavoura uma análise prévia mostrou um potencial de apenas 20%, para tipo 2 e 80% para os tipos 3 e 4, bem como diferença de preços não atraente entre esses tipos, não se deve aconselhar custos adicionais com o processamento em lotes.



**Figura 3 - Vista geral de secador contínuo.**

A secagem em alta temperatura requer do operador conhecimento e cuidados especiais, considerando que o objetivo fundamental do processo é fazer a secagem rápida sem que o produto perca as suas características originais ou aquelas que poderiam ser obtidas com a secagem natural. O arroz, por suas características físicas e seus padrões comerciais, é um cereal de difícil processamento, em comparação com os outros tipos de grãos.

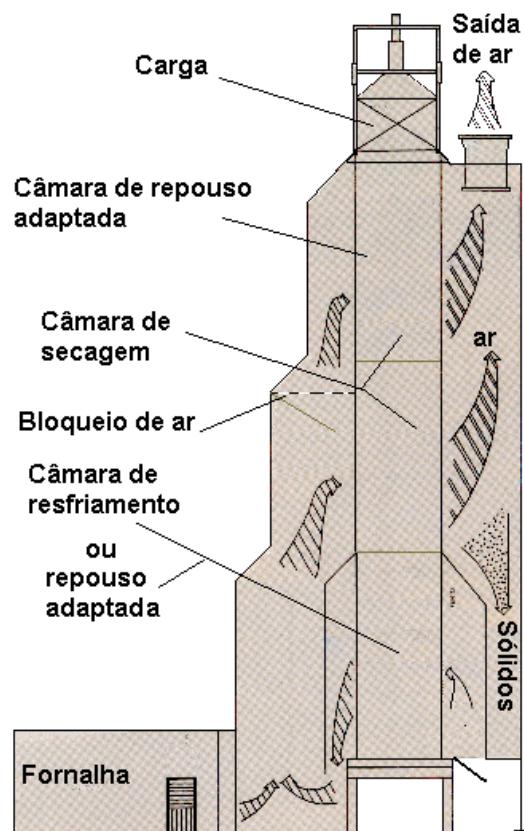
Na maioria das regiões brasileiras produtoras de grãos, em um mesmo ano agrícola são, normalmente, produzidos mais de um produto. Assim, os equipamentos utilizados para secagem de outros grãos, em altas temperaturas, são também utilizados para a secagem de arroz. Para isso, devem ser estabelecidas determinadas adequações ao processo, de modo a evitar ou minimizar os possíveis danos térmicos ou mecânicos.

Além dos problemas de trincas, a alta temperatura possibilita alterações na coloração, modificações na estrutura do amido, morte dos grãos e redução do seu valor comercial. Todos estes danos poderão trazer problemas durante o período de armazenagem. Uma alternativa para minimizar os danos térmicos é a de proceder à secagem parcelada, que consiste em várias passagens do produto pela câmara de secagem, respeitando o índice de redução do teor de umidade entre 2 e 3 pontos percentuais, por passagem. Para isso, o controle de temperatura máxima do ar de

secagem e dos grãos, assim como do tempo de residência destes na câmara de secagem, deverá ser feito com maior rigor.

Em condições práticas, para secadores de fluxos contínuos, tem-se observado que o uso de temperaturas de secagem muito elevadas (90 a 100°C) quando o teor de umidade do arroz é muito alto torna os grãos mais susceptíveis ao trincamento durante o beneficiamento, nas variedades de sequeiro.

Os secadores contínuos que possuem uma câmara de secagem, uma de homogeneização e uma de resfriamento e que são utilizados para a secagem de milho, soja e trigo devem ser remanejados para a secagem de arroz. No início da secagem, o arroz será submetido ao seguinte manejo: a temperatura inicial deve ser de 70°C na câmara de secagem; a câmara de repouso deve permanecer como originalmente; e a câmara de resfriamento deve ser transformada em câmara de secagem e, nela, deve-se usar a temperatura do ar entre 80 e 90 °C. Quando o teor de umidade do produto atingir 18% b.u., as duas câmaras de secagem passam a trabalhar com 80°C até que o arroz atinja 13%. Neste ponto, reduz-se gradativamente o aquecimento com a câmara de resfriamento, trabalhando na forma original. Este procedimento transforma o secador contínuo em secador de lotes (Figura 4).



**Figura 4 - Possibilidades de adaptação em um secador contínuo para secagem em lotes.**

O fluxo de grãos no secador deve ser regulado em função da temperatura do ar de secagem e da umidade inicial do arroz, de modo a perder, no máximo, três pontos percentuais de umidade. Na fase de resfriamento, o produto deve sair do secador com no máximo 5 °C acima da temperatura ambiente e o resfriamento complementar deve ser feito em silos, durante o armazenamento. O bom manejo do secador deve ser observado principalmente para o arroz de sequeiro, que é mais suscetível ao trincamento.

Nas regiões tropicais, onde ocorrem chuvas seguidas de forte insolação, o produto fica sujeito a intensos ganhos e perdas de água, que promovem ou intensificam as trincas do arroz, quando ainda no campo.

Outra constatação prática importante que objetiva melhorar a qualidade do arroz é o estabelecimento de um período de repouso variável entre 12 e 24 horas, imediatamente após a colheita e antes da secagem em alta temperatura. Este tempo é definido em função inversa ao teor de umidade inicial dos grãos. Tem-se verificado que este procedimento pode reduzir substancialmente o índice de trincas no arroz, durante o processo de secagem.

Quando ainda na lavoura, o arroz é exposto continuamente às condições de vento e calor (energia do sol) e, portanto, sujeito à secagem natural. A continuidade deste processo manterá a superfície externa dos grãos mais seca que o seu interior. Caso este produto, após a colheita, seja imediatamente submetido à secagem em alta temperatura, este gradiente de umidade será intensificado. Com isso, a variação entre a pressão de vapor interna e a superficial atingirá valores tais que poderão causar intensa migração de água, suficiente para trincar o produto. O repouso, antes da secagem, tem como finalidade a redistribuição de umidade com redução deste tipo de estresse.

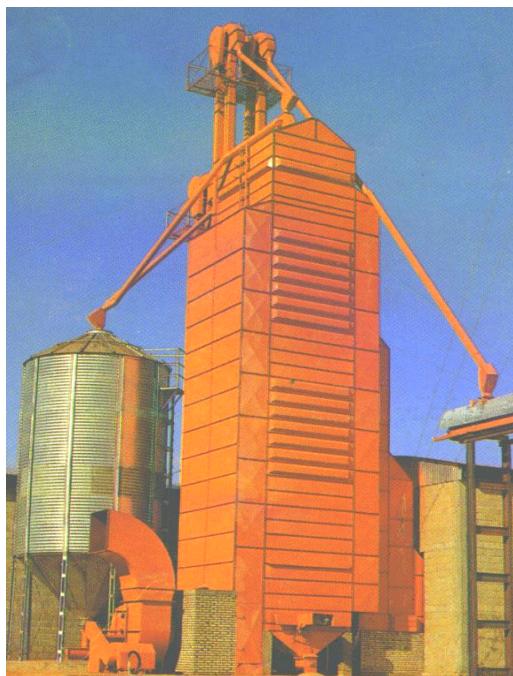
**Temperização:** entende-se por temperização o período de repouso dado ao arroz, durante a secagem, sem que este receba mais calor. Os secadores de lotes intermitentes possuem uma câmara, normalmente localizada acima da câmara de secagem, denominada câmara de repouso ou de homogeneização, a qual mantém o produto sem receber o ar de secagem, em cada circulação completa no secador (veja capítulo 5). Além desta importância, a câmara tem a finalidade de aumentar a capacidade estática do secador.

Dentro de certos limites, quanto maior a câmara de repouso, melhor será seu efeito na temperização do arroz. Em um bom projeto, o volume da câmara de repouso deveria representar aproximadamente 2/3 da capacidade do secador.

A temperização pode ser adaptada para secadores contínuos desprovidos de câmaras de repouso. Para isto, basta instalar secadores e silos em série e fazer com que o fluxo de grãos seja desviado para um silo, antes de entrar na câmara de secagem do secador seguinte. Procedimento semelhante pode ser usado para transformar um secador contínuo em um secador em lotes, isto é, basta adaptar um silo como câmara de descanso, antes que o produto retorne à câmara de secagem (Figura 5).

Na prática, a temperização funciona da seguinte maneira: os grãos, ao passarem pela câmara de secagem, ficam com a superfície mais seca que o interior. Ao entrarem na câmara de repouso, sem a ação do ar quente, ocorrerá a

migração de umidade do interior (úmido) para a superfície do grão (mais seca). Ao retornarem à câmara de secagem, agora com a superfície mais úmida, os grãos passarão novamente pela ação do ar quente, com temperatura controlada, para uma nova etapa de secagem. Este procedimento se repetirá até que o produto atinja o teor de umidade desejado e com os danos térmicos minimizados pela redução do gradiente de pressão de vapor entre o interior e a superfície do grão.



**Figura 5 - Silo de temperização acoplado a um secador**

Caso não houvesse o repouso, os sucessivos repasses pela câmara de secagem provocariam um gradiente muito grande, fazendo com que a umidade migrasse com muita velocidade. Como a forma geométrica do grão de arroz é semelhante à de um cilindro, cujo raio diminui nas extremidades, estas partes do grão de arroz secam a ponto de serem rompidas, dividindo o grão em três partes.

Pesquisas realizadas sobre o assunto mostraram que:

- O rendimento de grãos inteiros aumenta com o aumento do número de passagens.
- O tempo efetivo de secagem é reduzido com o aumento do número de passagens.
- O aumento no rendimento é pouco afetado por períodos de repouso superior a cinco horas.
- O consumo de combustível diminui quando o período de repouso aumenta.
- A capacidade de secagem aumenta com o aumento do fluxo de ar.
- O rendimento de grãos inteiros diminui com o aumento do fluxo de ar.

### 2.7.2. Secagem em Baixas Temperaturas

**Em terreiros:** neste método de secagem, faz-se a passagem do produto pelo ar, através de revolvimentos manuais e contínuos da massa de grãos, em superfícies de terra batida, revestidas por cimento ou alvenaria. O aquecimento do produto, para a evaporação da umidade, é feito pela ação direta dos raios solares.

Como grande parte da produção brasileira de arroz é feita por pequenos proprietários, a secagem em terreiros é mais utilizada. Contudo, o maior volume da produção brasileira de arroz é secado em secadores mecânicos, em alta temperatura, pelo fato de a estrutura econômica de produção ser liderada por grandes produtores ou por sistemas cooperativistas ou associativistas. As estatísticas mostram que a grande maioria dos produtores de arroz é enquadrada na categoria de pequenos. Entretanto, a soma da produção dos pequenos é inferior à dos grandes produtores que podem contar com tecnologia moderna.

Para o arroz, a secagem em terreiro não significa, necessariamente, uma garantia de qualidade, como acontece com alguns produtos. O manejo inadequado da secagem em terreiros pode produzir grãos trincados em níveis superiores aos produzidos por secadores em altas temperaturas. Se o arroz for espalhado em camada muito fina (inferior a 3,0 cm) e a intensidade de radiação solar for elevada, o índice de trincas será elevado, independentemente do número de revolvimento.

Em alguns casos, o arroz secado em terreiro pode ter a sua qualidade comparada ao produto secado em secador mecânico de alta temperatura. A Tabela 5 apresenta os resultados de alguns testes realizados com um secador de fluxos cruzados e em terreiro de cimento.

**Tabela 5 - Rendimento de benefício e rendimento de grãos, após a secagem do arroz em secador intermitente, de fluxos cruzados, a diferentes temperaturas do ar de secagem e em terreiro de cimento**

Teste	Temp. °C	Secador			Terreiro		
		I	Q	P	I	Q	P
1	45	41,3	21,2	37,5	47,6	12,3	40,1
2	80	58,0	7,0	34,0	57,0	8,0	36,0
3	100	56,0	11,0	33,0	57,0	7,0	36,0
4	115	57,0	8,0	35,0	-	-	-

I= inteiros, Q = quebrados e P = palha

**Secagem em silos:** apesar de poder ser executada em outros tipos de secadores mecânicos, a secagem em baixa temperatura é realizada, na maioria das vezes, em silos secadores. É importante observar que, no caso do arroz, as perfurações das chapas devem ser circulares. Furos oblongos ou longitudinais podem permitir a passagem dos grãos, impedindo a circulação do ar.

O sistema é recomendado para silos pequenos (inferior a 150 toneladas de capacidade). Pode ser usado como operação complementar aos sistemas em alta

temperatura. Neste caso, o processo é caracterizado como secagem combinada, em que a temperatura do ar, na segunda fase de secagem, pode ser a do ambiente (secagem com ar natural) ou com ar aquecido até 10°C acima da temperatura ambiente (secagem em baixa temperatura). A utilização do ar em condições naturais fica restrita às variações sazonais de temperatura e umidade relativa, uma vez que a secagem será encerrada quando o produto atingir o teor de umidade de equilíbrio.

No caso de arroz, estas variações podem ser observadas na Tabela 6. A região escura indica a combinação entre a temperatura e a umidade relativa ambiente, com potencial para apresentar resultados satisfatórios. Outros parâmetros, como teor de umidade inicial do produto e método adotado no sistema de secagem, devem ser considerados.

Tabela 6 - Teor de umidade de equilíbrio do arroz em função da temperatura e umidade relativa do ambiente

Temperatura °C	Umidade relativa - %						
	50	55	60	65	70	75	80
16,0	11,4	12,0	12,5	13,1	13,8	14,5	15,4
18,0	11,3	11,8	12,4	13,0	13,7	14,4	15,2
20,0	11,2	11,7	12,3	12,9	13,5	14,3	15,1
22,0	11,0	11,6	12,1	12,7	13,4	14,1	15,0
24,0	10,9	11,5	12,0	12,6	13,3	14,0	14,9
26,0	10,8	11,3	11,9	12,5	13,2	13,9	14,8
28,0	10,7	11,2	11,8	12,4	13,1	13,8	14,7
30,0	10,6	11,1	11,7	12,3	13,0	13,7	14,6

Fonte: Silva et al. (1995).

O arroz com teor de umidade inicial superior a 26 % b.u. não deve ser secado sob altas temperaturas, sem o revolvimento do produto, independentemente do fluxo de ar utilizado; um fluxo de ar próximo a 1,5 m<sup>3</sup>/min./t de grãos é satisfatório para a secagem natural de arroz com teor de umidade inicial inferior a 18 % b.u. Este limite para o teor de umidade inicial se prende ao fato da possibilidade de deterioração do produto na camada úmida, caso a frente de secagem não atinja, em tempo hábil, a superfície da massa de grãos.

Se o sistema operar em ambientes de temperatura mais elevada e umidade relativa baixa, poderá ocorrer a supersecagem nas camadas inferiores, e os grãos beneficiados nestas condições terão menor renda de benefício e maior índice de quebrados.

## 2.8. Secagem de Arroz para Sementes

Apesar de recomendados para arroz de consumo, os grãos para sementes colhidos com teor de umidade igual ou superior a 20% b.u. não devem aguardar por período superior a 24 horas, para serem secados. A escolha do método de

secagem a ser utilizado se dará em função do volume de sementes e das condições climáticas do local, respeitando, no caso de aquecimento do ar, os limites superiores de temperatura para cada tipo de secador, já que a temperatura da massa de grãos não pode ultrapassar 38°C.

Na utilização de secadores, recomenda-se a adoção do método intermitente, seguido de períodos de repouso, com mais de uma passagem do produto pelo sistema. Se a opção for por secadores de leito fixo, a temperatura do ar de secagem não deve ultrapassar os 40 °C e o produto deve ser revolvido periodicamente (veja capítulo 5 – Secagem e Secadores). Quanto maior o teor de umidade inicial das sementes, menor deverá ser a temperatura do ar, principalmente no início da secagem. Em geral, para teores de umidade superiores a 18,0% b.u., a temperatura do ar de secagem deve estar próxima de 32°C; na faixa de 12 a 18% b.u., não deve ultrapassar 38°C; e abaixo de 12% b.u., não deve ser superior a 40°C.

A espessura da camada de sementes nos sistemas de leito fixo não deve ultrapassar o limite de 40 cm, e, a fim de eliminar o gradiente de umidade estabelecido entre a superfície e a base da camada de grãos, deve-se fazer o revolvimento da massa em intervalos de 60 minutos. Caso a secagem seja de arroz para consumo, a temperatura poderá ser mais elevada, porém o operador deve observar um período de repouso de pelo menos 30 minutos, que pode ser obtido durante o revolvimento manual da camada, com o ventilador desligado.

## 2.9. Secagem de Arroz Parboilizado

Arroz parboilizado é definido como o produto que, ao ser beneficiado, apresenta os grãos com coloração amarelada e uniforme, em decorrência do processo de parboilização utilizado para elevar o teor vitamínico e de sais minerais do produto. O processo consiste na imersão do arroz em casca em água potável, em temperatura superior à do ambiente, submetendo-o ao processo de autoclavagem.

A Portaria mº 10, de 12/05/96, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, que trata da classificação de arroz, estabeleceu que serão considerados arridos os grãos de arroz parboilizado que possuírem a cor amarela destoante, de tom escuro. Estabelece, também, que não será considerado como defeito os grãos que apresentarem pequenas rachaduras longitudinais, desde que se mantenha o formato normal dos grãos. Esta informação torna-se importante a partir do momento em que o processo de parboilização e de secagem do produto está sujeito a variações na combinação entre o binômio tempo e temperatura, que poderão dar ao produto características de arrido ou trincá-lo durante o processo de secagem.

O arroz parboilizado é caracterizado pelas modificações que os grãos sofrem durante o processo. A combinação do tratamento com água e calor ocasiona modificações físicas, químicas, bioquímicas, sensoriais e estéticas. Todas estas modificações estão ligadas, diretamente, às técnicas do processo e à matéria-prima utilizada.

São várias as fases do processo de parboilização: na primeira, o arroz em

casca, seco e livre de impurezas, é encharcado em água potável aquecida; na segunda, o arroz é submetido à cocção parcial com a presença de vapor d'água; e, na terceira, os grãos com teor de umidade próximo de 32 % b.u. são secados até 13% b.u.

A principal diferença em relação à secagem do arroz comum é que, para o arroz parboilizado, a temperatura do ar de secagem atinge valores próximos a 100°C, com teor de umidade inicial próximo a 32 % b.u.

A secagem do arroz parboilizado, feita após o encharcamento e cozimento parcial sob pressão, é essencial para obter um produto de boa qualidade após o beneficiamento. A redução deste teor de umidade até os 13 – 14% b.u. deve ser feita com o intuito de minimizar as fissuras, a coloração escura e a desuniformidade de coloração.

A coloração final do arroz está associada à variedade e à relação entre tempo e temperatura, durante a fase de encharcamento do arroz em casca. A rapidez com que a umidade é removida é de fundamental importância na manutenção da qualidade do arroz parboilizado. Baixa velocidade de secagem poderá permitir o desenvolvimento de microrganismos, danificando parcial ou totalmente o produto. Por outro lado, a secagem rápida proporcionará gradientes de temperatura e umidade entre o interior e a superfície dos grãos, caso não haja um período de repouso. A duração do repouso é função primária da temperatura dos grãos. Um período de tempo entre 30 e 60 minutos é suficiente para aliviar as pressões quando a temperatura está na faixa de 40 a 50°C.

O arroz parboilizado apresenta, durante a secagem, um teor de umidade crítico, em torno de 16% b.u., dependendo da variedade e da severidade do processo. Acima do ponto crítico, a umidade é retirada com mais facilidade, sendo os grãos mais elásticos e menos sensíveis a alta temperatura, com relação à ocorrência de trincas e fissuras. Abaixo de 16% b.u. a umidade é mais difícil de ser removida e os grãos são mais sensíveis aos danos causados pela alta temperatura do ar de secagem.

## 2.10. Armazenagem do Arroz

A armazenagem de arroz é a operação que visa preservá-lo em ambiente natural, sem que ele perca a aparência e as qualidades organolépticas e nutricionais, podendo, assim, manter a viabilidade como semente. A redução do teor de umidade e a limpeza são operações indispensáveis para a armazenagem adequada do arroz e de qualquer outro produto.

Em ambiente natural, os cereais podem ser armazenados a granel ou em sacarias. Os silos ou armazéns utilizados para a armazenagem do arroz devem atender a determinadas características de projeto, a fim de proporcionar melhor ambiente e condições técnicas para a conservação do arroz. No Brasil, os diferentes tipos comerciais de arroz fazem com que haja predominância do sistema de armazenagem em sacarias. Esta proporção se fundamenta no fato de que a armazenagem a granel necessitaria de número expressivo de silos para acondicionar as diferentes classes e tipos, elevando muito o custo inicial das instalações. Entretanto, nas regiões de grande produção, principalmente de

lavouras irrigadas, onde pode ser conseguida maior padronização dos grãos, a armazenagem a granel é muito utilizada, principalmente em grandes fazendas e cooperativas.

Outro fator de importância no incremento da armazenagem em sacarias é o cultural. O produtor tradicional de arroz, mesmo ciente do maior custo operacional, gosta de ver o seu produto individualizado no armazém, o que só é possível formando lotes com o produto ensacado. Esta condição faz com que a armazenagem em sacarias, tradicionalmente denominada armazenagem convencional, tenha grande importância técnica e econômica tanto na produção de arroz como na de café.

## 2.11. Armazenagem a Granel

A armazenagem a granel tem menor custo operacional e apresenta melhor relação entre a área disponível e o volume armazenado, resultando em melhor desempenho econômico. Entretanto, exige maior conhecimento técnico para a execução e o acompanhamento das operações.

No Brasil, a armazenagem de arroz a granel é feita com maior intensidade no Estado do Rio Grande do Sul, que é o maior produtor deste cereal. No Estado de Roraima, aonde a produção de arroz vem alcançando destaque econômico, a armazenagem a granel vem sendo muito utilizada, sem, contudo, dispensar a armazenagem em sacarias. Entretanto, em qualquer destas regiões, têm-se verificado problemas decorrentes de desconhecimento técnico e da falta de recursos disponíveis nas próprias instalações, que impossibilitam o bom desempenho operacional. Para a prática segura desta tecnologia é necessário que o sistema disponha dos seguintes componentes básicos:

- a) Silos, para o acondicionamento do produto.
- b) Sistema de aeração, para permitir, principalmente, a remoção de possíveis focos de aquecimento, odores etc.
- c) Sistema de termometria, para o monitoramento diário da temperatura do produto durante a armazenagem.
- d) Sistemas de monitoramento diário das condições meteorológicas.

O sistema de aeração deve ser visto como um recurso técnico disponível e obrigatório em um sistema de armazenagem a granel bem projetado. Entretanto, a sua disponibilidade não deverá condicionar o seu uso sistemático, uma vez que o conhecimento profundo das relações entre o produto armazenado e as condições psicrométricas ambientais é fundamental para a sua aplicação.

A aeração, como recurso técnico dos sistemas de armazenagem do arroz, se prestará, fundamentalmente, para dissipar possíveis focos de aquecimento, odores e manutenção da massa de grãos sob temperaturas mais baixas.

É importante observar que o ataque de insetos, em intensidade elevada, proporciona a formação de pontos quentes na massa de grãos. A passagem do ar por estes pontos resolveria, momentaneamente, o problema. Em curto intervalo de tempo, a temperatura voltaria a subir no ponto infestado. Uma forma de diagnosticar o problema é observar se o ponto aquecido muda de local ao atingir

valores próximos a 40 °C. Se for positivo, o problema deverá ser solucionado por expurgo, pois o deslocamento do ponto aquecido dentro da massa de grãos é um comportamento característico de aquecimento causado por insetos.

Nos períodos frios, o ar intergranular, próximo das paredes do silo, mantém-se numa temperatura inferior à do interior da massa de grãos. O ar frio se deslocará para baixo, criando uma corrente de ar quente, ascendente no interior do silo. O ar quente, com algum potencial de secagem, poderá absorver umidade e, ao atingir a camada superior de grãos, cuja temperatura poderá estar baixa, pode atingir o ponto de orvalho e ter o seu vapor d'água condensado (migração de umidade), criando no local uma região com potencial de deterioração (ver capítulo 11 - Aeração de Grãos Armazenados).

Durante o período quente ocorrerá uma situação inversa, isto é, o ar quente, menos denso, próximo à parede do silo subirá e criará uma corrente descendente no interior destes, formando uma região com potencial para deterioração nas camadas inferiores do silo.

Observa-se, na descrição das duas possibilidades de condensação, que o fenômeno ocorre pelo fato de não se ter permitido a renovação do ar no interior do silo, a partir da convecção natural.

Para evitar custos adicionais com o uso da aeração em locais onde o fenômeno tiver a possibilidade de ocorrência, deve-se abrir os registros de saída de ar na cobertura dos silos, durante as horas quentes do dia. Na maioria das regiões brasileiras isto pode ser feito entre as 10 e 16 horas. Em qualquer dos casos de migração de umidade, o problema deve ser resolvido por meio da aeração.

### 3. SECAGEM E ARMAZENAGEM DE CAFÉ

A secagem de café é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos. Além do elevado teor de açúcar presente na mucilagem, o teor de umidade inicial, geralmente ao redor de 60% b.u., faz com que a taxa de deterioração, logo após a colheita, seja bastante alta.

Qualquer que seja o método de secagem utilizado, como será visto mais adiante, devem-se ressaltar os seguintes aspectos para que se tenha êxito no preparo do café:

- a) Evitar fermentações indesejáveis antes e durante a secagem.
- b) Evitar temperatura excessivamente elevada (o café tolera 40°C por um ou dois dias, 50°C por poucas horas e 60°C por menos de uma hora, sem se danificar).
- c) Secar os grãos, evitando os efeitos danosos de temperatura, no menor tempo possível até o teor de umidade de 18% b.u. (abaixo deste teor de umidade o café é menos suscetível à deterioração rápida).
- d) Procurar obter um produto que apresente coloração, tamanho e densidade uniformes.

No Brasil, segundo os aspectos tecnológicos envolvidos, utilizam-se basicamente dois métodos para secagem de café:

- **secagem em terreiros:** esparrama-se o produto em pisos, que podem

- ser de cimento, de tijolo, de chão batido ou de asfalto; e
- **secagem em secadores:** força-se o ar aquecido a passar através da massa de grãos.

Mais recentemente, a secagem em combinação vem sendo estudada e aplicada em localidades específicas. Neste método de secagem, faz-se uma pré-secagem em terreiro ou pré-secadores e a secagem complementar em silo ou tulha secadora com ar natural ou levemente aquecido (até 10 °C acima da temperatura ambiente).

Como a importância da secagem adequada do café cresce com o aumento da produção e com a demanda interna e externa por cafés de melhor qualidade, a secagem com técnicas eficientes apresenta as seguintes vantagens:

- a) Permite melhor programação da colheita.
- b) Permite armazenagem por períodos mais prolongados, sem o perigo da deterioração ou perda de qualidade do café.
- c) No caso de produção de café para sementes, faz com que o poder germinativo seja mantido por mais tempo.
- d) Impede o desenvolvimento de microrganismos e insetos.
- e) Minimiza a perda do produto na lavoura ou em terreiros durante os períodos chuvosos.

Como a secagem inadequada afeta negativamente qualquer tipo de grão, o leitor deverá estar informado sobre fundamentos da higrometria (capítulo 3 – Princípios Básicos de Psicrometria), teor de umidade e teor de umidade de equilíbrio (capítulo 4 – Qualidade dos Grãos), fluxo de ar e velocidade de secagem (capítulo 5 – Secagem e secadores), classificação e qualidade do café, para que possa tirar todo o proveito das técnicas de secagem e reduzir os custos de produção (detalhes sobre as técnicas de secagem de café serão vistos mais adiante).

### 3.1. Classificação e Qualidade do Café

O café é um produto cujo preço está vinculado a parâmetros qualitativos. Partindo-se do valor obtido por um produto de máxima qualidade, este sofre descontos proporcionais à medida que são reduzidas as características desejáveis quanto ao tipo e à bebida.

A qualidade do café depende principalmente da forma como ele é cultivado, colhido e processado. A obtenção de um produto de boa qualidade depende de fatores inerentes à planta, como a genética das variedades e de fatores referentes ao ambiente externo da planta, como: fertilidade do solo, condições climáticas, pragas e doenças.

As operações de colheita, preparo, armazenagem na fazenda, beneficiamento e armazenagem comercial devem ser realizadas de forma a manter a qualidade obtida no campo.

O ataque por microrganismos é extremamente prejudicial à qualidade do grão de café, podendo ocorrer em diversas fases do ciclo produtivo. Entretanto, a adoção de técnicas adequadas de manejo pode minimizar a ação desses microrganismos.

Tem sido intensivamente demonstrado que uma bebida de melhor qualidade é obtida quando se processa o café na fase de cereja. Isto é explicado pelo fato de ser o estágio cereja a fase correspondente ao ponto ideal de maturação dos frutos, no qual casca, polpa e sementes se encontram com composição química adequada, proporcionando ao fruto sua máxima qualidade.

É da boa apresentação do café que depende, em grande parte, a sua colocação no mercado. O cafeicultor deve, portanto, depois de haver realizado corretamente todas as operações envolvidas na produção de um produto de boa qualidade, ficar atento durante a fase de classificação do seu produto, que é uma operação de grande importância no processo de comercialização.

A Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos aprovou, em março de 1978, a Resolução nº 12.178, que fixa padrões de qualidade e identidade para alimentos e bebidas, incluindo o café.

Os atuais procedimentos para avaliação do café comercial, isto é, depois de colhido, preparado, seco, beneficiado e ensacado e que recebe a denominação de “café verde”, baseiam-se principalmente em uma série de apreciações subjetivas feitas por especialistas. As avaliações são baseadas nas características físicas, como forma, tamanho, cor, uniformidade dos grãos e tipo de bebida. A cor, por estar diretamente relacionada com a bebida, tem grau de importância superior ao tamanho e é a característica que mais chama a atenção durante a comercialização. O café pode ser classificado como se segue:

### **3.1.1. Quanto ao Tipo**

A classificação do café quanto ao tipo consiste na determinação do número de grãos imperfeitos ou na quantidade de impurezas contidas em uma amostra de 300 g. Esta classificação apresenta sete tipos, numerados de dois a oito. A cada tipo corresponde maior ou menor número de defeitos existentes no café, como grãos pretos, ardidos, verdes, preto-verdes, quebrados, brocados, conchas, chochos, cocos e marinheiros e impurezas como cascas, paus, torrões, pedras etc. A Tabela 7 relaciona o tipo com o número de defeitos. Como há uma variação muito grande do número de defeitos entre dois tipos consecutivos, é comum utilizar uma notação intermediária, ou seja, tipo 2/3, 3/4, etc., quando o número de defeitos for superior a 8 (oito), 19 (dezenove), etc. respectivamente. A equivalência em defeitos é dada pela Tabela 8, e o tipo 4 é denominado “Tipo Base”.

### **3.1.2.- Quanto à Cor**

Indica o grau de envelhecimento do café beneficiado e emprega as denominações verde, esverdeado, claro, amarelo e vermelho. O teor de umidade, o índice de maturação, o tempo de exposição à luz, o método de preparo e secagem e as condições do ambiente de armazenamento são os responsáveis pela cor do café.

### 3.1.3. Quanto à Peneira

Tomando-se por base as dimensões e a forma dos grãos, o café é classificado como chato-grosso, médio, miúdo; moca graúdo, médio e miúdo; quebrado e minimal.

### 3.1.4. Quanto ao Aspecto

Classificado como bom, regular e mau, o aspecto é importante no julgamento da qualidade. O aspecto do produto permite prever sua característica de torração, que, por sua vez, é classificada como:

**Fina** – quando apresenta homogeneidade na cor e no aspecto e não tem defeitos.

**Boa** – quando apresenta pequenas irregularidades na homogeneidade da cor e no aspecto, possuindo alguns defeitos e não podendo apresentar irregularidades em nenhuma destas duas características.

**Regular** – quando apresenta irregularidade na cor e no aspecto ou maiores irregularidades em uma única destas características.

**Má** – quando mostra grandes irregularidades em qualquer uma das características ou em ambas, simultaneamente.

### 3.1.5. Quanto à Bebida

Esta classificação baseia-se no sabor detectado na chamada prova de xícara, feita por degustadores treinados. Apresentam-se, na Tabela 9, os diferentes tipos de bebida.

A bebida pode apresentar nuances de sabor, podendo ser, dentro da característica, “moles” muito encorpado, encorpado e sem corpo. Pode apresentar, ainda, leve acidez cítrica ou acidez acética.

Deve-se considerar, ainda, na apreciação da bebida a possível ocorrência de gostos estranhos, como: gosto de terra, mofo, azedo, “chuulado”, avinagrado, fermentado, enfumaçado e outros.

Tabela 7 - Relação entre tipos e números de defeitos

Tipo	2	2/3	3	3/4	4	4/5	5
Defeito	4	8	12	19	26	36	46
Tipo	5	5/6	6	6/7	7	7/8	8
Defeito	46	66	86	123	160	260	360

Tabela 8 - Equivalência em defeitos

Quantidade.	Tipo de defeito	Defeitos
1	Grão preto	1
1	Pedra, pau ou torrão grandes	5
1	Pedra, pau ou torrão regulares	2
1	Pedra, pau ou torrão pequenos	1
1	Coco	1
1	Casca grande	1
2	Ardidos	1
2	Marinheiros	1
2/3	Cascas pequenas	1
2/5	Brocados	1
3	Conchas	1
5	Verdes	1
5	Quebrados	1
5	Chochos ou mal granados	1

Tabela 9 - Classificação oficial do café pela bebida

Classificação	Características
Estritamente Mole	Bebida de sabor suavíssimo e adocicado
Mole	Bebida de sabor suave, acentuado e adocicado
Apenas Mole	Bebida de sabor suave, porém com leve adstringência
Dura	Bebida com sabor adstringente, gosto ásperto
Riada	Bebida com leve sabor de iodofórmio ou ácido fênico
Rio	Bebida com sabor forte e desagradável, lembrando iodofórmio ou ácido fênico
Rio Zona	Bebida de sabor e odor intoleráveis ao paladar e ao olfato

(BÁRTHOLO et al., 1989)

### 3.2. Secagem em Terreiro Convencional

O uso exclusivo do terreiro por muitos cafeicultores deve-se, principalmente, à não-preocupação com as características qualitativas do produto depois da secagem, ou ao baixo poder aquisitivo e nível técnico da propriedade.

No terreiro, o desenvolvimento de microrganismos na superfície dos frutos e o aumento da respiração e da temperatura do produto são fatores que aceleram o processo de fermentação. Apesar destes riscos, pequenos e médios produtores utilizam intensivamente os terreiros como única etapa na secagem do café.

No processo de secagem em terreiro, o café é seco pela ação dos raios solares. É aconselhável, durante o processo, trabalhar com lotes homogêneos, considerando-se tanto a época de colheita quanto o estádio de maturação ou teor de umidade, para obtenção de um produto final uniforme e de boa qualidade.

De modo geral, devido às características da maioria dos secadores mecânicos comercializados, a secagem do café logo após a colheita, ou recém-saído do lavador (alto teor de umidade), é altamente prejudicada pela dificuldade de escoamento do produto dentro do secador. Portanto, para acelerar o processo de secagem, deve-se combinar a secagem artificial com a secagem em terreiro.

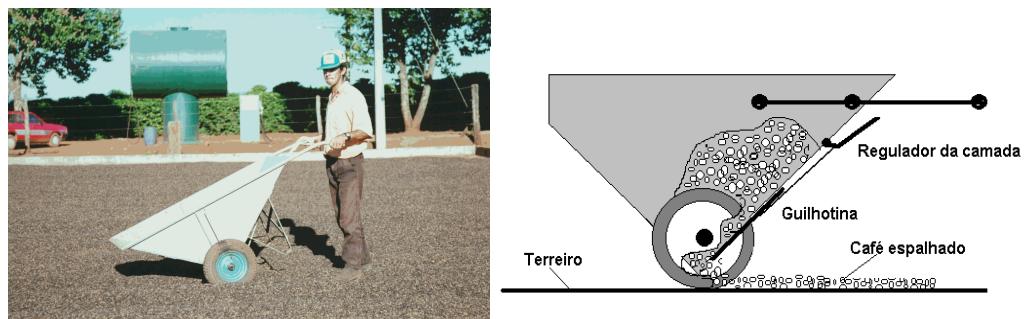
Uma prática recomendada é secar o café em terreiros ou pré-secadores até o estado de meia-seca (35 a 40%), sendo a secagem continuada em secador mecânico até o ponto de tulha ou, ainda, até que a umidade caia para 22%, para que possa ser submetido a uma secagem complementar, em silos ventilados, durante o processo de armazenagem, até que atinja a umidade de comercialização.

Os terreiros convencionais podem ser construídos de cimento, tijolos, asfalto e chão batido, e o produto a ser seco deve ser distribuído em camada fina.

O terreiro com piso de terra apresenta menor rendimento de secagem e pior aspecto visual do produto em relação àquele seco em terreiros com piso de outros materiais de construção.

Preferencialmente, a secagem deve ser feita em terreiros concretados, que são mais eficientes e apresentam menores riscos de comprometimento da qualidade.

De modo geral, depois de lavado e separado por diferenças de densidade (cerejas e bóias), é costume do cafeicultor espalhar o café no terreiro, numa camada de no máximo 4 cm. Para esta operação, são normalmente utilizados os carros espalhadores, como mostra a Figura 6 (a, b).



**Figura 6 - Carrinho espalhador de café em terreiros (a) e detalhes do carrinho (b).**

No início da operação de secagem, quando o teor de umidade do café é elevado ou quando este é retirado do lavador, a superfície do terreiro fica completamente molhada (Figura 7a). Caso parte da superfície do terreiro não seja exposta à secagem imediata do excesso de água, o produto fica altamente suscetível à contaminação, devido à alta umidade na parte inferior da camada. Para isso, deve-se abrir a camada do café, pelo menos nos cinco primeiros dias, de maneira a formar pequenas leiras, como mostram as Figuras 7a, 7b e 8. As leiras devem ser quebradas e refeitas continuamente ou em intervalos regulares de tempo nunca superior a 60 minutos, com auxílio de um raspador-enleirador

(Figura 9a), cujos detalhes de construção, em chapa nº 12, estão apresentados na Figura 10. Em todos os casos, o operador deve ter cuidado para que parte do terreno seja raspada, de modo a ficar exposta ao sol, a fim de que a sua secagem e o seu aquecimento propiciem, indiretamente, a secagem do café na próxima virada (Figuras 7b e 8).

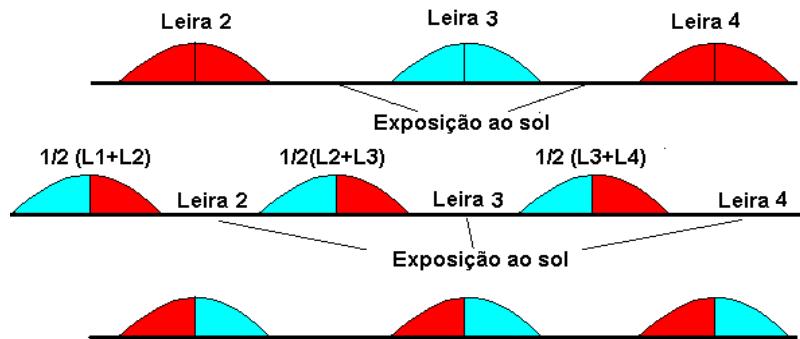
Passados os primeiros dias de secagem (ao redor do quinto dia), quando o café já estiver parcialmente seco, às três horas da tarde, aproximadamente, o produto deve ser distribuído em grandes leiras, no sentido da maior declividade do terreno, as quais devem ser cobertas com lona plástica (Figura 9b). A cobertura do produto enleirado favorecerá a conservação do calor absorvido durante a exposição aos raios solares, garantindo melhor uniformização e redistribuição da umidade na massa de grãos.

Ao amanhecer, aproximadamente às nove horas, as leiras devem ser descobertas e removidas do local de pernoite, para que o piso utilizado seja seco. Em seguida, o produto deve ser espalhado sobre o terreno, repetindo-se as operações feitas nos dias anteriores (Figuras 8 e 9c), até atingir o teor de umidade ideal para o armazenamento (12% b.u.), ou até o ponto de meia-seca (30% b.u.), que é o ideal para se iniciar a complementação da secagem em secadores mecânicos.

O terreno deve estar localizado em área plana e bem drenada, ensolarada, ventilada, em nível inferior às instalações de recepção e preparo inicial e superior às instalações de armazenamento e beneficiamento. Como dito anteriormente, os terrenos podem ser construídos em terra batida ou pavimentada com tijolos, asfalto ou concreto. Os pisos concretados apresentam melhores resultados, são mais duráveis, mais fáceis de manejá-los e apresentam melhores características de higienização.



**Figura 7 – (a) Detalhe do terreno após a distribuição do café vindo do lavador, mostrando a umidade do piso; (b) operação real de distribuição e revolvimento do café no terreno.**



**Figura 8 - Formação e quebra das leiras e revolvimento do café no terreiro.**



**Figura 9 – (a) Raspador-enleirador para café em terreiro; (b) formação de leiras durante os períodos finais de secagem em terreiro; (c) distribuição do café em terreiro em sistema de minileiras.**

### 3.2.1. Localização e Construção do Terreiro Convencional

A área do terreiro deve ser calculada em função da produção média da lavoura por mil covas, do número de cafeeiros e das condições climáticas da região.

Na hipótese de se utilizar apenas o terreiro para a secagem, o cálculo da área poderá ser feito segundo a equação 1:

$$S = 0,0005 Q \cdot T \quad \text{eq. 1}$$

em que

S = área do terreiro,  $\text{m}^2$  para produção de 1.000 pés;

Q = média anual de produção de café cereja,  $\text{n}^{\circ}$  litros/1.000 pés; e

T = tempo médio de secagem na região, dias.

Quando da utilização somente do terreiro para realizar a meia-seca, ou seja, para reduzir o teor de umidade de 60% para aproximadamente 30% b.u. (o que ocorre em cerca de seis dias) e complementar a secagem em secadores mecânicos, a área do terreiro poderá ser reduzida para 1/3 do valor original.

Sempre que possível, o terreiro deverá ser dividido em quadras, a fim de

facilitar a secagem dos lotes, segundo sua origem, seu teor de umidade e sua qualidade. Para facilitar o escoamento das águas pluviais, o terreiro deverá ser construído com declividade de 0,5 a 1,5% e provido de ralos na parte inferior. Estes ralos, medindo 0,4 x 0,25 m, devem ser construídos em chapa de aço com 50% de perfuração, com furos quadrados de 4 mm de lado, no máximo, para impedir a passagem dos grãos de café. No caso de se adotarem perfurações circulares, deve-se usar a mesma porcentagem de perfuração, com furos de menores dimensões (diâmetro máximo de 2,0 mm).

Aconselha-se construir muretas de proteção medindo 0,20 m de altura por 0,15 m de espessura ao redor do terreiro, para evitar perdas ou misturas de material dos diferentes tipos de cafés.

No final, após o ponto de meia-seca, a secagem do café deverá ocorrer em montes ou em grandes leiras, onde se estabelecerá o equilíbrio entre as camadas externas e a parte interna do grão e dos grãos entre si. Para isso, diariamente, o café deve ser revirado e exposto por duas ou três horas ao sol e, a seguir, amontoado e coberto.

### 3.2.2. Resumo dos Cuidados com o Uso dos Terreiros Tradicionais

- a) Não misturar lotes diferentes de café.
- b) Esparramar o café, lavado ou não, no mesmo dia da colheita em camadas finas de 3 a 5 cm e proceder à formação das minileiras. Caso haja grande percentagem de frutos verdes, pode-se usar leiras maiores (cerca de 10 cm de altura), porém haverá necessidade de revolver o café com maior freqüência (no máximo a cada hora).
- c) Revolver o café pelo menos oito vezes ao dia, de acordo com a posição do sol. A sombra do trabalhador deve ficar à sua frente ou atrás, para que as pequenas leiras feitas durante o revolvimento não sombreiem o café (Figura 4c).
- d) Fazer com o café, após o segundo dia de seca, pequenas leiras de 15 a 20 cm de altura, no final da tarde, e esparramar no dia seguinte bem cedo, o que acelera a secagem e impede que o sereno umedeça muito o café.
- e) Fazer leiras grandes com café, no sentido da maior declividade do terreiro, em caso de chuvas. Estas leiras devem ser trocadas de lugar o maior número de vezes possível, a fim de aumentar o contato com o ar na massa de café. Quando a chuva terminar, deve-se continuar a revolver as leiras até que o terreiro seque. Logo após esparramar o café, deve-se proceder como no item b.
- f) Nunca amontoar o café cereja antes do ponto de meia-seca, ponto em que ele não estará mais colando na mão quando apertado. A amontoa, a partir desta fase, é uma operação muito importante, devido à propriedade que o grão de café em coco tem de trocar calor entre si, proporcionando maior igualdade na seca.
- g) Amontoar o café por volta das 15 horas e, se possível, deixá-lo coberto com lona até o dia seguinte.

- h) Esparramar o café por volta das 9 horas, quando a umidade do ar é adequada e, como no item c, movimentá-lo até às 15 horas, quando deve ser novamente amontoado.
- i) Continuar o processo até a secagem final, recolhendo o café frio pela manhã, para a tulha, com 11 a 12% de umidade.

Dentro do terreiro podem ser construídas “coroas ou meias-luas”, que são pequenas muretas de 5 cm de altura e 3 m de diâmetro, cuja finalidade é servir de local para se amontoar o café, evitando-se escorramento da água de chuva sob a lona.

Deve-se evitar a construção de terreiros em lugares úmidos, como baixadas e próximos de represas ou locais sombreados e com construções adjacentes.

Na Tabela 10, pode-se verificar o material gasto na construção de um terreiro de concreto de 150 m<sup>2</sup> (10 m de largura por 15 m de comprimento), com pavimentação feita com concreto 1:4:8 de 8 cm de espessura e seu arremate com argamassa 1:3, com 2 cm de acabamento.

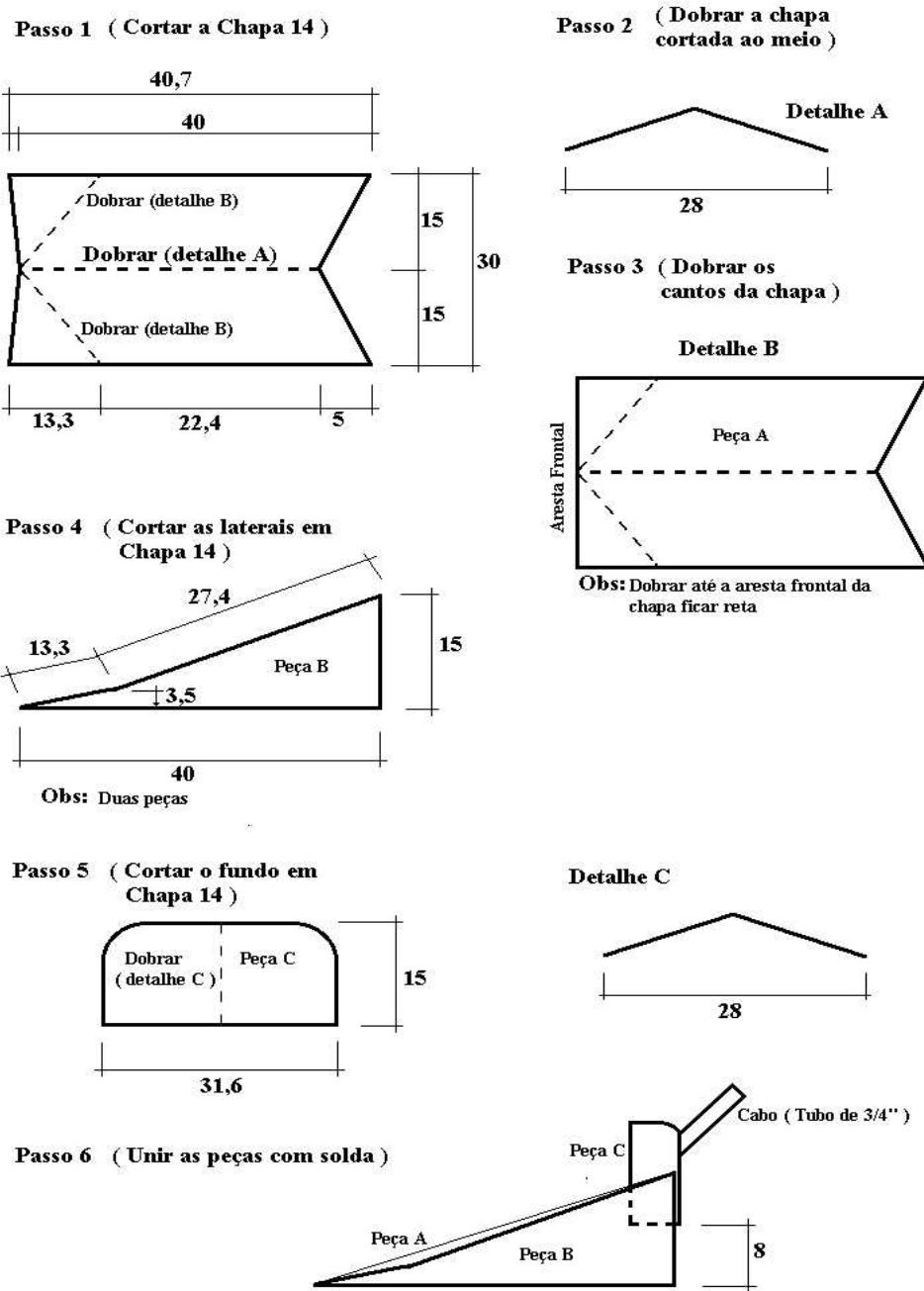
Tabela 10 -Materiais gastos na construção de um terreiro de concreto de 150 m<sup>2</sup>

Discriminação	Unidade	Quantidade Geral	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)	Participação (%)
Trator de esteira	h	2	35,00	70,00	3,71
Servente	d	29	10,00	290,00	15,37
Pedreiro	d	16	25,00	400,00	21,20
Cimento	sc.	58	11,00	638,00	33,82
Areia	m <sup>3</sup>	11	11,00	121,00	6,41
Brita	m <sup>3</sup>	11	25,00	275,00	14,58
Sarrafo	m	75	0,80	60,00	3,18
Tijolos 20 x 20	un.	250	0,13	32,50	1,73
<b>TOTAL GERAL</b>				1.886,50	100,00

Custo/m<sup>2</sup> = R\$ 18,86 – dezembro/1999.

A construção de bons terreiros em pequenas e médias propriedades representa grande investimento, o que onera o custo de produção do café. Assim, muitos produtores secam o café em terreiros de chão batido, que, por sua vez, são contra-indicados na maioria das regiões produtoras, em consequência da má qualidade final do café. Para facilitar a construção de terreiros revestidos, especialmente em relação à redução de custo, pode-se utilizar o sistema saibro-cimento. Pelas Tabelas 11 e 12, pode-se fazer uma avaliação do custo do terreiro de saibro-cimento em comparação com o piso de concreto. O terreiro de saibro,

com espessura de 5 cm, pode ser construído com uma mistura de oito partes de saibro e uma de cimento. Verifica-se que o terreiro saibro-cimento tem um custo 50% inferior ao do terreiro concretado.



**Figura 10 - Detalhes para construção do rodo raspador de café.**

Tabela 11 - Custo estimado para a construção de 100 m<sup>2</sup> de terreiro de saibro-cimento

Itens	Necessidade	Valor Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
<b>A – Material</b>			
Lajotas	320 un.	0,13	41,60
Areia	0,75 m <sup>3</sup>	11,00	8,25
Brita	0,75 m <sup>3</sup>	25,00	18,75
Saibro	8 m <sup>3</sup>	-	100,00
Cimento (mureta e piso)	34 sc	11,00	374,00
<b>B – Mão-de-obra</b>			
Pedreiro	2 d	25,00	50,00
Ajudantes	16 d	10,00	160,00
Subtotal	-	-	752,60
Eventuais (10%)	-	-	75,26
<b>TOTAL</b>			827,86

Custo/m<sup>2</sup> = R\$ 8,28 – dezembro/1999.

Tabela 12 - Custo estimado para a construção de 100 m<sup>2</sup> de terreiro de concreto

Itens	Necessidade	Valor Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
<b>A – Materiais</b>			
Tijolos	320 ud	0,13	41,60
Areia	6,4 m <sup>3</sup>	11,00	70,40
Cimento	70 sc	11,00	770,00
Pedra de mão	2,5 m <sup>3</sup>	20,00	50,00
Brita	6 m <sup>3</sup>	25,00	150,00
<b>B – Mão-de-obra</b>			
Pedreiro	10 d	25,00	250,00
Ajudantes	20 d	10,00	200,00
Subtotal	-	-	1.532,00
Eventuais (10%)	-	-	153,20
<b>TOTAL</b>			1.685,20

Custo/m<sup>2</sup> = R\$ 16,85 –dezembro/ 1999

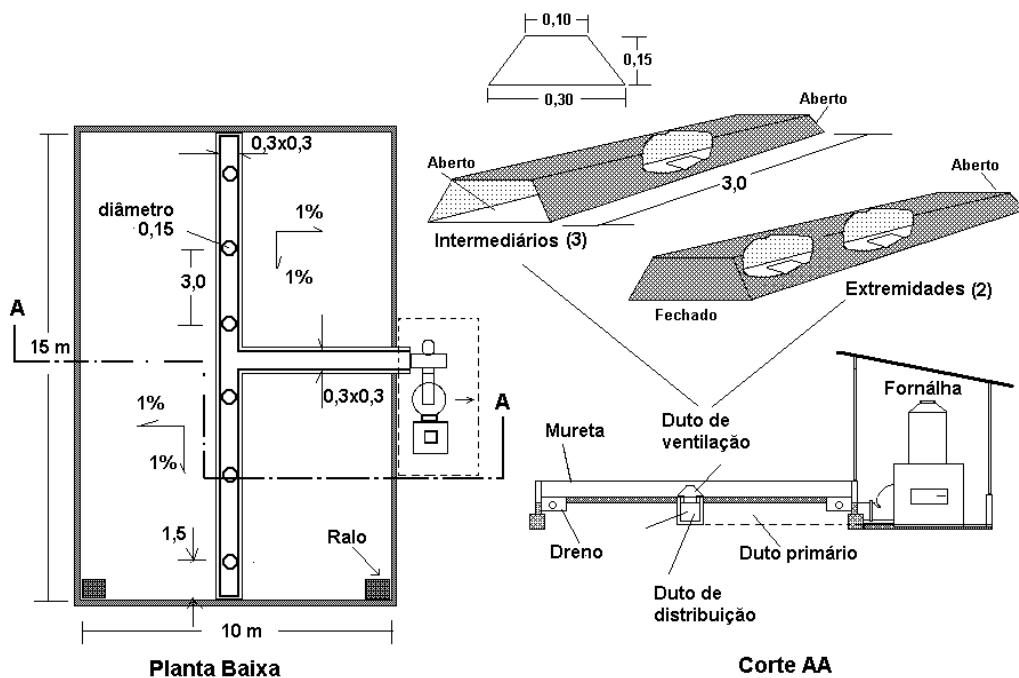
### 3.3 - Terreiro Híbrido - Solar e Biomassa

Como descrito no capítulo 7 - Secagem de Grãos com Energia Solar, o terreiro híbrido, ou terreiro secador, nada mais é que um terreiro convencional, preferencialmente concretado, onde se adaptou um sistema de ventilação com ar aquecido por uma fornalha, para a secagem do café na ausência de radiação solar direta ou em período chuvoso. Cada módulo do terreiro híbrido deve ser constituído por uma área com as dimensões de 10,0 por 15,0 m, aproximadamente

(Figura 11 e Figura 3, capítulo 7). Na direção do comprimento, o terreiro secador é dotado de uma tubulação principal (central ou lateral), para fornecimento de ar a pontos específicos do terreiro. Para isso, são derivadas aberturas para 6 (seis) câmaras de secagem em camada fixa, ou igual número de tubulações secundárias, para secagem em leiras transversais ou longitudinais (Figura 4 a, b, capítulo 7).

As câmaras de secagem, portáteis e construídas em caixas com um fundo falso, feitas em chapas perfuradas, ficam simplesmente apoiadas sobre as tomadas de ar quente na tubulação principal ou nas aberturas da tubulação secundária derivadas do duto lateral. Já os dutos de distribuição de ar, construídos preferencialmente em chapa metálica perfurada, ficam encaixados nas tomadas de ar.

Ao duto principal é acoplada uma fornalha, com um ventilador centrífugo que possibilite uma vazão de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  de ar. Na ausência de radiação solar direta, incidência de chuvas e durante o período noturno, o produto é recolhido às câmaras de secagem ou enleirados sobre os dutos de distribuição de ar para secagem com ar aquecido (veja Apêndice A). Em ambos os casos, deve-se providenciar cobertura para proteção dos grãos durante períodos chuvosos. Assim, a secagem poderá ser realizada durante as 24 horas, por meio da utilização da energia solar em dias ensolarados e da energia proveniente da combustão de biomassa (lenha ou carvão vegetal) ou gás, durante a ausência da radiação solar direta.



**Figura 11 – Planta baixa e corte AA do terreno híbrido, módulo de  $150 \text{ m}^2$  e detalhes do sistema de ventilação.**

Durante os dias ensolarados, o terreiro terá funcionamento normal, como visto anteriormente, e, ainda assim, pode-se usar as câmaras para secagem com ar a altas temperaturas; ganha-se, com isso, produtividade de secagem. Para o funcionamento do terreiro com as câmaras de secagem, deve-se proceder de modo semelhante ao da secagem em camada fixa.

Na secagem em camada fixa, o produto permanece num compartimento de fundo perfurado, por onde passa o ar de secagem. A altura da camada de produto pode variar, para grãos em geral, devendo situar-se em torno de 0,4 m. Altura acima desta faixa poderá acarretar problemas, como alto gradiente de umidade.

A operação do sistema em camada fixa é simples, embora exija alguns cuidados. A movimentação do produto em intervalos de tempo regulares é uma operação importante para evitar a desuniformidade na sua umidade final.

Como dito anteriormente, ao duto principal do terreiro-secador será acoplado um ventilador centrífugo acionado por motor elétrico de 5 cv, 1.750 rpm, que possibilitará vazão média do ar de secagem de aproximadamente 1,5 m<sup>3</sup>/s (veja construção do ventilador). No terreiro-híbrido, o ventilador succiona o ar aquecido por uma fornalha.

### 3.4 - Secagem em Altas Temperaturas

Para obtenção de café de boa qualidade, é necessário cuidado especial no controle da temperatura da massa de grãos, principalmente a partir do momento em que o café passa a apresentar teor de umidade inferior a 35% b.u. Para teores de umidade inferiores a este valor, dependendo do sistema de secagem utilizado, há tendência de a temperatura da massa de grãos se igualar à temperatura do ar de secagem. Essa tendência é causada pela dificuldade de migração da umidade das camadas mais internas para a periferia dos grãos.

A temperatura máxima do ar que o café pode suportar, em um secador convencional, é de 70°C. Temperaturas mais elevadas são prejudiciais ao produto, uma vez que muitos grãos que não fluem adequadamente dentro do secador ficam supersecos, enquanto outra parte não atinge o teor de umidade ideal (11-12%b.u.), transformando a torrefação em um processo de difícil controle.

No mercado brasileiro, encontra-se à disposição do cafeicultor grande variedade de modelos de secadores industrializados ou modelos que o agricultor, com o auxílio do extensionista local, poderá construir na própria fazenda. Para o bom funcionamento de boa parte dos secadores mecânicos fabricados no Brasil, a massa de café não deve apresentar excesso de água; por isso, deve-se fazer uma pré-secagem em terreiro ou em pré-secadores, como o rotativo ou o secador em camada fixa, modelo UFV. A Figura 14 (capítulo 5 – Secagem e Secadores) mostra um tipo de secador mecânico muito utilizado para a secagem do café. Deve-se evitar que a temperatura do ar ou da massa de café ultrapasse 70 e 45°C, respectivamente, por períodos superiores a duas horas.

Estudos realizados pelo extinto IBC sobre equipamentos para secagem de café em fluxos cruzados concluíram que os resultados obtidos na prova de xícara indicaram uma qualidade de bebida bem semelhante, significando que os diferentes equipamentos encontrados no mercado nacional não afetaram a

qualidade da bebida do café. Isso indica que a adoção de uma ou outra marca de secador deve ser baseada na preferência do agricultor, na idoneidade do fabricante, na facilidade de operação e manutenção e, adicionalmente, em uma análise econômica. De qualquer maneira, é bom verificar se o secador possui uma boa câmara de descanso e sistemas adequados de controles de temperatura, do fluxo de ar e do fluxo de grãos.

### 3.5. Secagem em Lote com Leito Fixo

O secador de leito fixo vem sendo muito utilizado na pré-secagem ou na secagem do café. Neste caso, a temperatura recomendada para o ar é de 50 °C. A camada de café, dependendo das condições do produto, pode variar de poucos centímetros até 0,50 m de espessura. No secador em camada fixa, modelo UFV (capítulo 5 – Secagem e Secadores), o produto deve sofrer revolvimentos para homogeneização da secagem em intervalos regulares de três horas. No caso de secadores com 5,0 m de diâmetro, o operador deve revolver, cuidadosamente, o produto e tentar realizar a operação em tempo não inferior a 30 minutos.

Estudos realizados com o secador modelo UFV mostraram que a secagem de café com camada de 40 cm de espessura, temperatura do ar de secagem de 55°C e intervalo de revolvimento de três horas (180 min) necessita, em média, de 32 h para reduzir o teor de umidade de 60% para 12% b.u. Nestas condições, a operação de secagem não compromete a qualidade da bebida e o tipo obtido é, geralmente, superior ao mesmo café secado em diferentes tipos de terreiros.

Diferentemente da maioria dos secadores mecânicos, o secador em camada fixa pode dispensar a pré-secagem em terreiros quando as condições climáticas não forem favoráveis e pode ser usado como pré-secador em sistemas mais complexos.

O exemplo a seguir mostra o dimensionamento, passo a passo, de um sistema de secagem em camada fixa, utilizando-se o secador modelo UFV.

#### Exemplo de Cálculo

Dimensionar um sistema de secagem compatível com a colheita de um determinado cafeicultor que forneceu as seguintes informações:

INFORMAÇÕES	VALORES
Número de covas	100.000
Produtividade esperada	18 litros / cova
Capacidade de colheita	200 litros / homem.dia
Temperatura e umidade relativa médias	22°C e 70%
Período de colheita	3 meses
Mão-de-obra	Suficiente

#### Dados práticos:

- 160 litros de café cereja = 100 litros de café coco = 40 kg café coco = 20 kg café beneficiado.
- Com cinco dias de sol, o café cereja (62% b.u.) passa para café meia-seca (30% b.u.).
- 1,0 m<sup>2</sup> de terreno deve conter 0,04 m<sup>3</sup> de café.
- A altura máxima da camada de café no secador é de 0,40 m.
- Desaconselha-se a construção de secadores com diâmetros superiores a 5 m ou no formato retangular superior a 20 m<sup>2</sup>.
- Massa específica do café em função do teor de umidade (equação 2).

$$\rho = (39648 - 172,48 \times U) / (100-U) \quad \text{eq. 2}$$

em que:

$$\rho = \text{massa específica do café, kg/m}^3; \text{ e}$$

$$U = \text{teor de umidade, \% b.u.}$$

### Solução:

#### Cálculo da colheita diária

$$100.000 \text{ covas} \times 18 \text{ litros / cova} = 1.800.000 \text{ litros em 3 meses}$$

$$3 \text{ meses} = 75 \text{ dias úteis} \Rightarrow 24.000 \text{ litros / dia ou } 24 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

#### Cálculo da área do terreno

$$[(24 \text{ m}^3 / \text{dia}) / (0,04 \text{ m}^3 / \text{m}^2)] \times 5 \text{ dias} = 3.000 \text{ m}^2$$

#### Total de café em coco por dia

$$24 \text{ m}^3 \text{ café cereja} \times (100 \text{ litros de café coco} / 160 \text{ litros de café cereja})$$

$$= 15 \text{ m}^3 \text{ café coco (meia seca) / dia}$$

#### Diâmetro do secador (Ds)

$$(15 \text{ m}^3 \text{ café coco / dia}) / 0,4 \text{ m (altura da camada)} \cong 38 \text{ m}^2$$

$$Ds = [(38 \times 4) / 3,14]^{1/2} \cong 7,0 \text{ m}$$

Recomenda-se redimensionar com a metade da área:

$$Ds = \{[(38 / 2) \times 4] / 3,14\}^{1/2} = 5 \text{ m}$$

Têm-se, assim, dois secadores de 19 m<sup>2</sup> e 7,5 m<sup>3</sup> de capacidade

#### Carga do secador (Cs)

$$Cs = (\text{volume do secador}) \times (\rho)$$

$$\rho = [39648 - (172,48 \times 30)] / (100 - 30) = 492 \text{ kg/m}^3 (30\% \text{ b.u.})$$

$$Cs = 7,5 \text{ m}^3/\text{secador} \times 492 \text{ kg/m}^3 = 3.690 \text{ kg/secador}$$

#### Vazão de ar (Q)

Considerando o fluxo de ar  $q = 10 \text{ m}^3/\text{min.m}^2$

$$Q = q(\text{área do secador}) = 10 \times 19 = 190 \text{ m}^3/\text{min}$$

#### Condições psicrométricas do ar

Variável		Ar ambiente	Ar plenum	Ar exaustão
		1	2	3
Temperatura	Tbs, °C	22	50	38
Umidade relativa	UR, %	70	15	40*
Razão de mistura	RM, g/kg	12	12	16
Volume úmido	V, m <sup>3</sup> /kg	0,85	0,94	0,91
Entalpia	H, kJ/kg	52	80	80

\* Com base em dados práticos.

### Quantidade de água a ser removida (M<sub>a</sub>)

O café será secado de 30% para 12% b.u.

$$M_a = [(U_i - U_0) / (100 - U_f)] C_s \quad \text{eq. 3}$$

$$M_a = [(30 - 12) / (100 - 12)] 3690 \cong 756 \text{ kg de água.}$$

### Quantidade de ar (Q<sub>ar</sub>) para remover a massa de água (M<sub>a</sub>)

$$q_{ar} = M_a / (RM_3 - RM_2) = (756 / 0,004) = 189.000 \text{ kg de ar seco}$$

$$Q_{ar} = (q_{ar}) (v_2) = (189.000) (0,942) = 178.038 \text{ m}^3 \text{ de ar}$$

### Tempo de secagem (t<sub>s</sub>)

$$t_s = (Q_{ar} / Q) = (178.038 / 190) = 937 \text{ min} \cong 16 \text{ h}$$

### Tempo total de operação (t<sub>op</sub>)

$$t_{op} = t_s + t_r + t_c + t_d$$

em que:

t<sub>s</sub> = tempo de secagem;

t<sub>r</sub> = tempo de revolvimento;

t<sub>c</sub> = tempo para carregamento do secador; e

t<sub>d</sub> = tempo para descarregamento do secador.

Considerando-se que são necessários 20 minutos de revolvimento a cada três horas de secagem, tem-se:

$$t_r = [(tempo de secagem) / (intervalo entre revolvimentos)] \times [tempo necessário para cada operação de revolvimento]$$

$$t_r = [(16 \text{ h}) / (3 \text{ h})] \times [20 \text{ min}] = 106 \text{ min ou } 2 \text{ h}$$

Considerando-se t<sub>c</sub> = 2,0 h e t<sub>d</sub> = 1 h, tem-se:

$$t_{op} = 16 + 2 + 2 + 1 = 21 \text{ h}$$

### 3.6. Secadores de Fluxos Concorrentes

Estudos desenvolvidos na UFV sobre a secagem de café em secadores de fluxos concorrentes (Figura 17, capítulo 5 - Secagem e Secadores), ou seja, em secadores em que o ar de secagem e o produto fluem na mesma direção, utilizando temperaturas de 80, 100 e 120 °C e teor de umidade inicial de 25% b.u., mostraram que é possível obter razoável consumo específico de energia utilizando temperaturas mais elevadas.

Verificou-se que, embora a temperatura recomendada seja de 80°C, é possível, com determinados cuidados, secar café com o ar de secagem até 120°C, em secadores de fluxos concorrentes, sem prejudicar a qualidade final da bebida. Para isso, deve-se ter o cuidado de aumentar a velocidade do produto dentro do secador e certificar-se de que o produto esteja fluindo uniformemente. Para evitar problemas oriundos de situações operacionais adversas, é preferível manter a temperatura do ar de secagem abaixo de 100°C. Geralmente, o consumo de energia por quilograma de água evaporada dos grãos ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) é menor nos secadores concorrentes do que em secadores tradicionais de fluxos cruzados ou de camada fixa.

### 3.7. Seca-aeração

A seca-aeração consiste, essencialmente, em resfriar os grãos depois da secagem em altas temperaturas, porém não mais na zona de resfriamento do secador, e sim em tulha de têmpera, com aeração forçada. O café é removido do secador sem ser submetido ao resfriamento e contendo em torno de 2,0 pontos percentuais de umidade acima do teor recomendado para o armazenamento. Antes de passar pela aeração, a massa de café é mantida em repouso e, a seguir, resfriada lentamente, para que seja removido o excesso de umidade.

O período de repouso tem como finalidade permitir uma redistribuição de umidade tanto no interior do próprio grão quanto na massa de café, o que requer de 6 a 10 h. Na fase de resfriamento, deve-se empregar um fluxo de 0,5  $\text{m}^3$  de ar por minuto, por tonelada de café. Com o fluxo de ar recomendado, dependendo da temperatura e do tempo de repouso, pode-se reduzir até 2,5 pontos percentuais de umidade (base úmida), utilizando-se a energia residual presente na massa de grãos. Depois de resfriado à temperatura ambiente, o café deve ser transferido para tulhas de armazenagem, que, se possível, devem possuir sistemas de aeracão.

Caso o repouso do produto seja realizado nas próprias tulhas de armazenamento, o operador só poderá ligar o sistema de aeração quando a tulha já estiver carregada com, no mínimo, metade de sua capacidade. Em ambos os casos, a capacidade dinâmica do secador pode ser aumentada em até 100%.

Em resumo, o processo de seca-aeração pode ser aplicado da seguinte forma: quando o café atingir teor de umidade de aproximadamente 14% b.u., deve-se retirá-lo ainda quente (acima de 45°C) do secador, colocando-o em tulha com aeração, e deixá-lo repousando por, no mínimo, seis horas. A seguir, deve-se resfriá-lo até que sua temperatura se iguale à do ambiente. Para maior eficiência do processo de seca-aeração, é conveniente, ao final do processo de secagem, elevar a temperatura da massa de café para 55°C por uma hora, no máximo.

### 3.8. Secagem Parcelada

A secagem parcelada consiste em secar o café durante determinado período de tempo e depois retirá-lo do secador, deixando-o armazenado em tulhas de descanso. À semelhança do processo de seca-aeração, a umidade interna do grão será redistribuída e a temperatura da massa de café ficará mais homogênea. Essa homogeneização ocorre por causa da migração de umidade do centro para a periferia do grão, facilitando a retirada de umidade na etapa seguinte de secagem. Estudos mostram que, quanto maiores os parcelamentos e os tempos de repouso (no máximo de 10 h), menores serão os tempos reais de secagem.

O parcelamento da secagem é um processo que possibilita melhorar a qualidade do produto e aumentar a capacidade do secador. No entanto, exige investimentos adicionais em pelo menos duas tulhas e equipamentos de transporte de grãos.

### 3.9. Secagem com Energia Solar

Apesar de ser a fonte primária de energia mais utilizada e apresentar relativo sucesso quando se usa o terreno, o emprego da energia solar direta para secagem de grãos em camadas profundas só é viável em sistemas de secagem em baixas temperaturas. Os altos níveis de energia necessários (120.000 a 300.000 kJ/h) em secadores mecânicos de média capacidade inviabilizam sua aplicação em sistemas de alta temperatura (veja capítulo 7 – Secagem de Grãos com Energia Solar).

### 3.10. Secagem com Ar Natural e em Baixas Temperaturas

Os sistemas de secagem com ar natural e em baixas temperaturas geralmente envolvem a secagem em silos (veja capítulo 5 – Secagem e Secadores).

O café natural com teor de umidade acima de 25% b.u. está sujeito a rápida deterioração, exige altos fluxos de ar para a secagem e, dependendo das condições climáticas, torna o sistema técnica e economicamente inviável.

Trabalhos realizados no setor de armazenamento do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV mostraram que, em condições climáticas semelhantes às de Viçosa, é técnica e economicamente viável secar café cereja descascado ou despolpado com teor de umidade inicial de até 25% b.u. A maior vantagem da secagem com ar natural ou em baixas temperaturas é que, além da economia substancial de energia e do aumento no rendimento dos secadores, o produto final apresenta coloração e umidade bastante uniformes, propiciando boa torração.

### 3.11. Secagem Combinada

Para solucionar possíveis problemas em decorrência de condições climáticas desfavoráveis e de teor de umidade inicial elevado, foram realizados alguns estudos utilizando a técnica da secagem em combinação (alta temperatura na primeira fase e baixa temperatura ou ar natural na segunda fase) para a secagem do café. Neste sistema, depois de separar adequadamente, por densidade,

o café tipo cereja, procede-se ao descascamento e à lavagem para retirar parte da mucilagem. A seguir, realiza-se uma pré-secagem em um secador de camada fixa, com revolvimento da camada a cada três horas. A pré-secagem pode também ser realizada em secador rotativo ou em outro sistema de secagem em alta temperatura que funcione adequadamente para café com alto teor de umidade e parte da mucilagem.

Em qualquer dos casos, o ar de secagem deve ser aquecido indiretamente, para evitar possível contaminação do produto por fumaça. Nesta fase, o café deve ser secado até que o teor de umidade atinja valores próximos a 25% b.u. (dependendo das condições climáticas para a secagem em baixas temperaturas) e, em seguida, ser transferido para a secagem complementar em silos, com ar natural ou aquecido (até no máximo 10°C acima da temperatura ambiente). Além de evitar a deterioração do produto, este procedimento permite reduzir o tempo de secagem em alta temperatura, aumenta a capacidade dos secadores e reduz o consumo de energia em mais de 50%, quando comparado aos processos tradicionais de secagem.

Independentemente do tipo de pré-secagem, é importante ressaltar que, em todas as fases do processamento, deve-se evitar qualquer tipo de fermentação, para que se obtenha café de alta qualidade e com sabor natural. Para isso, o operador do sistema de secagem em combinação deverá ficar familiarizado com o processo e estar atento quanto à operação do sistema de ventilação durante a segunda etapa de secagem. A secagem deve ser processada da seguinte maneira:

- a) O café descascado e lavado deve ser transferido para o sistema de pré-secagem o mais rápido possível e ter o teor de umidade reduzido a um valor preestabelecido, segundo as condições locais.
- b) Além do secador em leito fixo, um pré-secador ou secador rotativo é indicado para esta operação. Nesta fase, deve-se operar o secador utilizando fornalha com aquecimento indireto e não permitir que a temperatura da massa de grãos ultrapasse 45°C, para não afetar a qualidade do café.
- c) Deve-se transferir o produto para o silo secador e, em seguida, acionar o sistema de ventilação, que deverá permanecer ligado até que o café da camada superior do silo atinja um teor de umidade ao redor de 17% b.u. Abaixo deste valor, o ventilador permanecerá ligado somente durante os períodos em que a umidade relativa do ar estiver abaixo de 70%, o que normalmente ocorre durante o dia. O ideal seria acoplar um umidistato ao sistema de ventilação, para que este seja acionado automaticamente para a faixa de umidade relativa estabelecida. Apesar de se adicionar ao sistema um dispositivo automático, o operador deve estar sempre atento e inspecionar diariamente o sistema de secagem, a fim de certificar-se do funcionamento correto, para que não ocorra o crescimento de fungos na camada superior de grãos.
- d) Deve-se desligar o sistema de ventilação quando a umidade do produto atingir o teor de umidade de equilíbrio (próximo a 12,5% b.u.), isto é, quando o ar não mais conseguir retirar a umidade do café. O tempo

para que isso ocorra irá depender da altura total da camada de café, da quantidade adicionada diariamente no silo secador, dos fluxos de ar no início e no final do carregamento de silo, das condições climáticas e do teor de umidade inicial do café. Para a maioria das regiões produtoras, a umidade de equilíbrio está próximo a 12,5% b.u. Ao desligar o sistema de ventilação, o operador deve ter o cuidado de fechar a entrada de ar do ventilador, para que não ocorram correntes de ar indesejáveis, que possam possibilitar a reumidificação e possível deterioração do produto.

- e) Depois de seco, o monitoramento do sistema consiste na inspeção periódica (diária ou semanal) da temperatura e do teor de umidade da massa de grãos. Caso ocorram aquecimento ou aumento no teor de umidade, deve-se verificar a causa e providenciar o acionamento do ventilador até que toda a massa de grãos volte às condições normais.

Ao pensar na adoção de um sistema em combinação para a secagem do café, o agricultor deve consultar um especialista com reconhecida capacidade em secagem de café. Apesar de aparentemente simples e de fácil adaptação a sistemas já existentes em fazendas, o sistema de secagem em combinação é altamente dependente das condições climáticas da propriedade, das tecnologias utilizadas antes da operação de secagem em baixa temperatura e do nível de treinamento do operador. Isto quer dizer que nem sempre um sistema projetado para um cafeicultor será necessariamente adequado a outro.

O especialista deve prestar seus serviços de maneira individual, ou seja, deve conhecer as condições da propriedade e do cafeicultor e orientá-lo nos moldes de uma relação consultor/cliente.

Apesar de se poder realizar a secagem combinada com um ou dois silos, o que resulta em menor custo de instalação, é altamente recomendado que o agricultor adote um sistema composto por sete silos. Este sistema nada mais é que a utilização de sete tulhas aeradas (metálicas ou em alvenaria). Com este número, as tulhas serão carregadas por camadas, isto é, os silos deverão ser dimensionados para receber, semanalmente, uma camada de café (Figura 12) até completar a colheita, quando todas as tulhas estarão cheias e com o café seco até o teor de umidade de equilíbrio. Nota-se que a tulha, ou o silo de número sete, deve estar sempre vazio para solucionar problemas eventuais.

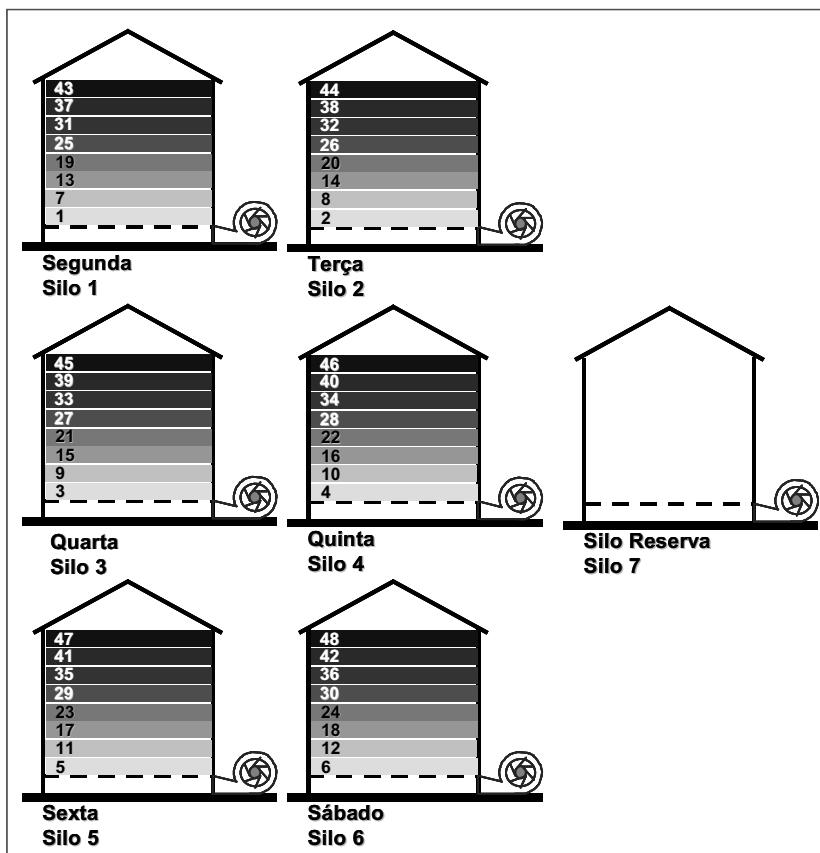


Figura 12 - Sistema de enchimento dos silos para sete semanas de colheita.

### 3.11.1. Manejo do Sistema

a) Instalar um ventilador com fluxo de ar ( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$  de grãos) adequado para determinado teor de umidade inicial dos grãos, de acordo com os valores apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Fluxo de ar em função do teor de umidade inicial e tipo de produto

Produto	Teor de umidade inicial (% b.u.)	Fluxo de ar ( $\text{m}^3 \text{ de ar/ min.m}^3 \text{ de grão}$ )
Milho, feijão e arroz	18 - 20	1,5
Café coco	18 - 20	2,5
Café despolpado	20 - 25	2,5

b) O carregamento dos silos, no caso de se adotar o sistema composto por sete silos, deverá ser feito semanalmente. Caso contrário, seguir as recomendações abaixo:

**Carregamento em uma etapa:** consiste em carregar o silo em até cinco dias, tempo considerado curto em relação ao tempo total de secagem, o qual, dependendo do teor de umidade inicial e das condições atmosféricas locais, pode ser de mais de 30 dias (usar um fluxo de ar de  $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \text{ m}^{-3}$  de grão).

**Enchimento por etapas:** uma nova camada só é colocada na tulha ou silo se a anterior já estiver seca. Crescentam-se novas camadas até o limite estabelecido pela capacidade do silo e pelo fluxo do ar de secagem adotado.

**Enchimento em camada única:** carrega-se o silo com camada de até 1,0 m de altura, que é retirada depois do término da secagem, para começar com outra camada.

Em geral, ao projetar um sistema de secagem para café, o especialista deve estabelecer como critério a obtenção da máxima eficiência com o mínimo de custos, visando obter um produto de excelente qualidade e atendendo às necessidades do cafeicultor. Todos os sistemas descritos anteriormente são técnica e economicamente viáveis. A opção por um entre todos aqueles apresentados deve-se basear no período de colheita, na quantidade produzida, no clima da região, disponibilidade de mão-de-obra, capacidade tecnológica e condição econômica do produtor.

### 3.12. Armazenamento e Beneficiamento

Depois da secagem, o café em coco deve ser armazenado em locais adequados, de forma a não sofrer alterações de qualidade.

O café é geralmente acondicionado em sacos de juta novos, com capacidade para 30 kg. Na entressafra, estes sacos são armazenados em pilhas de acordo com sua origem. O local de armazenagem deve ser limpo, abrigado do sol, da chuva e bem ventilado. A utilização de sacos de juta é vantajosa por serem resistentes e por facilitarem a vedação de aberturas feitas por ocasião da retirada de amostras. Devido ao grande volume a ser armazenado e ao elevado custo da operação de armazenamento, o café em coco pode ser também armazenado a granel, em silos ou tulhas. Nestes, apesar da proteção da casca, existe a possibilidade de ocorrência de modificações físicas e químicas, principalmente nas camadas superiores das tulhas, caso o sistema não possua um sistema de ventilação forçada e proteção contra umidade e chuvas.

#### 3.12.1. Beneficiamento

O beneficiamento é uma operação pós-colheita que transforma, pela eliminação das cascas e separação dos grãos, o fruto seco (coco ou pergaminho) em grãos de café. É uma operação que deve ser realizada o mais próximo possível da época de comercialização, para que o produto possa manter suas características originais.

Dependendo das condições em que o café foi secado ou mesmo em virtude das mudanças que podem ocorrer durante o armazenamento, é conveniente passar o produto, com bastante cuidado, por secador ou tulha aerada, para que haja uma homogeneização do teor de umidade para um valor ideal para o benefício. Caso se use um secador a alta temperatura para solucionar um problema de umidade alta,

deve-se ter o cuidado de não beneficiar o produto quente. O resfriamento natural evita a incidência de grãos quebrados.

Uma unidade de beneficiamento, em nível de propriedade, deve possuir os seguintes equipamentos:

- a) **Bica de jogo:** é formada por um conjunto de peneiras com diferentes tipos de furos com a finalidade de separar o café das impurezas leves (graúdas e miúdas). Deve ser localizada entre a parte inferior da moega e o catador de pedras.
- b) **Catador de pedras e metais:** geralmente conjugado a um sistema de ventilação, tem por finalidade separar as impurezas mais pesadas, incluindo o café descascado dos cafés coco e casquinha. Possui um sistema magnético que retém materiais metálicos (Figura 13).
- c) **Descascador:** conjugado a um sistema de ventilação, o descascador é constituído de um conjunto de navalhas metálicas giratórias e de uma fixa, reguláveis, que têm a finalidade de retirar a casca e o pergaminho do café (Figura 14). A palha é retirada pelo sistema de ventilação e o café desce para a *sururuca*, onde é feita a separação do café limpo do café marinheiro ou café que não foi descascado. O café limpo desce para o brunidor (Figura 15) e o marinheiro retorna para o descascador.
- d) **Classificador:** é um sistema que separa o café por tamanho, forma e densidade. É constituído por um conjunto de peneiras com diferentes tamanhos e tipos de furos e colunas de ar reguláveis que separam as impurezas leves ou cafés mal granados (Figura 16).

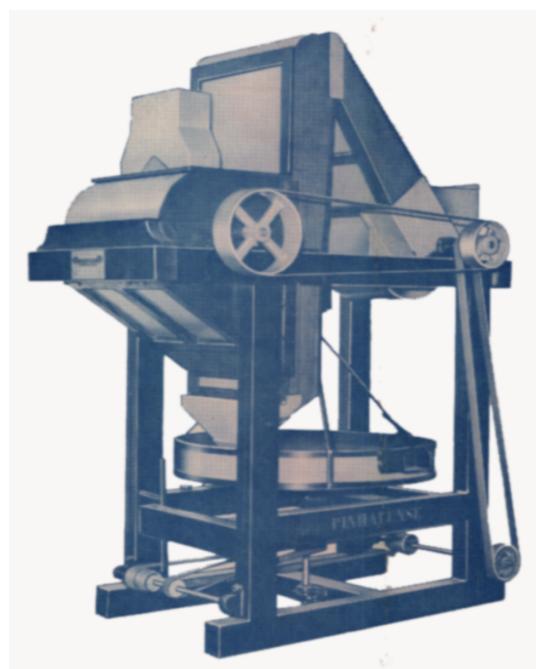
Unidades de beneficiamento mais sofisticadas possuem ainda máquinas de rebenefício como a separadora densimétrica (Figura 17) e as catadeiras eletrônicas (Figura 18), que têm a finalidade de melhorar o tipo do café, segundo o interesse do mercado.

Outros equipamentos como balanças, ensacadeira/costuradeira e transportadores devem compor uma unidade ideal de beneficiamento.

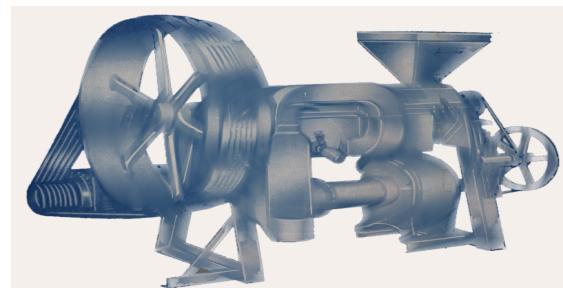
A maioria dos pequenos cafeicultores, sem condições de investimento em máquinas próprias ou sem a disponibilidade do serviço de cooperativas, usam, geralmente, o serviço de beneficiadoras ambulantes (Figura 19).



**Figura 9 - Catador de pedras.**



**Figura 10 - Descascador de café pergaminho ou coco.**



**Figura 11 - Brunidor.**



**Figura 12 - Classificadora de peneiras.**



**Figura 13 - Separadora densimétrica.**



Figura 14 - Vista geral de um conjunto de catadeiras eletrônicas.



Figura 15 - Vista geral de uma beneficiadora ambulante.

### 3.13. Armazenamento de Café Beneficiado

Nos países produtores, o café beneficiado ou café verde é tradicionalmente armazenado em sacos em vez de granelizado. Apesar das muitas desvantagens, o armazenamento em sacaria (Figura 20) permite a segregação de lotes, aspecto este muito importante, considerando-se que o produto é avaliado, além de outros padrões de qualidade, pelo teste de xícara.



**Figura 16 - Detalhe do armazenamento em sacaria, mostrando a formação de lotes.**

Além do fácil acesso aos lotes, a circulação de ar sobre a sacaria, a fácil inspeção e amostragem são fatores importantes a serem considerados durante o armazenamento do café em armazéns convencionais (sacos de 60 kg, formando pilhas, geralmente com pequeno ou nenhum controle das condições ambientais). Apesar disso, é possível manter o produto armazenado por períodos relativamente longos (acima de três anos), sem o risco de deterioração, como acontece com produtos como o milho ou trigo.

Dentro do armazém, deve-se prever espaços vazios para corredores, entre pilhas e entre pilhas e paredes, para facilitar a inspeção e o manuseio do produto. Isto faz com que, no máximo, 3/4 da área do piso de um armazém seja disponível para o armazenamento do produto. As principais desvantagens do armazenamento convencional em sacaria dizem respeito ao uso intensivo de mão-de-obra, ao custo da sacaria e as dificuldades associadas com o controle de pragas.

O branqueamento e a redução da densidade são outros problemas relacionados ao método tradicional de armazenagem de café. De acordo com o nível de dano durante o armazenamento, podem ocorrer reduções de até 40% no preço do produto. Finalmente, durante armazenamento do café ensacado, a quantidade de luz incidente sobre a sacaria deveria ser cuidadosamente controlada; sob um ambiente iluminado com luz de determinados comprimentos de ondas, os grãos de café podem sofrer mudanças na coloração desejada comercialmente (branqueamento), que, por sua vez, é considerada como indicativo da qualidade do produto.

O armazenamento em sacos, no entanto, oferece algumas vantagens como:

- a) possibilita manipular lotes que variam quanto a tipo, teor de umidade e quantidade de produto;
- b) não requer técnicas e equipamentos sofisticados para o manuseio do produto;
- c) problemas de armazenagem que ocorre em um ou mais sacos podem ser resolvidos sem a necessidade de remoção de todo lote; e
- d) baixo custo inicial de instalação.

Na armazenagem em sacaria, devem-se levar em consideração alguns pontos que podem aumentar a eficiência e a proteção que o armazém pode oferecer ao café:

- a) o excesso de luz deve ser evitado, por causar mudanças na cor do café (branqueamento);
- b) prover o teto e a parte inferior das paredes do armazém com aberturas controláveis protegidas, para renovação natural do ar;
- c) instalar exaustores, se possível; e
- d) impermeabilizar o piso ou construir pisos suspensos.

Embora não difundido nos países produtores, o armazenamento a granel de café beneficiado é um procedimento que vem sendo adotado por produtores e firmas que comercializam grandes quantidades de café com características uniformes.

Além das modificações necessárias nos sistemas convencionais de armazenamento, para a armazenagem do café a granel, por longos períodos, exige-se, também, um bom sistema de aeração. Este sistema deve ser dotado de termometria, a fim de que seja possível manter a massa de grãos sob temperatura e umidade ideais para uma boa comercialização.

Uma objeção ao sistema de armazenagem a granel deve-se à dificuldade de realizar inventários precisos. Qualquer pequena variação na densidade aparente ou uma compactação da massa de grãos pode causar grandes erros na avaliação do estoque, fato que não ocorre quando o café está armazenado em sacaria. A importância de inventários precisos da quantidade armazenada deve-se ao fato de o café ser um produto mais caro que outros tipos de grãos. A principal vantagem da armazenagem a granel é que a mecanização do processo permite grande redução na mão-de-obra requerida em relação ao método tradicional.

#### 4. SECAGEM E ARMAZENAGEM DE TRIGO

Como já comentado, grande parte dos agricultores brasileiros tem por tradição armazenar a produção em sacaria, e este tipo de armazenamento tem algumas desvantagens, como: é caro, depende de muita mão-de-obra e oferece pouca proteção contra o ataque de insetos e roedores. Em estados do Sul do País, à semelhança dos países desenvolvidos, o armazenamento a granel em silos é muito usado.

Nos últimos anos vem aumentando o volume de trigo submetido à secagem artificial. Além das características indesejáveis de alguns cultivares, as alterações na qualidade da farinha para panificação ocorrem em consequência de altas temperaturas utilizadas na secagem. Secagem em alta temperatura é procedimento muito utilizado para trigo colhido com teor de umidade acima do limite adequado aos sistemas de secagem em baixas temperaturas.

#### 4.1. Anatomia e Composição Química do Grão de Trigo

Apresentam-se aqui o resumo histórico, a composição química e as características físicas do trigo. De origem asiática, pertence à família das gramíneas, gênero *Triticum*, e compreende várias espécies, das quais a mais conhecida é a *T. aestivum* (*T. vulgare*). Sua produção atinge extensa distribuição geográfica e pode ser cultivado no cerrado brasileiro. O trigo exige solos profundos, bem drenados e férteis.

Do ponto de vista funcional, a semente é composta por uma cobertura protetora, um eixo embrionário e um tecido de reserva. As substâncias de reservas (capítulo 2 - Estrutura, Composição e Propriedades dos Grãos) estão localizadas no endosperma (sementes albuminosas), onde as principais substâncias armazenadas são: carboidratos (amido), lipídeos e proteínas (glúten e grãos de aleurona).

A composição química dos grãos de cereais varia amplamente, dependendo de condições ambientais, solo e variedade, manuseio, armazenagem e processamento (Tabela 14). O glúten, matéria protéica do trigo, confere propriedades plásticas à massa procedente da farinha de trigo, ou seja, coesão, elasticidade, plasticidade e tenacidade. As qualidades da massa, adequadas à panificação, dependem da quantidade e qualidade do glúten presente no endosperma. A massa destinada à panificação deve apresentar uma relação adequada entre o glúten e o amido, pois estes formam um tipo de esponja com capacidade para reter os gases produzidos durante a fermentação. Portanto, para obter farinha de boa qualidade para panificação, é necessário que o trigo contenha esses elementos em quantidade e qualidade. Os níveis aproximados de proteína exigidos para vários produtos derivados do trigo, segundo o CERTREM, estão apresentados na Tabela 15.

#### 4.2. Limpeza do Trigo

Ao chegar ao moinho, o trigo contém várias impurezas de diferentes natureza e tamanhos. As máquinas desenvolvidas para remover essas impurezas são conhecidas por utilizarem peneiras, correntes de ar, discos ou cilindros com cortes de tamanhos e formas especiais. Máquinas adicionais, conhecidas como limpadoras, possuem cilindros abrasivos sobre os quais o grão é atirado por batedores. Este tratamento é útil na remoção de sujeiras e fungos. Outra máquina importante é a selecionadora de metais, como pregos, parafusos e outros, que podem danificar o equipamento de moagem.

Tabela 14 – Composição aproximada de alguns grãos de cereais

Componentes	TRIGO	Milho	Arroz	Sorgo
Umidade , % base seca	<b>10,0</b>	15,0	11,4	10,6
Proteínas, (6,25N)	<b>14,3</b>	10,2	9,2	12,5
Gorduras, %	<b>1,9</b>	4,3	1,3	3,4
Fibras, %	<b>3,4</b>	2,3	2,2	2,2
Cinzas, %	<b>1,8</b>	1,2	1,6	2,0
Tiamina, mg.kg <sup>-1</sup>	<b>5,5</b>	4,6	3,2	4,6
Niacina, mg.kg <sup>-1</sup>	<b>63,3</b>	26,6	40,0	48,4
Riboflavina, mg.kg <sup>-1</sup>	<b>1,3</b>	1,3	0,7	1,5
A. pantotênico, mg.kg <sup>-1</sup>	<b>13,6</b>	5,9	7,0	12,5

Tabela 15 – Exigência do conteúdo protéico da farinha de trigo em função do uso

Produto final	Conteúdo de proteína (grãos com 14% de umidade)
Macarrão e massas alimentícias	12,5 ou mais
Pão francês	12,5 – 13,5
Pão doce	12,5 – 15,5
Massa folheada	7,2 – 8,5
Bolachas	7,2 – 8,5

#### 4.3. Secagem do Trigo

Quando colhido com alto teor de umidade, o trigo deve ser secado ou comercializado imediatamente, descontando-se o excesso de umidade.

Comparado ao milho, o trigo é relativamente fácil de secar, pois os teores de umidade durante a colheita estão abaixo daqueles comuns para o milho. No entanto, para as mesmas condições de secagem, o trigo oferece maior resistência ao fluxo de ar do que o milho.

É de fundamental importância a utilização da secagem artificial que não provoque modificações nas propriedades da farinha. O controle adequado das condições do processo térmico, durante a secagem deste cereal, resulta em produto de melhor qualidade. Desconhece-se um método rápido e eficiente que permita detectar, durante a comercialização, os grãos de trigo danificados pelo excesso de temperatura, durante a secagem. Geralmente, todos os sistemas de secagem utilizados para o milho e outros grãos são adaptáveis à secagem do trigo, incluindo a secagem com ar natural em silos. No entanto, é necessário ajustar uma camada mais fina de grãos, para diminuir a resistência ao fluxo de ar.

Nos secadores tradicionais, devido a características de fabricação, torna-se difícil o controle da temperatura dos grãos, o que, geralmente, resulta em gradientes de temperatura e de umidade em locais distintos do secador.

A qualidade da semente de trigo é prejudicada pelo retardamento do início da secagem, que condiciona a semente a uma redução progressiva em sua qualidade fisiológica. Durante o armazenamento, quanto maior o teor de umidade

do grão, mais rápidas serão as alterações provenientes deste retardamento. Quando a capacidade do secador é baixa, as sementes colhidas com teor de umidade elevado podem ser secadas parcialmente e aguardar por maior período de tempo para que a secagem seja finalizada.

#### 4.3.1. Efeitos da Temperatura de Secagem

Na secagem do trigo, devem ser tomados certos cuidados para evitar o aumento excessivo da temperatura. O teor de umidade do grão, a temperatura e o tempo de aquecimento devem ser considerados ao se estabelecerem condições seguras de secagem (Tabela 16).

Tabela 16 – Temperatura máxima de secagem de sementes de trigo em função da umidade inicial

Umidade inicial da semente(%b.u.)	Temperatura máxima do grão (°C)
Acima de 18	32
12 a 18	38
Abaixo de 12	43

Segundo POPINIGS (1985), as sementes podem atingir temperaturas mais elevadas que as indicadas, sem que haja redução imediata em seu poder germinativo. No entanto, sofrem redução no vigor e perdem rapidamente seu poder germinativo durante o armazenamento (Tabela 17). Foi observada também uma correlação entre as alterações nos níveis de proteínas e perdas de viabilidade e qualidade industrial dos grãos, consequentes à secagem em alta temperatura.

A capacidade de germinação é reduzida em temperaturas razoavelmente menores do que as que danificam o glúten. Quando o trigo a 14% b.u. é submetido por 36 minutos a temperaturas entre 70 e 85 °C, causa danos ao glúten. Recomenda-se, portanto, que o trigo a ser fornecido aos moinhos não deve ser secado em temperaturas superiores a 60 °C, e, para sementes, dependendo do tipo de secador, a temperatura não deve ultrapassar 43°C. Na maior parte do processo de secagem, os danos devidos ao calor ocorrem segundo a relação tempo de exposição e temperatura de secagem. Em geral, quando a umidade inicial está baixa, pode-se, até certo ponto, aplicar calor por mais tempo. Quanto mais alto for o teor de umidade inicial, menor deverá ser a temperatura utilizada, a fim de evitar danos térmicos.

Estudos mostram que é possível secar o trigo, sem alterar a qualidade da farinha, quando a temperatura do grão não ultrapassar 58°C. Temperaturas superiores a esta podem modificar a porcentagem de proteínas, reduzir o conteúdo de glúten e alterar as características alveográficas, diminuindo, assim, a qualidade do pão. Recomenda-se, portanto, que as temperaturas não sejam superiores a 65 °C e que o tempo de exposição a esta temperatura seja inferior a 15 minutos.

Tabela 17 – Efeitos imediatos e latentes da secagem intermitente sobre o poder germinativo do trigo

Temperatura de secagem °C	Data da secagem	Porcentagem de germinação				
		Inicial	T1- 28/5	T2- 12/6	T3-26/6	T4-1/8
40	16/4	91	90	-	86	88
50	23/4	92	90	-	89	88
60	24/4	85	89	-	91	85
70	7/5	90	91	-	93	92
80	8/5	93	91		91	92
90	31/5	88	-	76	76	85
100	28/5	59	-	22	43	22

#### 4.4. Armazenamento

A conservação correta dos grãos de trigo recém-colhidos é muito importante sob o ponto de vista econômico/social. Algumas alterações bioquímicas podem afetar o poder germinativo e produzir aquecimento, descoloração, odor característico e toxicidade, tornando o produto impróprio para o consumo humano ou animal.

O armazenamento em silos herméticos ou silos com atmosfera modificada previne o ataque de fungos e insetos. Trabalhos mostram que, independentemente do teor de umidade, o trigo armazenado abaixo de 4°C durante dois meses apresentou ótimas condições e nenhuma contaminação por fungos. Entretanto, observou-se alta infestação por insetos, quando armazenado com teor de umidade de 19 % b.u. e temperatura de 20°C.

A deterioração durante o armazenamento do trigo é promovida, em grande parte, pela ocorrência de danos mecânicos durante a colheita, o transporte e a secagem, pois os fungos atacam preferencialmente os grãos danificados. Esta situação é agravada por fatores ambientais adversos durante o armazenamento, como temperatura, umidade, microrganismos, insetos e ácaros. A umidade e a temperatura destacam-se como os principais fatores que influenciam a conservação dos cereais. Os grãos armazenados em baixa temperatura estão menos sujeitos à deterioração, pois, em um mesmo teor de umidade, a velocidade das reações químicas diminui com a redução da temperatura.

##### 4.4.1. Teor de Umidade Ideal para Armazenamento

Para armazenagem segura, o teor máximo de umidade dos grãos de trigo depende, entre outros fatores, do tipo e período de armazenamento e das condições ambientais. Em geral, os grãos de trigo com umidade de 13% b.u. conservam-se bem em silos pelo período de até um ano e, à medida que o teor de umidade diminui, o período de conservação aumenta. Mantendo-se a umidade da

massa de grãos em 11%, o tempo de armazenamento pode atingir vários anos.

O grão de trigo é um organismo biologicamente ativo e está sujeito às transformações advindas da respiração durante a armazenagem. Umidade, temperatura e oxigênio estão diretamente relacionados com o processo de respiração e geram calor. Esse processo é reduzido a níveis de 14 % b.u. e 20 °C e aumentado com a elevação desses fatores.

Quando o trigo é armazenado com alto teor de umidade, a respiração aumenta, provocando aquecimento gradual na massa de grãos. Este aquecimento acelera o processo respiratório, tornando acumulativo o processo de geração de calor. Assim, com indicação de aumento de temperatura, o sistema de aeração ou transilagem deve ser acionado imediatamente (veja Aeração de grãos).

Com umidade entre 16 e 30 % b.u. o trigo é um substrato ideal para o ataque de fungos. Acima de 30% de umidade ocorrerá o crescimento bacteriano, levando à deterioração do produto e produção de mais calor. Na faixa de 10 a 13% b.u. pode, ainda, ocorrer ataque de insetos, enquanto o produto com umidade abaixo de 10% torna-se menos suscetível aos problemas apresentados.

Os insetos tornam-se mais ativos com a elevação da temperatura na massa de grãos, bem como sua respiração também contribui para aumentar esta temperatura. Neste caso, providências devem ser tomadas no sentido de combater a causa do aquecimento. Para uma mesma temperatura, a umidade relativa do ar intergranular entra em equilíbrio com diferentes umidades de armazenamento (Tabela 18).

Tabela 18 – Umidade de equilíbrio do trigo para a temperatura de 25 °C

Umidade relativa no armazenamento (%)	Teor de umidade do grão (% b.u.)
30	8,6
40	9,9
60	11,8
70	13,8
80	15,8

Como a elevação da umidade relativa intergranular e a temperatura são os fatores que favorecem o crescimento de microrganismos, torna-se mais seguro o armazenamento de grãos com baixos teores de umidade (13% ou menos). As temperaturas máximas de secagem são estabelecidas em função do teor de umidade do grão e da umidade relativa de equilíbrio.

Se, ao chegar ao silo, o teor de umidade do trigo exceder o teor de umidade crítica, os grãos devem ser secados imediatamente.

Os grãos relativamente úmidos podem ser armazenados com segurança em silos herméticos, onde o oxigênio no ar intergranular será rapidamente utilizado, paralisando tanto a respiração quanto a transpiração e eliminando a produção de calor. No entanto, a viabilidade desses grãos é facilmente afetada por

este método de armazenagem, que os torna inadequados para o consumo humano e desaconselháveis para a produção de farinha. A concentração de oxigênio e dióxido de carbono na atmosfera que envolve a massa de grãos também influencia a taxa de respiração. Em condições de umidade e temperatura altas, ocorre a respiração anaeróbica com formação de compostos intermediários, como fenóis e álcoois, que depreciam o produto.

#### 4.5 - Classificação

O trigo será classificado em Tipo Único, definido em função do percentual de ocorrência de defeitos (impurezas, matérias estranhas, grãos verdes e grãos germinados), da umidade e do peso hectolítico.

O peso hectolítico (PH) tem grande importância comercial, pois oferece uma indicação sobre a quantidade de farinha que poderá ser extraída do trigo, e, consequentemente, os preços serão baseados nesta característica. O peso básico para o trigo limpo, cujo teor de umidade é 13% b.u., é 78 kg por hectolitro ou PH 78. Durante o processo de secagem pode ocorrer alguma alteração; quanto mais alta a temperatura, menor será o peso hectolítico numa mesma faixa de umidade final.

Para definir o tipo de trigo, serão considerados os limites máximos de tolerância para defeitos/tipo, umidade e peso hectolítico estabelecidos na Tabela 19. O produto que não atender os limites de tolerância será classificado como “Abaixo do Padrão”, mas poderá ser expurgado, rebeneficiado, desdoblado e recomposto para efeito de enquadramento em tipo.

O trigo que apresentar os itens a seguir será desclassificado e sua comercialização proibida para consumo humano e animal:

- mau estado de conservação, incluindo processos de fermentação e mofo;
- odor estranho de qualquer natureza, impróprio ao produto;
- presença de sementes tóxicas (mamona e outras), que sejam prejudiciais à utilização normal do produto; e
- substâncias nocivas à saúde.

O trigo que, após o rebeneficiamento, estiver isento de qualquer dos itens mencionados anteriormente poderá ser comercializado.

Tabela 19 – Limites máximos de tolerância de defeitos/tipo e PH para trigo

Tipo	Umidade % b.u	Impurezas/matérias estranhas, germinados e verdes	Peso Hectolítico (PH) ou kg/ 100l
Único	13,0	1,0	65 (mínimo)

## 5. SECAGEM E ARMAZENAGEM DE CACAU

O cacau comercial resulta de um conjunto de operações unitárias pelas quais passam as amêndoas dos frutos do cacaueiro. Essas operações têm por finalidade modificar as características das amêndoas frescas, de modo a lhes conferir sabor e aroma característicos de um produto de boa qualidade e um teor de umidade adequado ao armazenamento.

Inicialmente as amêndoas são retiradas dos frutos com a mucilagem que as recobre e colocadas em caixas de madeira para fermentar. Durante a fermentação, que dura entre seis a sete dias, os açúcares da polpa mucilaginosa são inicialmente convertidos em álcool e, posteriormente, com o aumento da temperatura, o álcool é convertido em ácido acético. Durante a fermentação, inicia-se o processo de desenvolvimento do sabor e aroma nas amêndoas, o qual deve continuar, numa secagem bem conduzida.

Sabe-se que a secagem é uma etapa importante no processo de beneficiamento de qualquer produto agrícola, por garantir um armazenamento seguro. No caso específico do cacau, tem importância especial por definir a qualidade do produto.

Após a fermentação, o lote de amêndoas é transferido para o secador, para que seu teor de umidade, inicialmente na faixa de 55 a 65% b.u., seja reduzido a um valor seguro para armazenagem, igual ou inferior a 8% b.u. A secagem deve ser conduzida de modo a reduzir o teor de umidade e também permitir a continuação das reações bioquímicas responsáveis pela formação do sabor e aroma do chocolate. Uma secagem bem feita permite que se retire, por volatilização, grande parte do ácido acético, reduzindo a acidez das amêndoas.

### 5.1 - Cuidados na Secagem

Para o desenvolvimento de um produto de alta qualidade, devem-se secar as amêndoas do cacau gradativa e uniformemente, sem elevações bruscas na temperatura. Altas temperaturas devem ser evitadas porque ativam as reações bioquímicas prejudiciais à qualidade do cacau, principalmente pela degradação dos produtos responsáveis pelo desenvolvimento do aroma e sabor do chocolate, e, ainda, evitam a retenção de ácido acético. Não existe consenso na literatura, mas admite-se que a temperatura de 70°C seja o limite superior de tolerância a que as amêndoas podem ser submetidas durante a secagem. Para uma secagem uniforme, tanto em secadores de alta temperatura quanto em secadores de plataforma ou barcaças, o produto deve ser revolvido periodicamente. Este revolvimento, no entanto, quase sempre causa danos mecânicos e quebras de amêndoas, devendo, portanto, ser feito o mínimo de vezes possível e de maneira apropriada.

A formação de mofo no exterior das amêndoas não causa maiores problemas, pois a casca é retirada durante o processo industrial. No entanto, se os cotilédones forem invadidos, o sabor do chocolate será afetado. Assim, devem ser evitados danos que facilitem a penetração de patógenos. No caso de formação de mofo durante a secagem, o que ocorre principalmente nas barcaças, deve-se remover o mofo da superfície das amêndoas imediatamente. Na prática, esta

operação é feita pelo pisoteio das amêndoas previamente umedecidas.

Finalmente, deve-se ter muito cuidado com a possível contaminação do produto por fumaça. O cacau possui gorduras especiais, que têm a propriedade de reter os odores a que são expostas. O cheiro de fumaça é considerado um defeito no produto comercial e abaixa sua classificação. No Brasil é proibida a exportação de cacau com cheiro de fumaça, o que favorece a competição deste produto no mercado internacional. A instalação de residências de trabalhadores sob os lastros das barcaças de secagem, que é feita por medida de economia, é totalmente condenada porque, quase sempre, implica a contaminação do cacau por cheiro de fumaça proveniente de cozinhas. Os secadores comumente usados são freqüentemente citados como fonte de contaminação, quer por sua característica construtiva, quer pelo manejo inadequado.

## 5.2. Secagem com Ventilação Natural

É realizada pela exposição das amêndoas aos raios solares. Há, neste caso, vantagens econômicas com investimentos em equipamentos e utilização de energia. Entretanto, a capacidade de secagem é influenciada pelas condições atmosféricas, podendo prejudicar a qualidade do produto, uma vez que podem provocar a deterioração das amêndoas. Quando mofam durante a secagem, é prática comum agrupar as amêndoas em pequenos montes e, depois de borrifadas com um pouco de água, submetê-las a um pisoteio, para retirada do "mofo cinza". Esta prática deve ser feita o mais próximo possível do final da secagem, quando o teor de umidade das amêndoas estiver entre 12 e 15% b.u., reduzindo ao máximo as quebras. Com as variações de temperatura entre o dia e a noite, surge outro problema, inexistente em outros processos de secagem, que é a aderência da casca aos cotilédones das amêndoas, causando grandes problemas para a indústria.

O período de secagem dura em média 10 dias, dependendo das condições ambientais. Para maiores períodos, o cacau começa a perder as características de sabor e aroma, prejudicando a qualidade do produto final.

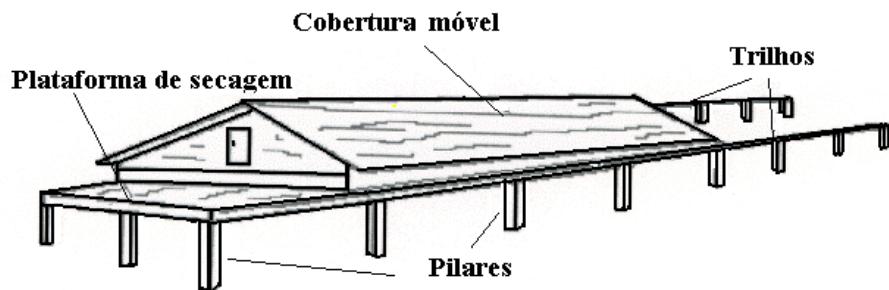
### 5.2.1. Secador Barcaça ou Plataforma

Consiste, basicamente, de uma plataforma de madeira, fixa, denominada lastro. Possui uma cobertura móvel, geralmente constituída por telhado de chapas metálicas montado sobre rodas que giram sobre trilhos. O lastro e os trilhos são montados sobre pilares de concreto ou alvenaria, com espaçamento entre 2 e 3 metros. As barcaças (Figura 21) são construídas isoladamente ou em conjunto com as casas de fermentação, os secadores, depósitos e armazéns. É recomendável, como dito anteriormente, não construí-las em conjunto com moradias, para evitar a contaminação das amêndoas pela fumaça proveniente de fogões a lenha.

Na barcaça, após a fermentação, a massa de amêndoas é espalhada por todo o lastro em camada com aproximadamente 5 cm de espessura, correspondente a uma carga média de 35 kg de cacau úmido por metro quadrado de área de secagem (Tabela 20).

Depois de espalhadas no lastro da barcaça, as amêndoas devem ser,

periodicamente, revolvidas com um rodo de madeira, para uniformizar a umidade no perfil da camada e proporcionar uma secagem homogênea. De modo semelhante à secagem do café em terreiros, devem-se expor faixas do lastro ao sol, para perder a umidade recebida das amêndoas. Quando se apresentam secas, estas faixas são cobertas com as amêndoas, liberando aquelas faixas anteriormente ocupadas, para submetê-las ao mesmo tratamento.



**Figura 21 – Secador barcaça ou de plataforma.**

**Tabela 20 – Área e capacidade anual de secagem em barcaças, para diferentes dimensões de lastro**

Dimensões do lastro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Capacidade média (kg.ano <sup>-1</sup> )
3,0 x 6,0	18	4000
4,0 x 8,0	32	7000
5,0 x 10,0	50	12500

### 5.2.2. Balcões de Secagem

Nos secadores tipo balcão a cobertura é fixa. É composto por vários lastros em forma de gavetas com rodas de ferro ou madeira, que deslizam sobre corredeiras de madeira ou trilhos de ferro. Não muito difundida, o uso desta técnica limita-se aos pequenos produtores

### 5.3. Secagem em Alta Temperatura

Na maioria das áreas brasileiras produtoras de cacau, principalmente no sul da Bahia, principal região produtora do Brasil, a colheita coincide com os meses de maior ocorrência de chuvas, onde são freqüentes chuvas repentinas e a baixa insolação.

Em condições adversas, a secagem em barcaças ou em balcões torna-se lenta, propiciando o desenvolvimento de fungos na superfície externa das amêndoas, com risco de contaminação interna (defeito que prejudica a qualidade do cacau) ou mesmo deterioração do produto. Além de solucionar tais problemas, a secagem em alta temperatura é usada para manter o volume de produção. Assim, em adição ao uso das barcaças, muitos produtores possuem também secador mecânico com ar aquecido em alta temperatura.

Como o desenvolvimento do sabor e do aroma continua após a fermentação, é aconselhável que a secagem em alta temperatura seja precedida em dois a três dias pela secagem em barcaças, visando finalizar o processo e reduzir o consumo de energia.

Durante a secagem, os revolvimentos devem ser feitos em intervalos regulares de uma hora, e a alimentação da fornalha deve ser feita com regularidade. Dependendo do secador, a espessura da camada de amêndoas não deve ser superior a 10 cm, evitando-se assim grandes variações na temperatura e no teor de umidade ao longo da espessura da camada.

A temperatura do ar de secagem constitui fator de primordial importância, uma vez que durante o processo de secagem as reações bioquímicas são intensificadas com o aumento da temperatura, podendo prejudicar a qualidade do cacau. Além disso, pode haver supersecagem, antecipando o processo industrial, tornando o produto quebradiço e, consequentemente, prejudicando a qualidade. Portanto, a temperatura deve subir lentamente e não ultrapassar 60°C até que o processo seja completado.

A secagem artificial em alta temperatura pode ser feita em secadores de vários tipos e capacidades, dependendo do tamanho e da característica da propriedade agrícola. Uma condição essencial é que o produto da combustão nunca entre em contato com as amêndoas, evitando, dessa forma, impregná-las com o cheiro de fumaça.

### 5.3.1. Secador por Convecção Natural

É um secador tradicionalmente usado nas lavouras cacauzeiras da Bahia. Construído em alvenaria, pode ser elemento único ou estar associado a um secador-barcaça. Encontrado nas dimensões de 4 x 4 m, 5 x 5 m ou 6 x 6 m, é formado por uma câmara plenum acima do nível do solo, sobreposta por um piso em ripas ou em chapas perfuradas, formando a câmara de secagem. Possui ainda uma fornalha conectada a um tubo metálico (trocador de calor), instalado longitudinal e horizontalmente sobre o primeiro piso. O tubo atravessa toda a câmara plenum e sua extremidade oposta à fornalha é ligada a uma chaminé, construída do lado de fora do secador (Figura 23, capítulo 5 – Secagem e Secadores).

A lenha queimada na fornalha produz gases quentes que passam ao longo do tubo, sobem pela chaminé e saem para a atmosfera. O fluxo destes gases é controlado por um registro do tipo borboleta, localizado na base da chaminé. Durante a passagem dos gases pelo tubo, parte do calor é transferida para o ar da câmara plenum, tornando-o menos denso e mais seco. O produto úmido é colocado sobre o piso perfurado e secado pelo ar quente, que sobe por convecção natural (diferença de densidade).

Aberturas nas paredes da câmara plenum, localizadas na parte inferior do primeiro piso, permitem a entrada do ar que passa pela camada de cacau. O sistema de aproveitamento do calor nestes tipos de instalações é ineficiente. Além disso, este secador tem grandes dimensões, encarecendo o custo de secagem. Nessas instalações pode ocorrer a produção de cacau de baixa qualidade, devido

aos riscos de contaminação pela fumaça, em caso de danos no trocador de calor.

O desempenho dos secadores por convecção natural pode ser melhorado com a introdução de ventilação forçada, adaptando-se um ventilador na câmara de aquecimento de ar. No entanto, deve-se verificar se o custo desta adaptação é compensado pelo aumento da capacidade dinâmica do secador.

### 5.3.2. Secador Plataforma CEPEC

Este secador é, em alguns pontos, semelhante ao secador de leito fixo, modelo UFV. É composto por uma fornalha com sistema de aquecimento indireto (trocador de calor), que aquece o ar de secagem; um ventilador axial para insuflar o ar através da fornalha e do produto; e uma câmara de secagem com fundo em chapas perfuradas e formato retangular.

O cacau é secado em camadas espessas de até 30 cm durante aproximadamente 50 horas. A possibilidade de adaptação de divisórias na plataforma de secagem confere grande versatilidade a este secador, como carga variável, secagem simultânea de diferentes produtos e secagem de um mesmo produto com diferentes teores de umidade inicial.

A carga variável pode ser utilizada devido ao fato de haver necessidade da secagem artificial no início da safra temporânea, que, além de escassa, é irregular. Nesse secador é usada uma fornalha que não permite o contato entre o ar de secagem e os gases de combustão da lenha que saem pela chaminé. No entanto, como na maioria dos secadores de fogo indireto, há risco de danos nos trocadores de calor, possibilitando a contaminação do produto por cheiro de fumaça. Este problema pode ser solucionado por meio de adaptação de fornalha com autocontrole de temperatura (Figura 4, capítulo 8 – Energia no Pré-processamento de Produtos Agrícolas).

### 5.3.3. Secador Rotativo Vertical

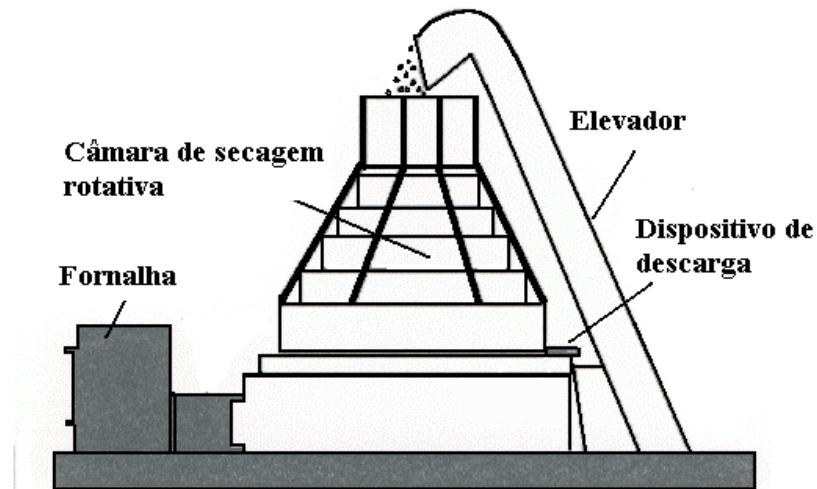
Este secador consiste basicamente de uma plataforma horizontal, circular e estacionária, sobre a qual é montado um conjunto de anéis concêntricos e elevados, formando um tronco de cone. Acima deste existe um cilindro de aproximadamente 1,2 m de altura, formando a câmara de descanso do secador.

Com movimento giratório lento, o conjunto (câmara de secagem - câmara de descanso) permite realizar a descarga do produto por meio de um pequeno espaço entre a plataforma e o tronco de cone. O secador é carregado com o produto (cacau, café etc.) pela parte superior (câmara de descanso), por meio de um elevador de canecas (Figura 22).

Durante a operação, as amêndoas de cacau, que estão entre o cone e a plataforma fixa, são descarregadas como uma camada fina, por meio de um raspador que joga o produto no elevador de caçambas, para recirculação. Como o produto movimenta-se continuamente de cima para baixo e o ar de secagem atravessa perpendicularmente a massa de cacau, esse secador rotativo é classificado como de fluxos cruzados. Muito utilizado na secagem de café, é fabricado para capacidades que variam de 2.400 a 9.500 kg de cacau úmido.

A secagem ocorre em aproximadamente 36 horas; para maior eficiência, o

secador deve funcionar, sempre que possível, com a carga máxima



**Figura 22 – Secador rotativo vertical.**

## 6. CURA E ARMAZENAGEM DE CEBOLA

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das hortaliças mais antigas e mais cultivadas em todo o mundo, devido mais às características condimentares decorrentes de sua composição química do que de suas características alimentares. No Brasil, a produção de cebola concentra-se no Sul, Centro-Sul e Nordeste.

A oferta desse produto flutua muito, principalmente quando há sobreposição da produção em determinadas épocas, com consequências negativas sobre o preço ao produtor, que, desestimulado, deixa de produzir. Invertendo-se a situação, o problema se transfere para os consumidores. O aprimoramento, ou mesmo o uso de técnicas alternativas que visem melhorar a conservação da cebola, torna-se indispensável para a solução deste problema.

Dados oficiais mostram que, com o emprego das técnicas tradicionais de manipulação da cebola, o Brasil perde entre 40 e 50% da produção anual. Além de fatores como condições do clima, solos, técnicas de cultivo e tratamentos fitossanitários, as técnicas de colheita e pós-colheita têm influência decisiva sobre capacidade de conservação do produto. Uma possibilidade de aproveitamento do produto, em épocas de grande produção, seria o incentivo à industrialização do excedente, como, por exemplo, a produção de cebola desidratada. Outra possibilidade seria o aprimoramento de técnicas como a cura artificial, utilizando secadores, garantindo um produto de melhor qualidade e que suporta maior tempo de armazenamento.

### 6.1. Colheita

A colheita antecipada torna a cura difícil e demorada. Como o colo da cebola não está totalmente fechado, as folhas interiores continuam crescendo, resultando em produto com mau aspecto. Em colheitas muito tardias e principalmente em condições de chuva ou umidade acentuada, os bulbos podem

perder as túnica externas, o que deprecia seu valor comercial, além de torná-los altamente suscetíveis à podridão. É recomendável iniciar a colheita quando, no mínimo, 60% das plantas estiverem "estaladas". Em climas úmidos, é preferível colher o produto antes que a folhagem tenha murchado totalmente e completar artificialmente a secagem e a cura em locais apropriados.

### 6.2. Perecibilidade

Como é um produto agrícola de alta perecibilidade, contendo aproximadamente 90% de água, a cebola exige condições especiais de armazenagem, pois os processos fisiológicos continuam após a colheita, necessitando de ambiente apropriado para que se mantenha o estado de dormência por tempo prolongado. Durante a colheita, a manipulação e o transporte inadequados, os bulbos podem sofrer uma série de danos, que provocam aumento na taxa de respiração, aceleram a perda de peso, estimulam a podridão e podem estimular o brotamento prematuro. Tais danos devem ser evitados, para que se possa obter armazenagem segura por maiores períodos de tempo.

Além de outros fatores, a dormência da cebola depende da taxa de respiração. Em caso de interrupção ou quebra dessa dormência, o brotamento é quase inevitável. Quando a velocidade de escoamento for prejudicada, em período de safra, é recomendável procurar recursos que garantam o estado de dormência por tempo mais prolongado. Em condições normais, esse tempo é de aproximadamente um mês.

### 6.3. Cura

Como a maioria dos produtos agrícolas, as características adequadas ao armazenamento da cebola dependem da relação entre a quantidade de água e a matéria seca. Quanto maior a quantidade de matéria seca do bulbo, maior será a capacidade de armazenagem. As variedades com baixo potencial de conservação caracterizam-se pela casca de cor clara e pelo baixo conteúdo de matéria seca (8 a 9%), por serem menos picantes e mais propensas ao amolecimento e murchamento, devido às elevadas perdas de peso após a colheita. Estas características são opostas àquelas encontradas nas cebolas suscetíveis a um armazenamento mais prolongado.

A cura é um processo fundamental para preservação da cebola. Consiste em secar as partes externas, como raízes, pESCOÇO e túnica, permitindo, até certo ponto, isolar os bulbos do ambiente, minimizar a perda de umidade e a possibilidade de infecção por agentes causadores de podridão, além de propiciar o desenvolvimento da coloração característica. A perda de massa durante a armazenagem é causada pelo consumo de reservas durante a respiração e pela perda de água. Como pode ser visto no capítulo 18 – Armazenamento de Frutas e HORTALIÇAS, a perda de água dos produtos perecíveis (frutas e hortaliças) é o principal fator de deterioração durante o armazenamento.

Em cebola, a perda de água ocorre principalmente pelo ponto de inserção do pseudocaule (colo). Entretanto, após realizado o processo de cura, as condições físicas da película externa passam a ser responsáveis pela perda de água. Assim,

dentre os diferentes fatores que interferem na qualidade fisiológica da cebola, a cura merece atenção especial, por influir decisivamente no poder de conservação do produto.

A secagem e a cura são os principais processos envolvidos no preparo da cebola, para o armazenamento em condições naturais. A secagem consiste na redução do excesso de umidade das partes externas do bulbo (túnica externa, pescoço e raiz), enquanto a cura propriamente dita promove o desenvolvimento da coloração da casca. Como a cura começa antes de completar a secagem, estes dois processos são freqüentemente denominados "cura". O ponto final de cura é definido pelo fechamento do colo (ou pescoço) do bulbo e pela secagem das películas externas que farfalham ao toque, condição esta alcançada quando a cebola perde entre 3 e 5% de seu peso. Numa cura bem feita, o teor de umidade da película externa deve estar abaixo de 16%. Nestas condições, as perdas de peso durante a armazenagem serão controladas pela relativa impermeabilidade das películas externas ao vapor d'água.

Embora a necessidade e as vantagens da cura sejam reconhecidas, ainda não foram determinados os parâmetros que indicam a condição de cebolas adequadamente curadas. O Teste de Passagem de Vapor D'água (TPVA) permite avaliar a passagem de vapor através de amostras de túnica secas, possibilitando o estabelecimento de índices para avaliação da eficiência da cura e acompanhamento da conservação posterior. Agricultores experientes utilizam características como o estado de desidratação do pescoço e das túnica externas para determinar o grau de cura. Em geral, o pescoço deve estar seco e firme e as películas externas devem estar com cor intensa, secas e quebradiças. A perda de peso (3 a 5%) pode variar de acordo com o estado de maturação na colheita, a umidade do solo durante o crescimento, a época de colheita, o grau de cura natural e a proporção de tecidos curados.

Cebolas colhidas em condições úmidas ou com tecidos externos verdes podem perder até 13% de peso. Para a cebola destinada ao consumo imediato não é necessária a cura total, mas a chamada "meia cura". Quando ela é destinada a mercados distantes ou quando se deseja conservá-la por períodos de tempo mais prolongados, a cura completa e bem feita torna-se indispensável.

Amadurecimento normal e cultura livre de pragas e doenças são condições necessárias para o armazenamento satisfatório de cebolas. A viabilidade econômica do armazenamento e a manutenção das qualidades fisiológicas por tempo prolongado devem ser analisadas, visando aos interesses de produtores e consumidores.

### 6.3.1. Cura ao Sol

A cura ao sol (natural) é feita diretamente no campo. Uma vez colhidas, as cebolas são dispostas em fileiras de modo que as folhas de uma fileira cubram parcialmente os bulbos da fileira seguinte, evitando assim a incidência direta da radiação solar sobre os bulbos. A incidência direta dos raios solares pode causar queimaduras ou promover o desenvolvimento de clorofila, que depreciam muito a qualidade do produto para comercialização. O período da cura ao sol é geralmente

de dois dias e, dependendo das condições atmosféricas, pode chegar a mais de uma semana. Em épocas chuvosas, as cebolas devem ser colocadas para secar sobre um estrado feito com ripas de madeira ou com tela metálica, abrigadas da chuva, de modo a não absorver umidade.

### 6.3.2. Cura à Sombra

A cura à sombra processa-se em galpões secos e bem ventilados, onde as plantas permanecem até as folhas secarem. A permanência das folhas na planta favorece a perda de umidade. As plantas de cebola geralmente são colocadas em estruturas de madeira com a forma de "V" invertido, ou em estrados com fundo telado, de maneira a permitir a livre circulação do ar. A cura à sombra pode ser também uma prática complementar da cura ao sol, quando as condições do clima não são favoráveis. Este método é inconveniente para locais onde a umidade relativa não é suficientemente baixa ( $UR < 75\%$ ) para secar os bulbos, dificultando assim a perda de umidade necessária a uma cura satisfatória em tempo razoavelmente curto. No Brasil, ainda é muito comum o uso de revestimento da cebola, que é também entendido como cura à sombra.

### 6.3.3. Cura em Secador de Leito Fixo

O método de cura artificial mais difundido utiliza um fluxo de ar que é aquecido e forçado a passar através da massa de produto em camada estacionária. A profundidade da camada de cebola dentro do secador não deve ultrapassar dois metros, para evitar danos mecânicos. Neste tipo de secador ou silo, a cura termina quando os bulbos da superfície da camada estiverem completamente curados. A cura artificial em camada estacionária pode ser realizada em poucas horas ou dias. As condições ambientais e os processos anteriores estabelecem o tempo da cura propriamente dita. Experiências comprovam que são necessárias temperaturas acima de 21 °C para o desenvolvimento da coloração do bulbo. Processos de cura a 52°C por 24 horas, 46°C por 30 horas e 40°C durante 5 dias causaram sérios danos aos bulbos. De modo geral, os danos não são perceptíveis logo após a cura. Posteriormente, porém, ocorrem excessiva perda de peso, aumento na freqüência de películas externas rachadas e perda destas, decomposição interna e amolecimento dos tecidos da região do pescoço. Acredita-se que a temperatura máxima utilizada na cura seja influenciada pelas condições climáticas nas quais as cebolas se desenvolveram.

Como recomendação geral, temperatura em torno de 30°C e umidade relativa a 65% podem ser uma condição indicada como ideal para cura, com tempo médio de uma semana, dependendo da pré-cura natural no campo. A umidade relativa do ar de secagem não deve exceder 75%.

O ciclo da cura abrange um período inicial, caracterizado por decréscimo acentuado no teor de umidade (primeiros 3 a 5 dias de secagem), e um período final, em que o teor de umidade decresce lentamente (cura propriamente dita). Recomenda-se, em geral, a manutenção de fluxos de ar entre 3 e 7  $m^3 \cdot min^{-1} \cdot t^{-1}$ , para o primeiro e segundo períodos, respectivamente.

#### 6.4. Armazenamento

Além de passar pelo armazenamento tradicional por períodos curtos, a cebola pode ser mantida em armazéns com atmosfera controlada e sob refrigeração. Entende-se como atmosfera controlada as condições existentes num ambiente cujas instalações possibilitem, pelo menos, controlar a vazão, temperatura e umidade relativa do ar, com o mínimo de variações. Trabalhos têm mostrado que, mantendo-se a umidade relativa baixa, embora ocorrendo perda de peso um pouco mais acentuada, obtém-se retardamento e diminuição acentuada no brotamento de alguns cultivares de cebola.

O armazenamento em baixas temperaturas permite a oferta do produto com todas as suas qualidades, em qualquer época do ano, e garante a estabilidade de preços no mercado consumidor. A vida útil das cebolas, conforme visto anteriormente, depende das condições de cultura, da colheita, do tratamento pós-colheita e dos tipos de cultivares. Em geral, os cultivares com maior teor de matéria seca prestam-se melhor ao armazenamento prolongado em qualquer ambiente, empregado na armazenagem de cebola. O cultivar Baía Periforme, que pode ser mantido por 90 dias em condições ambientais normais, pode permanecer por mais de 140 dias a 0°C sem sofrer qualquer tipo de danos.

A estabilidade de armazenagem da cebola, assim como de qualquer perecível, está muito relacionada ao pré-resfriamento do produto (capítulo 18 – Armazenamento de Frutas e Hortaliças). O pré-resfriamento consiste na diminuição da temperatura de colheita até atingir a temperatura de armazenagem, sob determinadas condições de umidade relativa ambiental e num tempo máximo de 24 horas. Para o caso específico da cebola, as condições ambientais ideais de armazenagem são 0 °C e umidade relativa em torno de 75%. A ocorrência de variações por pequenos períodos, ou seja, + ou - 5% na umidade relativa e + ou - 2 °C na temperatura do ar ambiente, não prejudica a estabilidade de armazenagem, e a umidade relativa muito inferior a 70% pode causar excessiva perda de peso. Até certo ponto, quanto mais alta a umidade relativa, maior será a eficiência de manutenção da qualidade dos bulbos.

### 7. SECAGEM E ARMAZENAGEM DE FENO

Dentre os diversos sistemas de alimentação do rebanho de grandes animais, a alimentação volumosa forrageira se destaca, principalmente por razões econômicas. O nível de produção de forrageiras não é constante, sendo alto no período chuvoso e baixo no período seco. O excedente de material verde, produzido na época chuvosa, pode ser usado na forma de silagem ou feno, para suprir a deficiência das pastagens no período seco do ano.

Silagem é o processo de conservação da forragem por fermentação com elevado teor de umidade e em local hermético. Já o feno é obtido pela secagem da forragem verde, realizada no campo e/ou em secadores. Neste capítulo serão enfocados apenas os aspectos de engenharia envolvidos na produção e armazenagem do feno.

### 7.1. Características Gerais da Fenação

Para a maioria dos autores, a melhor época para o corte da forrageira destinada à produção de feno é o início da floração, uma vez que a partir desta época ocorre redução em digestibilidade e valor nutritivo, sem haver aumento apreciável de rendimento. A qualidade do feno não depende apenas da fase de desenvolvimento da planta, mas também das condições ambientais e da maneira como se dá a manipulação da forrageira no momento do corte. A planta ceifada demasiadamente exposta ao sol e à chuva perde grande quantidade de nutrientes, enquanto a manipulação excessiva resultará em perda de grande parte das folhas. Chuva, respiração e atividades microbianas são, dentre outros, os fatores que mais influenciam a redução da qualidade do feno.

Para ser de qualidade, o feno deve garantir boa digestibilidade, boa quantidade de proteína e grande quantidade de matéria seca. Deve ainda possuir coloração esverdeada, hastes macias e flexíveis, grande quantidade de folhas, cheiro agradável e não estar contaminado por substâncias estranhas ou fungos.

### 7.2. Técnicas de Produção de Feno

A produção de feno compreende as seguintes etapas básicas:

- corte;
- pré-secagem e/ou secagem;
- recolhimento; e
- armazenamento.

Dependendo da tecnologia empregada, estas etapas podem apresentar diferentes aspectos. Apresenta-se a seguir uma abordagem resumida destas etapas, com atenção especial para a secagem e o armazenamento.

#### 7.2.1. Corte da Forragem

Pode ser feito manual ou mecanicamente. Os implementos utilizados são genericamente denominados segadoras. Há dois tipos de segadoras:

- a) **Segadoras alternativas** (comercialmente denominadas ceifadeiras ou barras ceifadeiras): promovem o corte pela ação de uma barra de corte alternativa e um conjunto de dedos fixos. As segadoras alternativas podem ser do tipo segadora-condicionadora, que, além do corte, promove um certo "esmagamento" da forragem, facilitando a secagem. Este efeito é obtido pela passagem do material entre cilindros, reduzindo a diferença entre as taxas de secagem de folhas e caules.
- b) **Segadoras rotativas ou roçadeiras**: promovem o corte pela ação de facas rotativas, por impacto. Apesar de provocar maiores danos mecânicos à forrageira, este sistema facilita a etapa de secagem.

#### 7.2.2. Revolvimento/Enleiramento no Campo

O revolvimento é feito para acelerar a secagem e o enleiramento, a fim de facilitar o recolhimento, que pode ser feito manual ou mecanicamente. Os implementos de tração mecânica que realizam estas operações são os ancinhos mecânicos.

### 7.2.3. Recolhimento

Pode também ser feito manual ou mecanicamente. Há dois tipos básicos de máquinas que realizam esta etapa: as recolhedoras simples e as recolhedoras-enfardadoras.

### 7.3. Secagem no Campo

Por ocasião do corte, as plantas apresentam alto teor de umidade, geralmente entre 80 e 85% b.u., que é reduzido rapidamente para valores próximos a 65% b.u., devido à perda de água superficial.

O tempo de exposição no campo depende de condições climáticas, como a incidência de sol e vento, temperatura e umidade relativa do ar. Para as condições brasileiras, dois dias de exposição, em média, são suficientes para a retirada de aproximadamente 40 pontos percentuais de umidade. Deve-se ter cuidado para que a forragem não reumedeça, em virtude da ação da chuva ou do sereno. A ação do sereno pode ser minimizada enleirando-se o produto durante a noite e removendo ou espalhando a leira, novamente, no dia seguinte.

### 7.4. Uso de Secadores

Por razões econômicas, a secagem em secadores só é viável quando as condições atmosféricas não permitem o preparo no campo ou quando há facilidade de energia. Para evitar o emboloramento, a operação de secagem deve ser realizada no tempo máximo de uma semana. Mesmo onde as condições atmosféricas permitem, o feno de leguminosa deve ser preparado em secadores.

Neste caso, o material será armazenado antes de perder partes das folhas, o que acontece com o feno preparado apenas no campo. A secagem feita em secadores com ar aquecido evita uma perda apreciável de elementos nutritivos, consequência da fermentação durante o processo de fenação. Estudos têm mostrado perda de até 10% da matéria seca quando o feno é secado apenas sob condições de ar ambiente.

Em face da impossibilidade de processar a secagem com secadores de fluxos concorrentes, contra-correntes, em cascata ou em fluxos cruzados, normalmente utilizados para grãos, apenas o secador de camada fixa pode ser usado para fenação. O secador de camada fixa desenvolvido na UFV e apresentado na Figura 12 (capítulo 5 – Secagem e secadores) vem sendo usado para secagem de feijão em rama, na desidratação da cana e no preparo do feno. Como a secagem de outros produtos agrícolas, a do feno pode ser feita com ar natural ou levemente aquecido. Como neste caso o incremento de temperatura é pequeno, é possível a utilização da energia solar nessa operação.

Apesar da existência de alguns trabalhos sobre a secagem de feno em temperaturas superiores a 50°C, o risco de incêndio, o alto consumo de energia e as perdas na qualidade desaconselham a utilização de temperaturas elevadas.

Para a secagem em secadores, devem ser obedecidos os seguintes passos:

- cortar o material verde;
- expor o produto ao sol, durante um certo intervalo de tempo, para que ele atinja 40% de umidade, aproximadamente; e

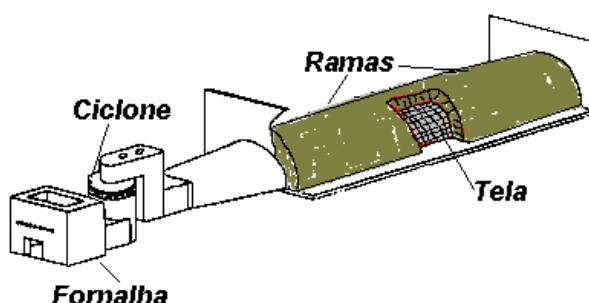
- levar o produto ao secador (picado em pequenos pedaços, em rama, como de origem, ou em forma de fardos).

A secagem em secadores forma uma frente de secagem na massa de produto, até que a última camada esteja seca ou em equilíbrio com o ar de secagem. Caso seja possível, é recomendável fazer o revolvimento do material para quebrar os gradientes de temperatura e umidade da camada de feno. Este revolvimento deverá ser determinado em função da temperatura e do fluxo de ar e da umidade inicial do produto. Caso se utilize o secador em camada fixa, modelo UFV, os parâmetros de operação deverão ser os seguintes:

- temperatura do ar: 50°C;
- forma: picado ou esmagado;
- camada (sem compactação): 50 cm; e
- revolvimento da camada: a cada 120 min.

Um secador mais simples, também desenvolvido na UFV (Figura 23) para a secagem de feijão em ramas, pode ser usado para a secagem de feno não-picado. Este secador é construído de tal forma que pode ser desmontado após a utilização. Com isso, grande parte do galpão pode ser usada para outros fins, quando o secador não estiver sendo utilizado.

Preferencialmente, por questão de eficiência energética, a fornalha para aquecimento do ar, para a secagem de feno, deve ser de aquecimento direto. No entanto, a construção do ciclone exige atenção especial, a fim de prevenir a injeção de fagulhas na massa de produto, que podem provocar incêndios.



**Figura 23 – Secador para secagem de feijão em ramas e feno não-picado.**

### 7.5. Armazenamento do Feno

O feno secado a 25% b.u., dependendo das condições climáticas, pode ou não ser armazenado em campo coberto, em barracões ou armazéns.

No decorrer da armazenagem, o produto exposto à ventilação natural ou forçada deve perder umidade até aproximadamente 15% b.u., o que garantirá boa condição de estocagem. O feno originário de plantas em estádio inicial de desenvolvimento deverá ser armazenado com menor teor de umidade (cerca de

12% b.u.), porque seu alto teor de açúcares poderá favorecer as fermentações.

Como se trata de um material de fácil combustão, todos os cuidados dispensados aos materiais inflamáveis devem ser aplicados à estocagem do feno.

## 8. LITERATURA CONSULTADA

1. ALMEIDA, B.V. **Determinação de propriedades físicas de amêndoas de cacau** (*Theobroma cacao* L.). Viçosa - UFV. Imprensa Universitária. 1979.
2. APELAND, J. Effects of scale quality on physiological processes in onion. *Acta Horticulturae* 20:72-79, 1971.
3. BAKKER-ARKEMA, F. W.; BROOK, R.C. and LEREW, L.E.; Cereal Grain Drying. Advances in: Advances in Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul Minnesota, Vol. II, 90 W p, 1978.
4. BAKKER-ARKEMA, F.W. Selected aspects of crop processing and storage: a review. *Journal of Agricultural Engineering Research*. London, 30(1):1-22, July, 1984.
5. BARTHOLO, G.F., MAGALHÃES FILHO, A.A.R., GUIMARÃES, P.T.G., CHALFOUN, S.M. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. *Informe Agropecuário*, v.14, n.162, p.33-44, 1989.
6. BLEDSOE, B.L., SHOULDERS, S. & HITCH, J.W., **Rapid solar heated forced-air drying of large round hay bales**, ASAE, 1985.
7. BLEDSOE, B.L. & HITCH, J. W., **Drying large hay bales with solar heated air delivered by electrically powered fans**, University of Tennessee, 1986.
8. BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Portaria nº 304, 19/12/1990. **Classificação do trigo**. Brasília-DF.
9. BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W. & HALL, C. M. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport, AVI, 1992. 450p.
10. BUFFINGTON, D. E. Artificial curing and storage of Florida onions. *Transactions of the ASAE* 24(3):782-8, 1981.
11. CAMPOS, M.G. **Percentual de grãos inteiros no beneficiamento de arroz em casca, em relação à temperatura do ar e ao tempo de residência na câmara de secagem**. Imprensa Universitária, UFV, Viçosa, 1990, 53p. (Tese de MS).
12. CARVALHO, L.A., **Sistema de produção e valor nutritivo do feno de capim-gordura (Melinis minutiflora-pal de beauv.)**, Viçosa-MG., Universidade Federal de Viçosa, 1979, 63p (tese M.S.).

13. CERTREM. **Farinha de trigo e ingredientes na panificação.** Seminário para Panificadores. 243 p., s.n.t.
14. C.E.S. - Cooperative Extension Service, Purdue University, West Lafayette. **Double cropping winter wheat and soybeans in Indiana.** In: Harvesting and drying high-moisture wheat. Indiana. p. 19-24, 1974.
15. CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grains and their products.** St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists. 549 p. 1974.
16. CORDEIRO, J.A.B. **Influência da temperatura e do tempo de repouso na secagem de café (*Coffea arabica* L.), em camada fixa.** Viçosa, Imprensa Universitária. U.F.V. 1982. 60p. (Tese MS).
17. CORREA, P. C. Necessidade de uma estrutura de armazenagem a nível de fazenda. **Informe Agropecuário.**, Belo Horizonte, 9(99):24-25, mar, 1983.
18. CUNHA, J.; PASSOS, F. J. V. & FREIRE, E. S. Desenvolvimento de um secador para cacau e outros produtos tropicais. **Revista Theobroma** 18(2): 123-147. 1988.
19. FARONI, L. R. D. **Determinação do rendimento de arroz (cultivar IR 841) após secagem às temperaturas de 50°, 60° e 70°, para períodos de repouso de 30, 60, 120 e 180 minutos.** Imprensa Universitária. UFV, Viçosa, 1983.30p. (Tese de MS).
20. FONTANA, C. **Secagem de arroz parboilizado**, Santa Maria: Edições, 1986, 56p. (Caderno didático).
21. FREIRE, E. S. Determinação do coeficiente de transferência de calor e camadas espessas de cacau. **Revista Theobroma** 16(4): 223-231.1986.
22. GHOSH, B. N. **Engineering aspects of cocoa drying in Brazil.** 4 th International Cocoa Research Conference. St. Augustine, Trinidad. 1972.
23. LACERDA FILHO, A. F. **Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café (*Coffea arabica* L.).** Viçosa, Imprensa Universitária. U.F.V. 1982. 136 p. (Tese MS).
24. LACERDA FILHO. A. F. & SILVA, J. S. Secagem e armazenagem de arroz. **Informe Agropecuário**, 14(161): 81-86, 1989.
25. LOPES, R. P. **Efeito da luz na qualidade (cor da bebida) de grãos de café (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem.** Viçosa, Imprensa Universitária. U.F.V. 1988. 78 p. (Tese MS)
26. LORENZ, D. A. & HOYLE, B.J. **Effect of curing time and topping on weight loss and chemical composition of onion bulb.** Proceeding of the American Society for Horticulture Science 47:301-308, 1946.
27. LUIZ, J. M. & HARDENBURG, R. E. **Onions, dry.** In: AGRICULTURE HANDBOOK 66. Commercial storage of fruits, vegetables, and florist

- and nursery stocks. Washington, D.C., Department of Agriculture, 1977. 94 p.
28. KIMURA, S. & GARCIA, J. L.M. **Determinação da permeabilidade de túnica (películas) de cebola ao vapor d'água.** In: ENCONTRO NACIONAL DE SECAGEM, 3, Viçosa, 1981. Anais Viçosa, 1981. 398 p.
  29. MAFFEI, J. C. O. **Arroz: perfil agrícola, armazenamento e conservação,** Porto Alegre, Sagra S/A, 1981, 115p. (Caderno didático).
  30. MASCARENHAS, M. H. T. Cebola. **Informe Agropecuário** Belo Horizonte, 14 (163): 6973, 1988.
  31. MATA, M.K.M.C. **Estudo experimental de seca-aeração de amêndoas de cacau em camadas finas.** Viçosa, UFV. 1979. (Tese MS).
  32. MAZZA, G. & LEMAGUER, M. Dehydration of onion: some theoretical and practical considerations. **J. Food Technology** 15:181-184, 1980.
  33. McDONALD, C. R. **Estudo do secador tubular tradicional da região cacauíra da Bahia.** Itabuna, BA. CEPLAC. Bol. Técn. nº 91. 1982.
  34. McDONALD, C. R. Secagem de cacau em secador tipo Plataforma com e sem recirculação de ar. Itabuna, BA. CEPLAC. Bol. Técn. nº 118. 1983.
  35. MIGLIARI, M.I.X.; RIBEIRO, A.L.; PEREIRA, J.A.M.; KIMURA, S. & DALPASQUALE, V.A. Resistência da cebola (*Allium cepa* L.) ao fluxo de ar. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, 11 e 12(1, 2):42-47, 1986/1987.
  36. — Advances in Cereal Science and Technology. American Association of cereal chemists, Inc. t. Paul, Minnesota. Vol.I, 408 p., 1976.
  37. POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília, AGIPLAM, 1985. 288 p.
  38. QUEIROZ, D. M. - PEREIRA, J.A.M. **Secagem de grãos em baixas temperaturas.** Centreinar - Viçosa - MG. 1987. 49p.
  39. RAVALHAS, N. **Secagem mecânica do cacau fermentado.** CACAO 13(1):13-18. Costa Rica. 1982.
  40. RIBEIRO, A. L. **Rendimento do arroz com casca (*Driza sativa* L.), cultivar INCA, em relação ao período de repouso e à temperatura de secagem.** Imprensa Universitária, UFV, Viçosa/MG, 1983. 52p. (Tese de MS).
  41. RIGITANO, A. et alii. Influência do Parcelamento na Secagem do Café. **Bragantia.** Campinas. 23 (24 pt.1/2) : 299-322. 1964.
  42. SILVA, J. N. **Curvas de equilíbrio higroscópico do cacau(*Theobroma cacao* L.).** Viçosa. UFV. 1978. (Tese MS).
  43. SILVA, J.S., **An Engineering Economic Comparison of Five Drying**

**Techniques for the Shelled Corn on Michigan Farms**, Michigan State University, 1980. 154p.(Tese PhD).

44. SILVA, J. S. & BERBERT, P. A. **Colheita secagem e armazenagem de café**. Viçosa. Aprenda Fácil. 1999.146p.
45. SILVA, J. S.; AFONSO, A. D.L. & LACERDA FILHO, A. F. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. IN: Pré-processamento de produtos agrícolas. Juiz de Fora. Instituto Maria. 1995. 509p.
46. SILVA, L. C. **Desenvolvimento e avaliação de um secador de café (*Coffea arabica* L.) intermitente de fluxos contracorrentes**. Viçosa, Imprensa Universitária, U.F.V. 1991. 74 p. (Tese MS).
47. WERNER, R. A. & BRAUM, R.L. **Cura e armazenamento de cebolas**. Florianópolis, ACARESC, 1979 35 p. (mimeo.)