

## Secagem e Secadores para Café

Sabendo que já pode construir e operar alguns equipamentos destinados ao pré-processamento do café, o leitor irá entender que o próximo passo é a possibilidade de construção e operação de alguns tipos de secadores.

Como são várias as possibilidades de secagem, o cafeicultor deve ficar atento e escolher a melhor opção quando for decidir na vida real, ou seja, comprar um equipamento industrializado ou construir, como nos casos anteriores, seu próprio sistema de secagem. Como será visto no decorrer deste tópico, nem sempre a tecnologia mais utilizada significa a melhor opção. O cafeicultor deve entender que a secagem de café é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos agrícolas.

Além do elevado teor de açúcar presente na mucilagem, o teor de umidade inicial, geralmente acima de 65% b.u., faz com que a taxa de deterioração, logo após a colheita, seja bastante alta.

Se desejar um café de qualidade, o cafeicultor vai entender que só terá os três primeiros dias para evitar uma grande redução na qualidade obtida durante a colheita, pois a qualidade máxima está com o fruto maduro na planta. Assim, quaisquer que sejam os sistemas de secagem utilizados (comprados ou construídos), como será mostrado mais adiante, devem-se ressaltar os seguintes aspectos para que se obtenha êxito no preparo do café:

- a) Evitar fermentações indesejáveis antes da colheita e preparo e durante a secagem.
- b) Temperaturas excessivamente elevadas devem ser evitadas. 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) Devem-se secar os frutos (café natural) ou os grãos (cereja descascado), 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).

No Brasil, segundo os aspectos tecnológicos envolvidos, utilizam-se basicamente dois métodos para secagem de café: na secagem em terreiros, esparrama-se o produto em pisos, que podem ser de cimento, de tijolos ou de asfalto; e, na secagem em secadores, força-se o ar aquecido a passar através da massa de grãos.

Para a secagem, na grande maioria dos secadores tradicionais de café, a umidade inicial e a exsudação da mucilagem, durante o revolvimento dos frutos no secador ou da própria mucilagem, na secagem do café “cereja descascado”, fazem com que seja necessária uma pré-secagem em terreiros ou pré-secadores.

Mais recentemente, a secagem em combinação (pré-secador/secador e silo-secador) vem sendo estudada e aplicada em localidades específicas. Nessa combinação, faz-se uma pré-secagem em terreiro ou secadores e a secagem complementar em silo ou tulha secadora com ar natural ou levemente aquecido. Todos esses sistemas serão detalhados mais adiante, de modo que possam ser alternativas que podem ser construídas na fazenda ou em comunidades próximas à fazenda.

A Figura 52 mostra a redução da qualidade do café desde o momento da colheita, quando o café apresenta 100% de sua qualidade potencial, até os 12 meses,

quando ele é destinado ao consumo. Como se vê, é durante os três primeiros dias que o cafeicultor deve ter o máximo de cuidado.

Os 10 primeiros dias foram colocados em escala logarítmica, para enfatizar a redução da qualidade, no período de secagem. Nota-se que um café que foi bem cuidado até o terceiro dia de colheita teve redução total de 20% de sua qualidade inicial e que isso aconteceu entre a torrefação e o consumidor (analise a faixa verde do gráfico). Por outro lado, o café que, no terceiro dia depois de colhido, teve 15% de sua qualidade reduzida continuou se deteriorando até o final de secagem segura, que ocorreu no décimo dia, para um valor de 50% da qualidade inicial.

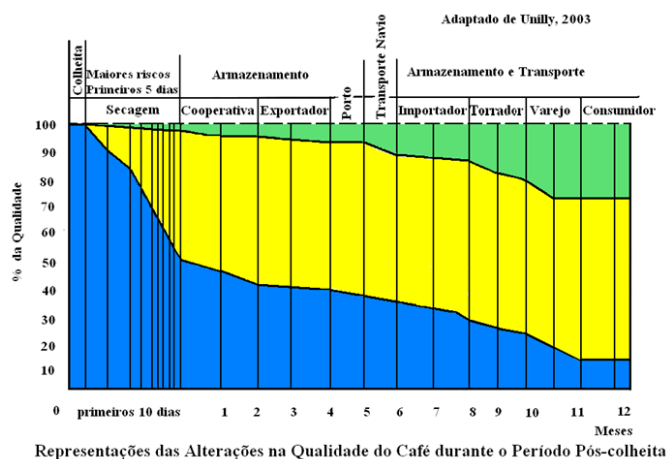


Figura 52 - Perda de qualidade entre a colheita e o consumo final no período de um ano.

A partir do ponto de seca, os dois tipos de cafés tiveram, proporcionalmente, a mesma variação na redução da qualidade. Portanto, se até o terceiro dia depois de colhido o café for secado em um nível de umidade seguro, o cafeicultor poderá entregar a cooperativa um produto de qualidade. Uma umidade segura é de 18% b.u. Nesse nível de umidade, o café pode ser secado com ar em baixas temperaturas, durante o período de armazenagem na fazenda.

Na maioria das regiões produtoras, a secagem em terreiro facilita o desenvolvimento de microrganismos na superfície dos frutos e o aumento da respiração e da temperatura do produto, que são fatores que aceleram o processo de fermentação. Apesar desses riscos, pequenos e médios produtores utilizam intensivamente os terreiros como única etapa na secagem do café.

Se as condições climáticas forem favoráveis e a operação do terreiro for feita dentro das recomendações técnicas, o café natural estará seco em 15 a 20 dias, e o café cereja descascado, entre 10 e 15 dias. Portanto, sistemas de secagem que possam colocar o produto em condições de segurança dentro de três dias ou 50 horas de secagem em até 18% de umidade devem ser instalados.

## 4.1. Construção e operação de terreiros convencionais

Não é mais concebível, nos dias atuais, continuar vendo grande parte de nossos produtores executarem a secagem do café em terreiros de chão “batido”. Além da falta de higiene, a secagem é lenta e normalmente reumedece o café, por não facilitar o aquecimento de sua superfície e permitir a translocação da água do solo para o café.

Independentemente do tipo de piso, uma das restrições no processo de secagem em terreiros se refere a problemas climáticos.

Por ser considerado um gargalo para muitas regiões produtoras, o terreiro convencional tem sido inadequado. Ele expõe o produto a condições adversas do clima, apresenta baixa eficiência de secagem e exige muita mão de obra para sua operacionalização.

Desconsiderando as desvantagens citadas, a inconstância da radiação solar e a possibilidade de períodos chuvosos durante a colheita, a secagem em terreiros tem inviabilizado a produção de cafés de qualidade em regiões de altitudes ou com baixa incidência de radiação solar.

Esse é o caso da Zona da Mata de Minas, Serras do Espírito Santo, Planalto da Conquista e Chapada Diamantina (Bahia). Por tudo isso, a secagem em terreiros, devido à grande possibilidade de redução na qualidade do café, é considerada a operação de custo mais elevado no custo final de produção.

Para ter sucesso com a secagem em terreiros, é obrigatória a manutenção periódica, como: correção e retificação do piso; correção do sistema de drenagem; manejo correto do terreiro; e higienização diária de todo o sistema.

Se for compulsória a utilização do terreiro, a área de piso, necessária para a secagem, deve ser calculada em função da produção média da lavoura por mil covas, do número total de cafeeiros, das condições climáticas da região e da umidade de saída em caso de “meia-seca” para secagem complementar em secadores ou silos.

Na hipótese de se utilizar a secagem total em terreiros e para café natural, o cálculo da área poderá ser feito segundo a equação 1.

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

Na equação, “S” é igual à área do terreiro em metros quadrados para a produção de 1.000 covas; “Q” é igual à média anual de produção de café cereja, ou seja, a quantidade de litros/1.000 covas; e “T” é o tempo médio de secagem na região, que é dado em dias. Quando da utilização do terreiro para realizar a pré-secagem, ou seja, para reduzir o teor de umidade de 65% para aproximadamente 30% b.u., e com a secagem complementar sendo realizada em secadores mecânicos, a área do terreiro poderá ser reduzida para 1/3 do valor calculado para a secagem somente em terreiro.

Sempre que possível, o terreiro deverá ser dividido em quadras (Figura 53), a fim de facilitar a secagem dos lotes, segundo sua origem, seu teor de umidade e sua qualidade. A pré-secagem em terreiros convencionais, com boa insolação, ocorre em torno de seis dias.



Figura 53 - Divisão do terreiro em quadras, para facilitar a secagem de lotes separados.

É muito comum, no Brasil, ver terreiros confeccionados com tecnologia asfáltica. Quando é usada para grandes áreas que permitem um bom trabalho de máquinas de compactação e a aplicação correta do piso asfáltico, a única inconveniência é a elevada temperatura, que pode causar sérios danos ao café “cereja descascado”. Infelizmente, existe disseminação inadequada de uma tecnologia que, quando não aplicada corretamente, traz, além de problemas financeiros, com reparos frequentes, problemas de qualidade pela contaminação do produto. Nesse tipo de terreiro foram observados problemas de ordem prática em pequenas áreas com piso de asfalto, como: aderência da camada asfáltica, resistência mecânica, desuniformidade da superfície, alta porosidade e aparecimento de vegetação.

Um bom terreiro deve ser construído em concreto, ser capaz de suportar carga e ser cercado de modo a impedir entrada de animais. Deve ser provido de muretas sem quinas vivas, para facilitar o ajuntamento do café e permitir uma boa higienização.

Caso seja utilizado para cafés de diferentes dias de preparo ou diferentes tipos de café, o terreiro deve possuir, além das divisórias fixas, como mostrado na Figura 53, divisórias móveis quando houver necessidade de colocar diferentes lotes de café em uma mesma área limitada pelas divisórias fixas (Figura 54). É de fundamental importância que o terreiro seja manejado corretamente e que seja mantida a higienização diária de todo o sistema.



Figura 54 - Terreiro cercado e higienizado e detalhes de divisórias móveis para lotes diferenciados.

Para proteger o café durante a noite ou em dias chuvosos, barreiras circulares ou semicirculares podem ser construídas dentro do terreiro. Essas barreiras nada mais são do que pequenas muretas de seção triangular de 5 cm de altura e até 3 m de diâmetro, cuja finalidade é servir de local para se amontoar o café, evitando escorrimento da água de chuva sob a lona que cobre o café (Figura 55).

Deve-se evitar a construção de terreiros em lugares úmidos, como baixados, e muito próximos a represas ou em locais sombreados por árvores ou construções nas faces leste e oeste. Devem-se evitar, também, construções localizadas próximas à face norte do terreiro. Devido aos terrenos acidentados, essa orientação é muito dificultada em regiões de montanhas, como as Matas de Minas e Serras do Espírito Santo.

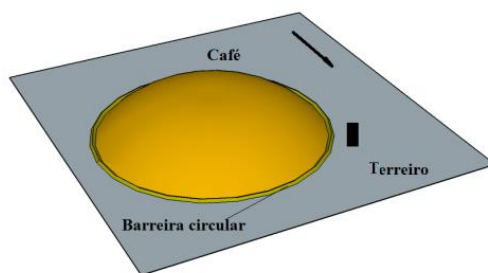


Figura 55 - Barreiras circulares com cobertura, para proteção do café durante as chuvas.

A construção de bons terreiros em pequenas e médias propriedades representa grande investimento e que onera o custo de produção do café. Assim, muitos produtores secam o café em terreiros de chão batido, que, por sua vez, são contraindicados 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 como alternativa ao recomendado terreiro concretado.

Pela Tabela 1, pode-se fazer uma avaliação do custo do terreiro com o piso de concreto. Para isso, basta atualizar os custos. Um terreiro de saibro-cimento custará a metade do valor mostrado na tabela. Deve-se lembrar de que não foi incluído serviço de terraplenagem total (apenas nivelamento). O terreiro de saibro, com espessura de 5 cm, pode ser construído com uma mistura de oito partes de saibro e uma de cimento. Não se pode esperar, entretanto, que os dois tipos de terreiro tenham a mesma vida útil e a mesma quantidade de manutenção.

Tabela 1 - Materiais necessários à construção de 150 m<sup>2</sup> de terreiro em concreto

Discriminação	Unidade	Quantidade Geral	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)	Participação
Trator de esteira	hora	2	80,00	160,00	4,04
Servente	dia	29	25,00	725,00	18,32
Pedreiro	dia	16	50,00	800,00	20,21
Cimento	saco	58	16,00	928,00	23,45
Areia	m <sup>3</sup>	11	45,00	495,00	12,51
Brita	m <sup>3</sup>	11	65,00	715,00	18,06
Sarrafo	m	75	1,30	84,50	2,16
Tijolos	unidade	250	0,20	50,00	1,26
TOTAL GERAL				3.957,50	100,00

Custo/m<sup>2</sup> = R\$ 26,38 – Julho de /2008.

A secagem em terreiros acontece, primeiramente, com o aquecimento da superfície do terreiro pelos raios solares e a ventilação natural para facilitar a remoção do vapor d'água (Figura 56). Só depois de aquecido, por volta de nove horas da manhã, é que se deve espalhar o café no terreiro, com uma camada de aproximadamente 4 cm

de espessura. Em seguida, com um rodo apropriado, devem-se formar pequenas leiras no sentido da sombra do operador.

Essas leiras devem ser mudadas de posição assim que a parte descoberta do terreiro estiver aquecida novamente. A operação de formação e mudança das leiras deve ser realizada de hora em hora, preferencialmente.

Após o quarto ou quinto dia de secagem, deve-se, às três horas da tarde, amontoar o café, ainda aquecido, e cobrir com um sistema de lona com isolamento térmico, para evitar o reumedecimento com o orvalho noturno. No dia seguinte, por volta de nove horas da manhã, deve-se espalhar e revolver o café, como explicado anteriormente.

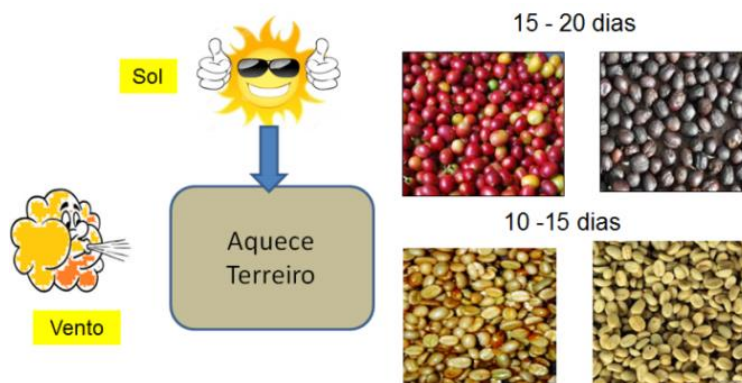


Figura 56 - Esquema de como acontece a secagem em terreiros.

É aconselhável, durante o processo de secagem em terreiros, trabalhar com lotes homogêneos, considerando-se tanto o dia de colheita quanto o estágio de maturação ou teor de umidade, para obtenção de um produto final uniforme e de boa qualidade. 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. 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 mostrado nas duas primeiras ilustrações da Figura 57. As leiras devem ser quebradas e refeitas continuamente em intervalos regulares, nunca superiores a 60 minutos.





Figura 57 - Manejo do terreiro nos primeiros dias de secagem do café saído do sistema de preparo.

As mini leiras podem ser feitas com auxílio de um raspador-enleirador ou com um soprador de folhas, principalmente depois que a água superficial foi removida. Em todos os casos, o operador deve ter cuidado para que parte do terreiro seja raspada ou soprada, 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. Ao final da secagem em terreiro, ou nos últimos três a quatro dias de secagem, o produto deve ser secado em leiras maiores. Nesse caso, uma ferramenta mais apropriada deve ser usada.

Passados os primeiros dias de secagem (em torno 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 terreiro, as quais devem ser cobertas com sacos de aniagem e, por cima destes, com lonas plásticas (Figura 58).

A cobertura, assim formada, permitirá a conservação do calor absorvido durante a exposição aos raios solares, garantindo melhor uniformização e distribuição da umidade no interior da massa de grãos. No dia seguinte, aproximadamente às nove horas, as leiras devem ser descobertas e removidas do local de pernoite, para que o piso seja secado. Em seguida, o produto deve ser espalhado sobre o terreiro, repetindo-se as operações feitas nos dias anteriores, até atingir o teor de umidade ideal para o armazenamento (12% b.u.), ou até o ponto de meia-seca (35% b.u.), que é o ideal para o início da secagem em secadores mecânicos, ou a 18% b.u., para secagem complementar em silos, como será visto adiante.



Figura 58 - Enleiramento e proteção do café, para pernoite no terreiro.

## 4.2. Construção e operação do Terreiro Híbrido

Como já se falou em alguma parte deste manual, a cafeicultura representa importante papel nas exportações brasileiras, e o Brasil, além de ser o maior produtor, ocupa o segundo lugar como consumidor mundial de café. Além da produção, o País também se destaca como o maior consumidor entre os países produtores. Portanto, para a manutenção de uma cafeicultura competitiva em produção, produtividade, qualidade e economicamente sustentável, o conhecimento de técnicas modernas de produção é indispensável.

Para o mercado exportador, é de fundamental importância que o café apresente propriedades organolépticas e químicas desejáveis, e elas dependem da eficiência do pré-processamento. Como é amplamente comentado, o método de secagem é a operação que exerce maior influência na qualidade final do café. É durante os três primeiros dias, após a colheita, que o cafeicultor tem condições de manter a qualidade do produto colhido. Para atingir padrão de qualidade, basta que, depois de devidamente preparado, o café seja secado até 18% antes de cinquenta horas após lavagem ou descascamento.

Para solucionar esse problema de forma garantida e dentro das possibilidades do cafeicultor, a tecnologia “Terreiro Híbrido”, ou “Terreiro Secador”, foi desenvolvida para atingir esses objetivos, pois até recentemente não havia sido difundido nenhum sistema de secagem de café para atender, satisfatoriamente, a maioria dos produtores, principalmente aqueles que produzem café nas regiões montanhosas.

Como é sabido, a secagem em terreiro é considerada um gargalo para muitas regiões produtoras; se o terreiro for inadequado, expõe o produto a condições adversas do clima, apresenta baixa eficiência de secagem e exige muita mão de obra.

Os secadores mecânicos comerciais ou os que podem ser, total ou parcialmente, construídos na fazenda, como se verá mais adiante, além de necessitarem de manutenção e de disponibilidade energética, precisam de uma pré-secagem; se durante a pré-secagem a qualidade for piorada, não se pode esperar muito do secador mecânico em altas temperaturas.



Um conjunto bem dimensionado, dotado de sistemas de carga, revolvimento, descarga, aquecimento e ventilação, produzirá um café de qualidade se a matéria-prima, saída da pré-secagem (natural ou artificial), for de qualidade. Assim, não se pode melhorar a qualidade de um produto no secador mecânico se ele já veio deteriorado com a pré-secagem no terreiro. Portanto, dependendo das condições ambientais, se a umidade do café não atingir níveis seguros, até o terceiro dia após a colheita, não se pode esperar um café de qualidade superior, mesmo possuindo um excelente sistema de secagem complementar.

Alto custo de implantação, custo da mão de obra, inconstância da radiação solar e a possibilidade de chuvas durante a colheita inviabilizam a produção de cafés de qualidade com a secagem em terreiros. Como mencionado, Zona da Mata de Minas, Serras do Espírito Santo, Planalto da Conquista e Chapada Diamantina (Bahia) são exemplos de lugares onde a secagem em terreiros, diferentemente do Cerrado Mineiro, é problemática.

O Terreiro Híbrido nada mais é que o uso de parte de um terreiro convencional onde se adapta um sistema de ventilação composto de ventilador, túnel e distribuidores de ar, que é aquecido, preferencialmente, por uma fornalha para biomassa (Figura 59). A secagem ocorre com o produto enleirado sobre as calhas de distribuição de ar quente, como veremos mais adiante. O sistema é simples, econômico e capaz de secar o café recém-saído do lavador ou descascador em, aproximadamente, 50 horas efetivas de funcionamento, com o ar a 50 °C.

Considerando-se que, na maioria das propriedades produtoras de café, já existem terreiros convencionais, pesquisadores da UFV e Epamig projetaram e adaptaram um sistema de ventilação com ar quente para melhorar o desempenho e reduzir o tempo de secagem de um terreiro convencional, dando origem ao terreiro híbrido.

Mesmo funcionando com qualquer fonte de calor, os autores optaram por uma fornalha a carvão vegetal para transformar um terreiro convencional em um secador em altas temperaturas durante os períodos noturnos, chuvosos ou na ausência de radiação solar. Como se pode ver na Figura 60, o terreiro híbrido ocupa uma pequena parte do terreiro convencional. Um terreiro híbrido equivale a mil metros quadrados de terreiro convencional e ocupa apenas 60 m<sup>2</sup> em área de secagem em altas temperaturas. A Figura 60 detalha, também, alguns elementos, como calhas de distribuição, tomadas de ar e muretas para separação de diferentes lotes de café, além do ventilador.



Figura 59 - Detalhes de um terreiro secador na secagem de café cerejeja descascado.

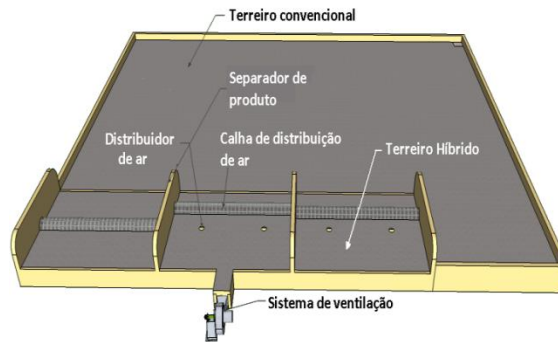


Figura 60 - Detalhe do posicionamento do terreiro híbrido no terreiro convencional.

Como o terreiro híbrido é uma adaptação do terreiro convencional, o cafeicultor pode fazer essa adaptação da maneira que for mais conveniente para ele. Apesar de um pouco mais caro, é recomendado, como mostrado nas duas primeiras ilustrações da Figura 61, cobrir a área do terreiro que contém o sistema de ventilação (fornalha, ventilador, dutos e calhas) com um telhado permanente. Entretanto, para reduzir custos iniciais de implantação do sistema, pode-se cobrir o sistema com lonas durante a noite ou em períodos chuvosos, como mostrado na terceira ilustração da Figura 61.



Figura 61 - Diferentes sistemas e usos do terreiro híbrido na secagem do café.

Na segunda ilustração da Figura 61 ou na Figura 60, vê-se que o terreiro híbrido foi projetado para ser construído acima do piso do terreiro convencional; isso evita problemas com chuvas fortes, que podem molhar o café em caso de a construção ser feita no mesmo nível do terreiro convencional. Se for de conveniência, a cobertura comum pode ser substituída por um teto coletor solar (Figura 62). Nesse caso, é mais econômico e prático deixar o produto enleirado durante os períodos de incidência solar, desligar a fonte de aquecimento e usar apenas a energia fornecida pelo teto solar para a secagem do produto.

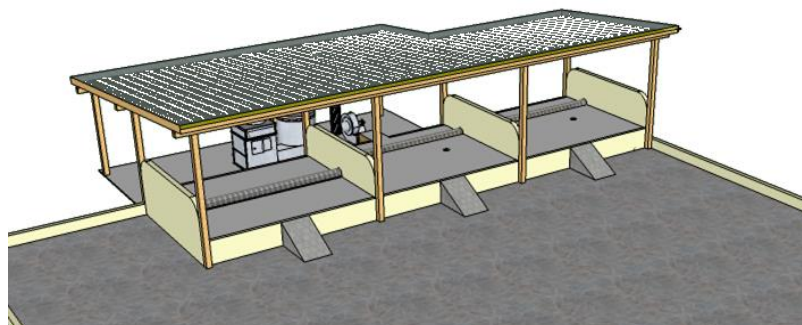


Figura 62 - Terreiro híbrido com cobertura adaptada para captar a energia solar.

## Construção passo a passo

**Passo 1** – A primeira providência para a construção do terreiro híbrido é a seleção do local. Como o terreiro não é muito dependente da disponibilidade de radiação solar para o bom funcionamento, esse item pode não ter muita importância, e o melhor local para a instalação dependerá do manejo que se pode dar ao produto. Terreiros híbridos, como os mostrados na Figura 61, devem ser localizados em posição que torne fácil o recebimento do produto úmido do lavador ou do descascador e o transporte do produto parcialmente seco ou seco para o secador ou para a armazenagem, respectivamente.

Um terreiro híbrido de tamanho normal ocupará uma área de, aproximadamente, 70 m<sup>2</sup>, incluindo a fonte de aquecimento (fornalha ou queimadores) e o depósito para o combustível (lenha ou carvão) a ser consumido diária ou semanalmente.

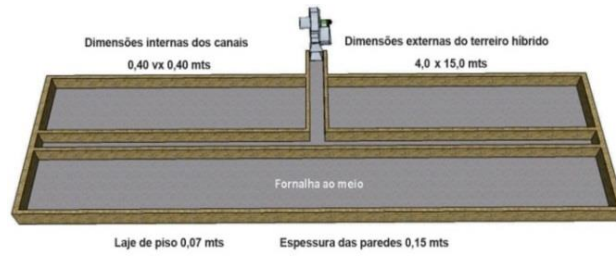
**Passo 2** – A segunda etapa se refere ao posicionamento do sistema de aquecimento (ventilador e fornalha). Sua importância está em usar a melhor distribuição do ar quente devido ao comprimento do terreiro (15 m é o comprimento máximo aconselhado) e, se houver necessidade de adaptação de terreiro híbrido maior, é conveniente construir duas ou mais unidades. Caso queira, pode-se usar sistema de aquecimento único (ventilador e fornalha), bem dimensionado, para atender a dois terreiros híbridos.

Como é conveniente utilizar parte do terreiro convencional para a adaptação do sistema de aquecimento e conseqüente transformação em “Terreiro Híbrido”, o posicionamento da fornalha pode dificultar o projeto.

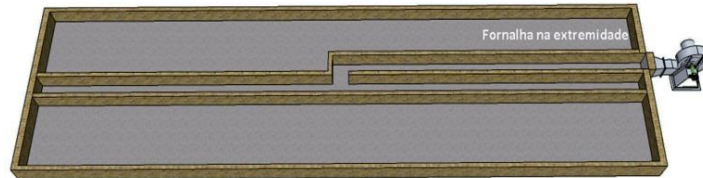
Na Figura 63a, o sistema de aquecimento (ventilador e fornalha) foi localizado no meio do comprimento do terreiro híbrido, e é o posicionamento que permite a melhor distribuição e desempenho do ventilador. Por outro lado, na Figura 63b é mostrada a opção de se instalar a fornalha na extremidade do terreiro híbrido.

Como o ar deve ser igualmente distribuído ao longo do canal principal, deve-se, para o segundo caso, construir um canal paralelo para permitir a entrada de ar no meio do canal principal (Figura 63b).

Para construção do terreiro híbrido, podem-se usar duas opções em relação ao nível do piso do terreiro convencional, ou seja, construir os canais (túneis) do terreiro híbrido abaixo do nível do piso do terreiro convencional, como na Figura 64, ou construir os canais acima do piso do terreiro (Figura 62) ou com metade acima e metade abaixo do piso do terreiro. Nada impede, porém, que o terreiro seja construído em local independente do terreiro convencional. De qualquer modo, as dimensões internas dos canais (principal ou de distribuição) devem ser de, no mínimo, 40 x 40 cm.



(a)



(b)

Figura 63 - Posicionamento do sistema de ventilação (a) perpendicular ao comprimento e (b) paralelo e na extremidade do terreiro.

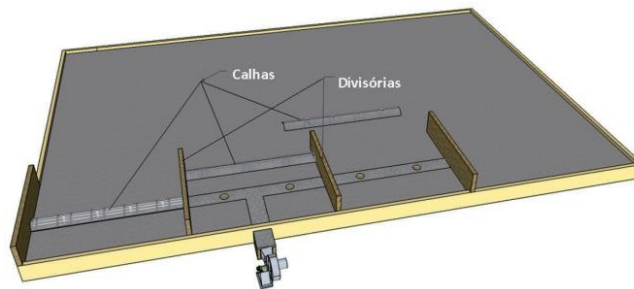


Figura 64 - Terreiro híbrido com os canais abaixo do nível do piso do terreiro convencional.

**Passo 3** – O terceiro passo, depois da marcação do local de construção, se refere à escavação dos locais de construção dos dutos (túneis) e paredes laterais, caso os canais do terreiro híbrido sejam construídos abaixo do nível do terreiro convencional. Nesse caso, apesar de apresentar menor custo, o cafeicultor deve estar certo de que não haverá problemas com águas de chuva.

**Passo 4** – Construção e acabamento interno dos dutos. Caso o sistema seja construído no nível do terreiro convencional, a locação e a escavação do local de construção do sistema de dutos são o início da adaptação do terreiro (Figura 65). Entretanto, a adaptação do terreiro híbrido acima do piso do terreiro convencional é garantia de que não haverá problema com escoamento de águas de chuva.

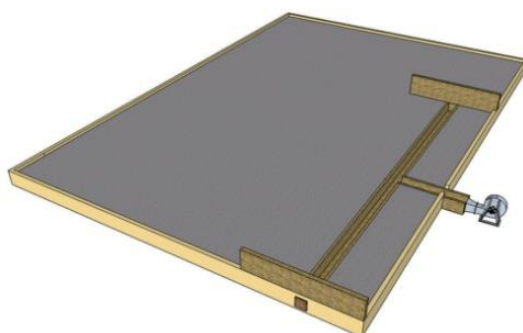


Figura 65 - Construção dos canais (túneis) do terreiro híbrido abaixo do nível do terreiro convencional.

Deste ponto em diante, serão mostrados todos os detalhes para a adaptação do terreiro híbrido acima do piso do terreiro convencional, como apresentado na Figura 59. Na Figura 62 é mostrada parte de um terreiro convencional transformado em terreiro híbrido com uma fornalha a carvão vegetal. Entretanto, o cafeicultor pode usar qualquer tipo de fornalha ou mesmo queimadores a gás como fonte de aquecimento para o ar de secagem.

Como se vê na figura, o terreiro híbrido foi construído sob uma cobertura permanente, projetada com telhado. Apesar de um investimento adicional, a cobertura é mais aconselhável no médio prazo. Se preferir, o proprietário poderá investir um pouco mais e cobrir o terreiro híbrido com um teto solar semelhante ao da Figura 62.



Figura 66 - Terreiro híbrido construído acima do nível do terreiro convencional, sob cobertura permanente.

**Passo 5** – Considerando-se que a construção do terreiro híbrido será acima do nível do terreiro convencional, o quinto passo consiste na marcação dos locais de construção das paredes laterais e dos canais de distribuição de ar quente (Figura 67).

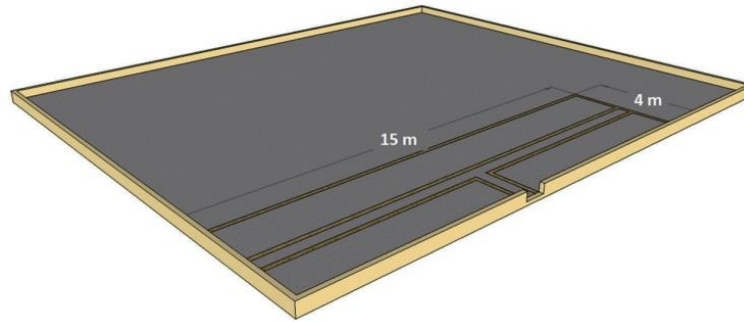


Figura 67 - Detalhes da marcação do terreiro híbrido sobre o terreiro convencional.

**Passo 6** – Após marcação, as paredes podem ser construídas e, como mostrado na Figura 68, a altura deve ser de 40 cm. As dimensões internas dos canais, depois de acabado, devem ser de 40 x 40 cm. Como será necessária uma determinada resistência das paredes, é aconselhável que a argamassa de assentamento dos tijolos seja preparada em um traço forte (cimento, cal e areia).

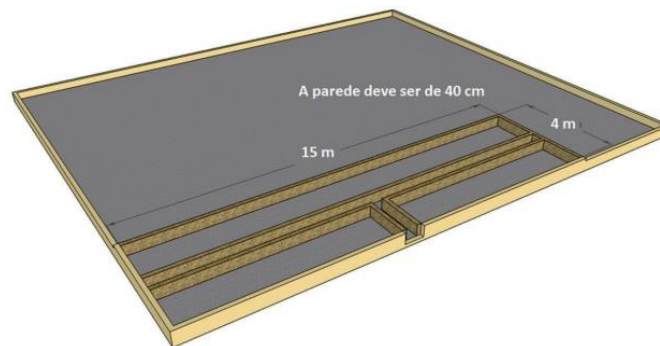


Figura 68 - Detalhes das paredes laterais e dos canais de distribuição.

**Passo 7** – Confeção da laje ou piso do terreiro híbrido. Para esse passo, três possibilidades podem ser empregadas:

1. Usando tablados de madeira (taipas) entre as paredes laterais e as dos canais e, sobre eles, a montagem das lajes (Figura 69). Nesse caso, a madeira ficará permanentemente sob as lajes.
2. Usando segmentos pré-moldados, como na Figura 70; nesse caso, recomenda-se a leitura de Silva et al. (2003).
3. Exceto para os canais, encher os espaços entre as paredes com terra, que deve ser compactada antes de receber a ferragem e o concreto. O desenho representado na Figura 71 e a foto (Figura 72) tirada durante a construção de um terreiro híbrido ilustram a importância do passo 7.



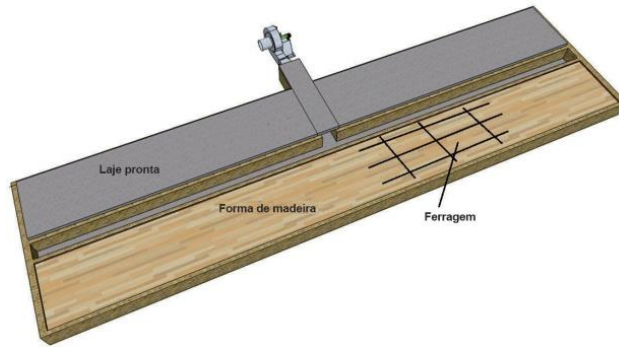


Figura 69 - Construção das lajes sobre formas de madeira.

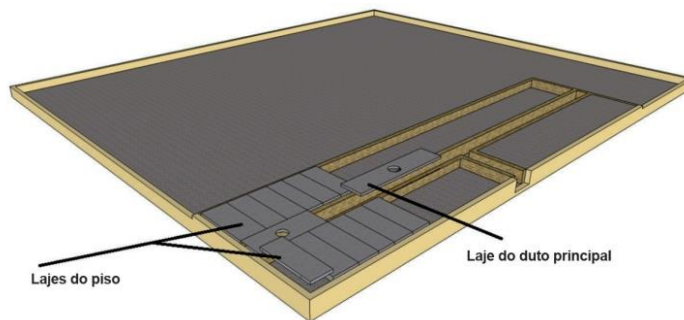


Figura 70 - Construção do piso com lajes pré-moldadas.

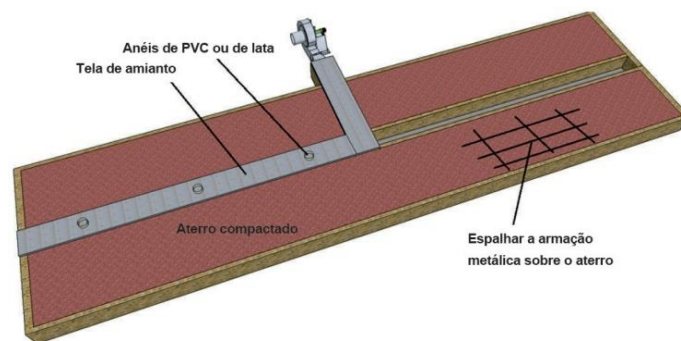


Figura 71 - Desenho mostrando detalhes da construção do piso sobre aterro e dos canais com telhas de amianto.



Figura 72 - Detalhe da construção da laje piso e colocação dos anéis de PVC para formar a tomada de ar quente.

**Passo 8** – Construção das lajes sobre os canais de distribuição de ar quente. Deve-se lembrar de que a laje de distribuição longitudinal deve possuir pelo menos seis aberturas circulares com 20 a 25 cm de diâmetro. Podem ser construídas com anéis de PVC ou com pedaços de madeira cilíndricos. Assim que a laje atingir um determinado nível de endurecimento, os anéis ou cilindros de madeira devem ser removidos para permanecerem os furos circulares (Figuras 73 e 74), para distribuição de ar para as calhas.

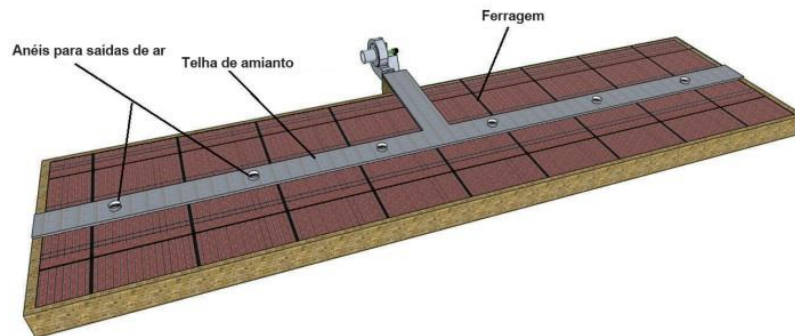


Figura 73 - Esquema das lajes sobre os canais de distribuição de ar quente.



Figura 74 - Detalhes dos anéis de PVC para formação das tomadas de ar quente, antes de adicionar o concreto para formação do piso.

**Passo 9** – O nono passo consiste no acabamento da laje e construção das paredes (extremidade e divisórias). Caso queira, as paredes divisórias podem ser substituídas por divisórias móveis de madeira. Como as paredes da extremidade, elas devem ser construídas com altura mínima de 80 cm (Figuras 75 e 76).

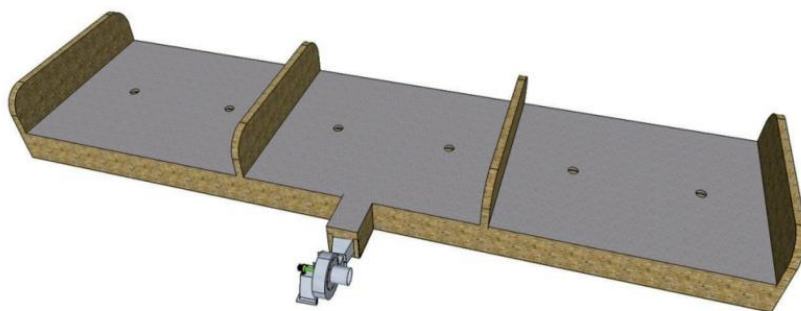


Figura 75 - Terreiro híbrido, mostrando paredes, posição do ventilador e tomadas de ar de secagem.



Figura 76 - Detalhes do piso concretado e construção das divisórias em alvenaria de tijolos e posicionamento da calha de perfurada.

**Passo 10** – Acabamento do sistema e construção das rampas de acesso (Figura 77). A partir desse ponto, o agricultor pode optar pelo tipo de fornalha e pelo sistema de cobertura. Como o telhado coletor solar é apenas um pouco mais caro que o telhado comum, sugere-se que o telhado, como na Figura 62, seja construído com a opção para receber o sistema de cobertura transparente próprio para captar a energia solar.

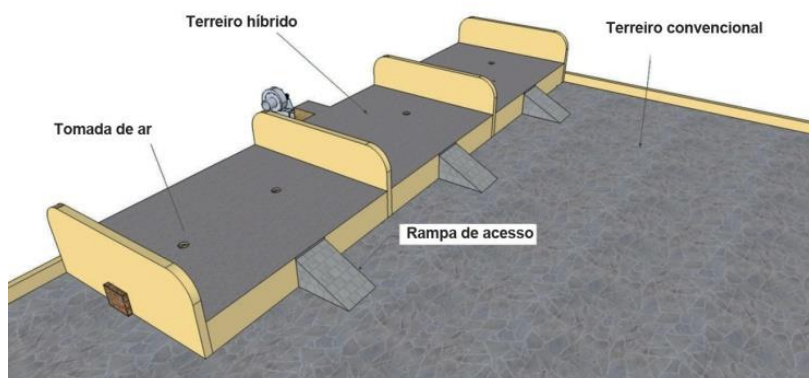


Figura 77 - Detalhes do terreiro pronto para receber fornalha e telhado.

**Passo 11** – Com a parte essencial do terreiro pronta, o proprietário deve decidir pelo tipo de fornalha e tamanho do telhado. Admitindo que a opção seja pela fornalha a carvão vegetal, nas Figuras 78 e 79 é mostrado o aspecto final do terreiro híbrido. Ao adquirir o kit para construção do sistema híbrido, não se deve esquecer de que, além da fornalha e do ventilador, o fornecedor deve incluir três calhas de distribuição, semelhantes à observada nas Figuras 64 e 80, e um termômetro, que deve ser instalado depois da saída do ventilador.



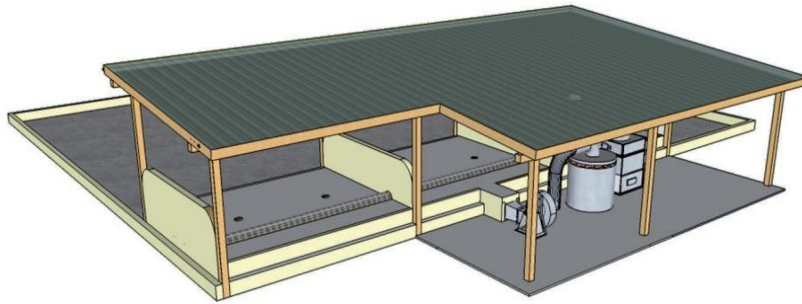


Figura 78 - Aspecto geral do terreiro híbrido com fornalha e teto solar, visto pela fornalha.

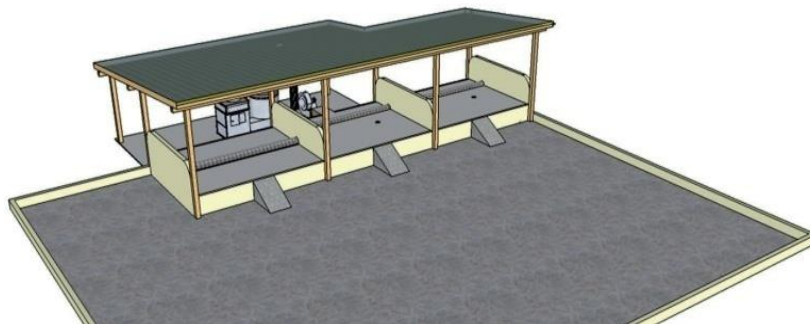


Figura 79 - Aspecto geral do terreiro híbrido com fornalha e teto solar, visto pela frente.

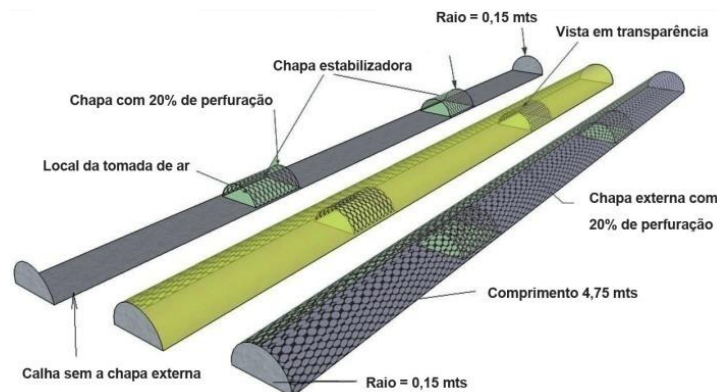


Figura 80 - Detalhes da calha de distribuição do ar de secagem.

## Operação do terreiro híbrido

Como detalhado anteriormente, na direção do comprimento, o terreiro-secador é dotado de uma tubulação central ou túnel para ventilação. Desse são derivadas seis ou mais aberturas para as calhas de distribuição de ar quente, sobre as quais são colocadas as leiras de produto a ser secado (Figura 59), que deve ser revolvido a cada duas a três horas de secagem com ar quente. Opcionalmente, as calhas podem ser substituídas por caixas removíveis, com fundo falso (câmara plenum). Assim, a secagem do produto (lotes individualizados) ocorreria em pequenos secadores tipo camada fixa (Figura 81).

As caixas de secagem, portáteis e construídas com um fundo falso, feitas em chapas perfuradas (20% de perfuração), ficam simplesmente apoiadas sobre as aberturas da tubulação principal (Figura 82).

Ao sistema de duto deve ser acoplado um ventilador centrífugo acionado por motor elétrico de 5 cv, 1.750 rpm, que possibilita uma vazão de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  de ar aquecido por uma fornalha e, quando houver disponibilidade de radiação solar, pelo calor captado pelo teto-coletor solar. Portanto, na ausência de radiação solar, na incidência de chuvas ou durante os períodos noturnos, o produto que se encontra espalhado no terreiro convencional deve ser recolhido e enleirado sobre as calhas de secagem ou distribuído nas caixas para secagem com ar aquecido.

Caso o terreiro híbrido não seja dotado de cobertura permanente, deve-se providenciar cobertura plástica para proteção dos grãos durante os períodos chuvosos e à noite (Figura 61). Assim, a secagem poderá ser realizada durante as 24 horas, por meio da utilização da energia solar durante os dias ensolarados (no terreiro convencional), e sob uma cobertura (terreiro híbrido), com ar aquecido pela combustão de biomassa (lenha ou carvão vegetal) durante a ausência da radiação solar.

Trabalho realizado por Donzeles (2002) mostrou que, mesmo tendo disponibilidade de energia solar, o tempo de secagem do café somente sobre a leira, usando ar aquecido, é quase a metade do tempo quando se combina o terreiro convencional com o sistema em leiras ou com as caixas de secagem. Portanto, se o cafeicultor quiser economizar energia da biomassa, ele deve instalar um teto-coletor solar, como recomendado por Silva et al. (2005). A energia solar coletada durante os dias ensolarados (para o modelo em pauta) é praticamente igual à energia fornecida pela queima de 15 kg por hora de lenha em uma fornalha com aquecimento indireto.



Figura 81 - Secador híbrido trabalhando com seis caixas, para secagem de lotes individualizados.

Fonte: SILVA, 2008.

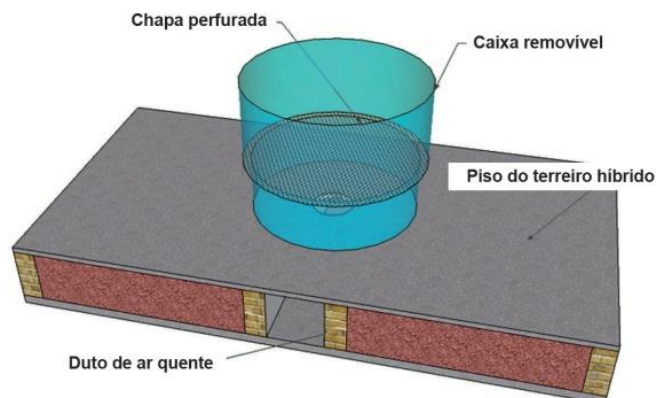


Figura 82 - Secador híbrido trabalhando com seis caixas, para secagem de lotes individualizados.

Uma fornalha a carvão vegetal, como a analisada por Lopes (2002) e que será vista mais adiante, tem vantagens, como: queima contínua do combustível e manutenção da temperatura do ar de secagem constante. Ela foi projetada para funcionar automaticamente, dispensando a presença constante do operador e permitindo que ele exerça atividades paralelas durante o funcionamento do sistema. O operador deve ser alertado de que a cada três horas de secagem deve revolver a leira ou a camada de café dentro das caixas de secagem. O carvão vegetal com queima direta, como utilizado na fornalha, tem como vantagem ser fonte de energia limpa, ou seja, gerar calor livre de fumaça e de contaminantes durante a secagem.

### 4.3. Construção e Operação de Secador em Camada Fixa

Na secagem em camada fixa, o produto permanece num compartimento de fundo perfurado, por onde passa o ar de secagem, insuflado por um ventilador. Normalmente a secagem em camada fixa é feita em silos, independentemente da forma ou do material de construção. São providos de piso perfurado, semelhantes aos usados na secagem com baixas temperaturas.

Na secagem em camada fixa, a temperatura do ar de secagem é muito superior à temperatura do ambiente (acima de 10 °C) e a camada de produto é geralmente inferior a 1,0 m. Um ventilador, devidamente dimensionado, acoplado a uma fonte de aquecimento, faz parte desse sistema.

Com o objetivo de diminuir o custo de implantação de um sistema de secagem em camada fixa, os componentes metálicos podem ser substituídos por uma construção em alvenaria (Figura 83), permitindo que a tecnologia fique acessível a um grande número de pequenos e médios agricultores. Outro aspecto interessante desse secador é sua versatilidade. Além de ser usado para secar grãos e sementes em geral, milho em espiga, café (de todas as formas), feijão em rama, raspa de mandioca etc. O secador é, também, usado para a produção de feno e desidratação de cana-de-açúcar picada.

Dependendo do tipo e forma do material, a altura da camada de produto pode variar. Para grãos em geral, a altura da camada deve ser inferior 0,4 m. Altura acima dessa faixa poderá acarretar problemas, como o alto gradiente de umidade que se forma entre as camadas inferiores e superiores do produto.

O secador em camada fixa, como mostrado na Figura 83, é de operação simples, e a massa de grãos ou sementes deve ser revolvida, manualmente, com auxílio de pás, em intervalos regulares de até três horas, para maior uniformidade na secagem (Tabela 2). Existe no mercado um sistema revolvedor que pode ser adaptado ao secador (Figura 84).

Infelizmente, o equipamento revolvedor tem custo semelhante ao do secador. Como o secador tem capacidade estática para até 7 m<sup>3</sup> e uma batelada de café pode ser preparada em cinquenta horas, o secador em pauta pode, também, ser usado para secagem comercial de grãos dos pequenos produtores de sementes (milho, arroz, feijão e soja) em até dez horas por batelada. Por exemplo, uma bateria de três secadores pode secar facilmente 40 toneladas de semente de soja por dia, em dois turnos de trabalho.

Quando trabalhando com sementes de feijão ou de soja, o operador deve ter o cuidado para que a temperatura do ar de secagem nunca ultrapasse 40 °C e a umidade relativa ar não seja inferior a 40%.



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 50 °C e intervalo de revolvimento de três horas necessita, em média, de 50 horas efetivas de funcionamento para reduzir o teor de umidade de 65% para 12% b.u. Nessas 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 terreiro.

**Vantagens:**

- Menor custo operacional.
- Baixo investimento inicial.
- O armazenamento poder ser feito no próprio silo secador, quando se utiliza o silo convencional adaptado como secador de camada fixa.
- Fácil construção.

**Desvantagens:**

- Alto gradiente de umidade ao longo da camada de grãos, caso o revolvimento não seja feito corretamente.
- Baixa capacidade de processamento, devido ao fato de a espessura da camada recomendada para o café ser inferior a 0,4 m.

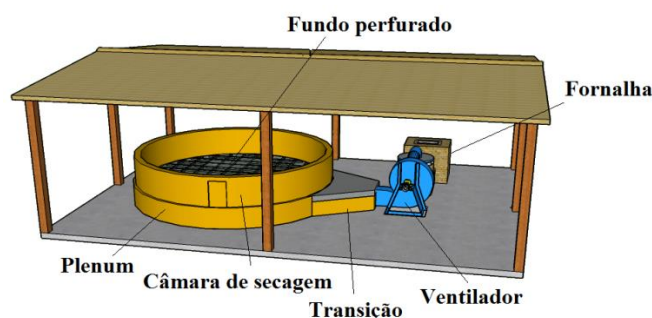


Figura 83 - Vista geral de um secador de camada fixa (modelo UFV).

Tabela 2 - Parâmetros de secagem para o secador de camada fixa ou silo secador com baixa temperatura

Prod.	Fins	Temp. (°c)	Forma	Camada (cm)	Revolvi-mento*
Milho	Semente	40	Espiga	100	não há
	Consumo	60	Granel	40	180
Feijão	Semente	45	Rama	60	120
	Semente	40	Granel	30	60
	Consumo	45	Granel	40	120
Arroz	Semente	40	Granel	30	60
	Consumo	45	Granel	40	120
Soja	Semente	40	Granel	30	60
	Consumo	45	Granel	50	120
Café	Consumo	50	Cereja	40	180
	Consumo	50	Descasca do	40	180

\* intervalo entre revolvimentos (min).



Figura 84 - Sistema revolvente para o secador em camada fixa.

## Detalhes da construção do secador em camada fixa horizontal

O secador deve ser construído em área coberta, para permitir a secagem mesmo em condições atmosféricas desfavoráveis. Com mostrado na Figura 83, o secador em pauta consta dos itens a seguir.

**Tanque secador ou câmara de secagem** – é um recipiente composto de duas partes: Câmara de secagem e Câmara plenum, separadas por uma superfície horizontal em chapa perfurada ou telada e sobre a qual é depositado o produto a ser secado. Em pontos estratégicos das câmaras, devem-se adaptar portas para descarga do produto e para limpeza ou reparo do plenum.

**Fornalha** – é o dispositivo onde é feita a queima do combustível (lenha, carvão vegetal ou qualquer tipo de biomassa). Nada impede, entretanto, que o aquecimento do ar de secagem possa ser feito, também, pela queima de GLP ou biogás. O cafeicultor deve optar pelo que for mais econômico ou disponível na fazenda. Mais adiante, neste manual, serão apresentados os diferentes tipos de fornalha que podem ser usados neste ou em outros secadores.

**Ventilador** – deve ser do tipo centrífugo ou axial por correia, se for para succionar ar quente. O ventilador deve ser dimensionado para fazer passar o ar aquecido na massa de café e deve ficar entre a fornalha e o elemento de transição, que direciona o ar de secagem para a câmara plenum.

Em um ponto de fácil leitura, localizado no elemento de transição, deve-se instalar um termômetro (até 100 °C) para o controle da temperatura do ar de secagem. Lembramos aqui que, neste tipo de secador, a temperatura do ar de secagem não deve ser superior a 50 °C na entrada da câmara plenum.

## Plantas e detalhes

As especificações para a construção do secador são vistas nas Figuras 85 a 90. Apesar da possibilidade de uso de diferentes materiais, é recomendável que o corpo do secador seja construído em alvenaria, para evitar perdas excessivas de calor e dar maior durabilidade ao sistema.

Como mencionado, o tanque secador consta, basicamente, de duas partes: câmara de secagem e câmara plenum. A altura total do tanque secador deve ser de no mínimo 140 cm, sendo de 60 cm o mínimo para a altura da câmara plenum (espaço entre a chapa

perfurada e o nível do piso onde será construído o secador) e de 80 cm para a câmara de secagem (Figura 90). A chapa perfurada ou plataforma telada (Figura 88) deve ter perfuração correspondendo ao mínimo de 25% da área do piso, e os furos ou tamanho da malha, no caso de fundo telado, devem ser menores que o menor grão a ser secado. Se for exclusivamente para café, recomendam-se furos ou malhas de 3 a 4 mm (três a quatro milímetros). Ao espaço acima da chapa perfurada dá-se o nome de câmara de secagem (Figura 90); em razão da impossibilidade de se adaptar o mecanismo de revolvimento da massa da massa de grãos, recomenda-se um raio máximo de 2,5 m.

A forma geométrica do tanque secador poderá ser a mais variada possível. Entretanto, a forma circular apresenta melhor estabilidade na construção, melhor uniformidade na distribuição de ar e, conseqüentemente, uma secagem também mais uniforme em toda a área projetada do secador (Figura 85). Infelizmente, o não revolvimento da camada pode trazer muitos problemas, como o alto gradiente de umidade ao longo da altura da camada de grãos.

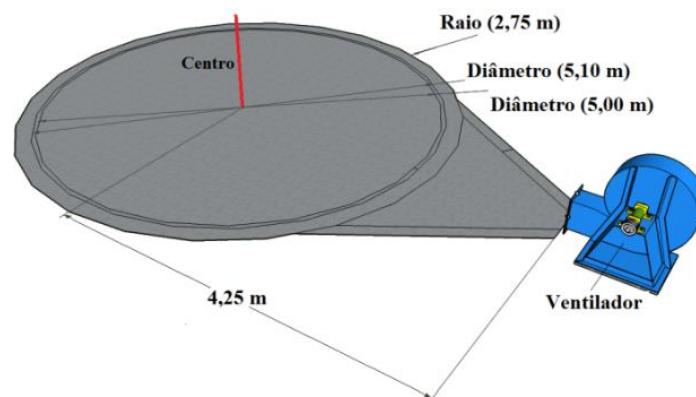


Figura 85 - Detalhe da marcação da planta baixa, para construção do secador.

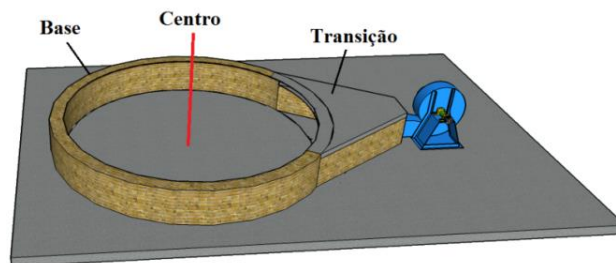


Figura 86 - Detalhe da construção da base do secador, mostrando a abertura do elemento de transição.

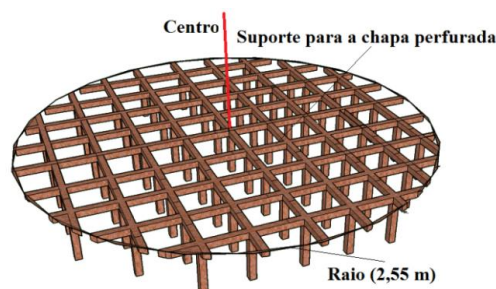


Figura 87 - Detalhe do suporte ou engradamento para o fundo perfurado.

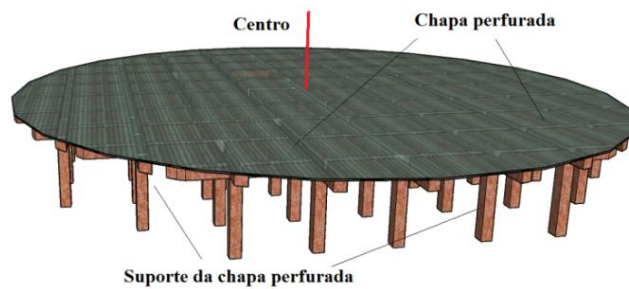


Figura 88 - Detalhe do posicionamento do fundo perfurado sobre o suporte.

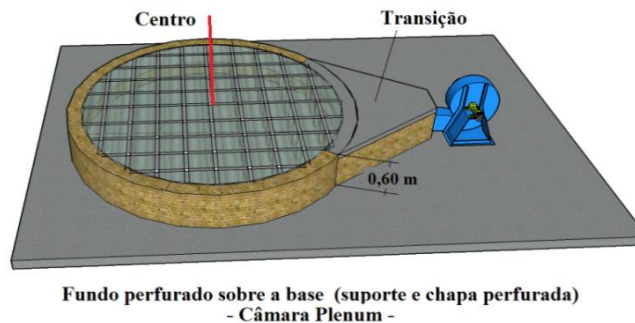


Figura 89 - Detalhe da formação da base do secador (câmara plenum, transição e ventilador).

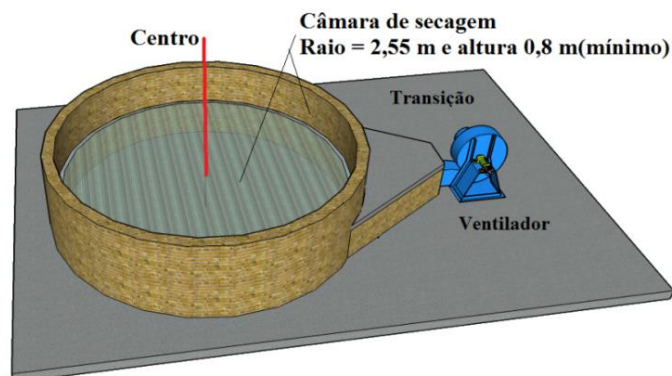


Figura 90 - Detalhe da formação do conjunto secador de camada fixa, sem a fornalha.

Como o custo e a dificuldade da mão de obra têm trazido problemas para o custo de produção, muitos produtores têm trabalhado com esse tipo de secador, sem o revolvimento da camada. Sendo assim, vamos detalhar, nesse ponto, alguns problemas com a adoção desse procedimento.

Na secagem em secador tipo camada fixa, o ar entra quente e seco pela chapa perfurada e é exaurido frio e úmido na superfície superior da camada de café, como se pode observar na Figura 91. Simplificando um pouco mais, ao atravessar a camada total de café (dividida em várias subcamadas ou camadas finas), e atravessando cada uma dessas subcamadas, o ar vai sendo resfriado e umidificado pela água liberada dos grãos da subcamada inferior. Assim, na Figura 91, cada camada apresenta uma umidade diferente, que estão representadas por cores. Na figura (após várias horas de secagem), a cor amarelo-clara representa a camada de grãos mais secos e quentes, e a cor vermelho-escura, grãos mais úmidos e frios.



Figura 91 - Comportamento do ar de secagem em secador de camada fixa.

Dependendo da temperatura do ar de secagem, do fluxo de ar empregado, da umidade inicial do café e da altura da camada de grãos na “Câmara de secagem ou Caixa”, a secagem ocorre segundo uma faixa ou frente que se move de baixo para cima. Os projetistas de secador chamam essa faixa de frente de secagem, conforme esquematizado na Figura 92. A figura indica que, depois de decorridas algumas horas de secagem (20 horas, por exemplo), formou-se a frente de secagem, e ela já se moveu e secou algumas subcamadas. Portanto, abaixo da frente de secagem, todo o produto está seco e em equilíbrio com o ar de secagem, ou seja, não seca mais e, com o passar do tempo (50 horas, por exemplo), a frente de secagem já terá atravessado toda a camada de grãos. Assim, todo o produto estará seco e com o mesmo teor de umidade, ou seja, na umidade de equilíbrio com o ar de secagem.

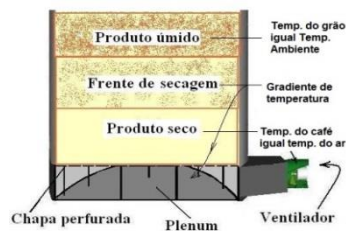


Figura 92 - Comportamento da frente de secagem em secador de camada fixa.

Como toda a camada de café estará em equilíbrio e com a mesma umidade final, o cafeicultor pode pensar que não precisa revolver a camada de café com a temperatura recomendada (50 °C). Realmente, todos os grãos ou frutos do café atingiram a umidade de equilíbrio com o ar de secagem em alta temperatura e baixa umidade relativa e, portanto, com o ar muito seco. Nesse ponto é que está o problema que muitos ignoram, ou seja, o café estará muito seco, com prejuízo para qualidade, consumo de energia e de tempo.

Suponha que na fazenda, durante a secagem do café nesse tipo de secador, as médias de temperatura e de umidade relativa do ar ambiente sejam de 22 °C e 62%, respectivamente. Se o ar nessa condição fosse passado por uma camada de café de 50 cm, depois de certo tempo (120 horas, por exemplo), todo o café estaria seco a uma umidade de 12,5% (umidade de equilíbrio com o ar ambiente). Acontece que um café úmido, mesmo gastando menos de 120 horas para secar, pode ter sofrido alguma fermentação nas camadas superiores e prejudicado a qualidade final do produto.

Para acelerar o processo de secagem para cinquenta horas, por exemplo, a única solução seria aumentar a temperatura de secagem (aumentar o fluxo de ar, outra opção, não seria econômico). Aumentar a temperatura de secagem para 40 °C pode ser uma solução. Assim, a umidade relativa do ar de secagem, antes com 62%, passaria a ser de 25%. Com o novo ar de secagem (40 °C de temperatura e 25% de umidade relativa) e depois de determinado tempo, as camadas abaixo da frente de secagem, até a última



camada fina ter secado no nível desejado (12% de umidade), terão atingido uma umidade final de 7%. Se continuar a secagem até que a frente de secagem desapareça, toda a massa de café estará homogênea em temperatura e umidade; entretanto, ela estará muito seca e sujeita a quebras durante o beneficiamento, trazendo grande prejuízo financeiro por causa, principalmente, da perda de peso, do consumo de energia e de possíveis problemas na composição do grão de café.

Para solucionar parte do problema, em função do não revolvimento da camada, alguns projetistas procuram, para determinada situação, dimensionar a altura máxima da camada de grãos igual ou menor que a espessura da frente de secagem, tolerando os gradientes de temperatura e umidade para cada tipo de grão e umidade inicial (SILVA, 2008). Dos grãos comerciais, o único que permite uma variação gradual no teor de água é o milho comum; nesse caso, é de três pontos percentuais entre a camada mais seca e a mais úmida, para uma umidade média final de 13%.

Infelizmente, para um café de qualidade, a tolerância máxima é de 0,5 ponto percentual, que é a variação da umidade média indicada por um bom medidor de umidade. Caso a variação de umidade entre os grãos aumente, o café apresentará um dos mais sérios defeitos, que é a “torra má”. Na Figura 93a, observa-se que a torra é inferior à do café mostrado na Figura 93b (torra não homogênea), que mostra, claramente, a quantidade de grãos passados do ponto de torra ideal, e isso não é tolerável para um café de qualidade.



(a)

(b)

Figura 93 - (a) Seca desuniforme dos grãos; (b) seca homogênea dos grãos.

Diante do exposto, pode-se dizer: em secadores tradicionais, é quase impossível secar café sem o devido revolvimento das camadas se a temperatura do ar de secagem estiver 10 °C acima da temperatura média do ambiente e a umidade relativa, abaixo de 50%. Portanto, o café deve ser revolvido continuamente ou no máximo, dependendo da temperatura e do fluxo do ar de secagem, de três em três horas.

Para que se tenha melhor ideia sobre o assunto, admita-se que o secador em camada fixa ou “secador tipo caixa” esteja sendo operado com o ar a 40 °C e nas condições ambientes de 22 °C de temperatura e 62% de umidade. Como foi mencionado, a 40 °C, a umidade relativa do ar de secagem passa a ser de 25%. Com esse ar (40 °C de temperatura e 25% de umidade relativa), e depois de um tempo relativamente curto, os cafés, na primeira subcamada, terão atingido uma umidade final de 7%. Nesse tempo, as subcamadas superiores ainda estarão secando. Se o operador parar a secagem porque amostras retiradas das subcamadas superiores atingiram 12% de umidade, ele descarregará o secador com a massa de café apresentando uma umidade média de 9,5% sob gradiente de umidade de cinco pontos percentuais (cinco pontos de umidade entre a primeira e a última subcamada).

Suponha agora que o operador retire amostras com cuidado de todas as camadas do “Secador Caixa ou de Camada fixa” e interrompa a secagem quando a umidade média das



camadas atingir 12%. Nesse caso, as subcamadas superiores poderão estar com umidade superior a 18%, e nenhum classificador consciente aprovará esse café depois de uma análise criteriosa. Devemos lembrar que os determinadores de umidade não medem a umidade de grãos individualmente. O medidor indica o valor médio da umidade da amostra. Uma secagem desuniforme só será notada durante o beneficiamento e, principalmente, na torra do café, que é feita por ocasião da classificação por bebida.

Mais adiante, quando for mencionada a secagem complementar em silos, durante a armazenagem, o assunto será abordado quando for descrita a pré-secagem em camada fixa para o café cereja descascado, que, devidamente trabalhado, pode dispensar o revolvimento da camada em secadores de camada fixa.

#### 4.4. Secadores em camada fixa alternativos

Como é difícil convencer o cafeicultor que não quer ou não pode adquirir um secador com revolvimento mecanizado ou não quer investir em mão de obra para o adequado revolvimento do café, serão mostradas, a partir deste ponto, alternativas de secadores em camada fixa que, com pequeno investimento adicional em roscas transportadoras ou rosca-sem-fim, podem solucionar parte das dificuldades apresentadas pelos secadores em camada fixa horizontais, também conhecidos como secadores “caixa”, os quais podem produzir um excelente café sem os problemas anteriormente mencionados.

#### Secador em camadas fixas inclinadas

Os secadores em camada fixa inclinada nas formas de “V” ou de “V invertido”, mostrados nas Figuras 94 e 95, respectivamente, necessitam de três roscas-sem-fim fixas ou de uma fixa e uma rosca móvel para fazer o revolvimento do produto em horas preestabelecidas. Recomenda-se, pelo menos, um revolvimento diário. O ideal seria revolvimento de três em três horas para uma secagem homogênea. Como no secador em camada fixa tradicional, recomenda-se que seja construído em alvenaria.

Tanto a câmara plenum quanto a câmara de secagem são inclinadas em, no mínimo, 45° em relação à horizontal, para facilitar o escoamento do produto. A espessura da câmara de secagem ou camada de grãos (Figura 96) é estabelecida por tábuas verticais paralelas e reguláveis (Figura 97). O afastamento entre as tábuas reguláveis e a chapa perfurada fornece a altura aproximada da camada de secagem.

Como em qualquer secador, deve-se optar pela fornalha mais eficiente ou de custo compatível com o secador, e o conjunto deve ser construído sob uma cobertura.

Caso não se queira usar as roscas transportadoras, o secador pode ter carga e descarga manual, como mostrado na Figura 98. Nesta figura vê-se que o teto do secador é também um coletor solar. Pode-se, também, optar por construir o secador com câmara única, com ou sem descarga por rosca sem fim (Figura 98). O modelo é ideal para ser construído em um terreno tipo corte para barranco.

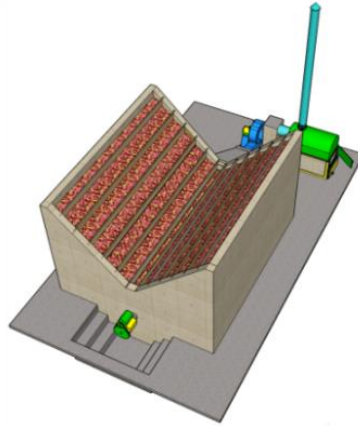


Figura 94 - Vista geral do secador de camada fixa inclinada em forma de “V”.

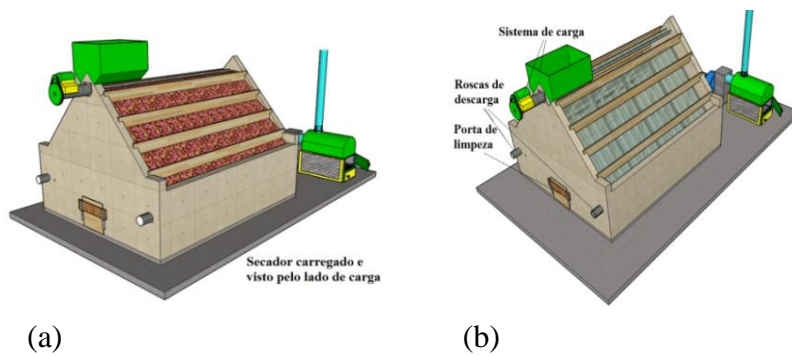


Figura 95 - Vista geral do secador de camada fixa inclinada em forma de “V invertido” com carga (a) e vazio (b).

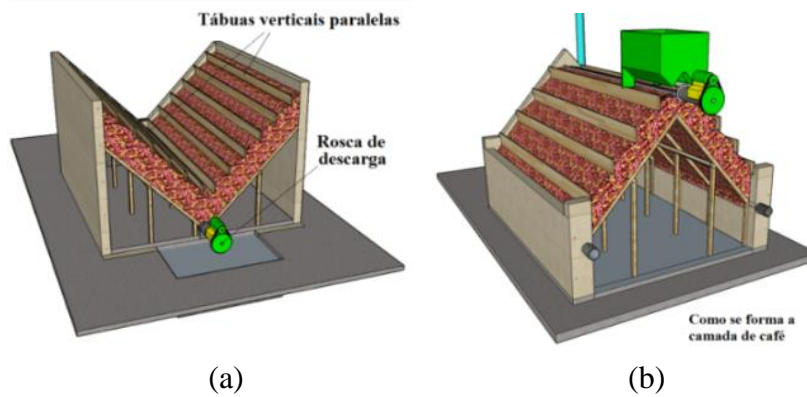


Figura 96 - Vista em corte, mostrando a formação da camada (a) inclinada em “V” e (b) em “V invertido”.

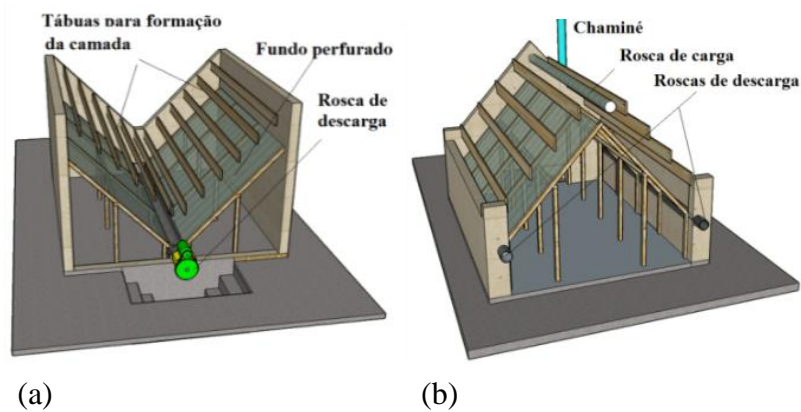


Figura 97 - Detalhes da chapa perfurada e das tábuas de formação das camadas (a) em “V” e (b) em “V” invertido.

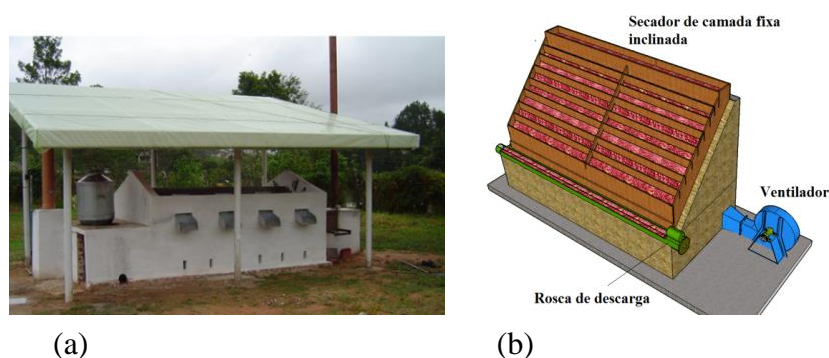


Figura 98 - Camada inclinada dupla em “V” invertido com carga e descarga manual (a) e secador com câmara única (b).

## Secador em camada fixa basculante

Um sistema em camada fixa que pode ser facilmente fabricado e facilitará bastante o uso da mão de obra durante o revolvimento e a descarga é o secador em camada fixa, com sistema basculante (Figura 99). O secador consiste de câmaras em formato retangular, tendo cada uma (câmara plenum e câmara de secagem) a altura de meio metro (0,50 m). O conjunto deve trabalhar, preferencialmente, na horizontal e só ser inclinado para revolvimento e descarga do produto (Figura 100).

Como a altura de camada de café não deve ser superior a trinta centímetros (0,3 cm), as operações de carga, revolvimento e descarga ficam bastante facilitadas. Nesse ponto, é importante relembrar que a velocidade de secagem depende da temperatura, do fluxo de ar de secagem e da umidade inicial do produto. Portanto, manter a altura da camada de produto igual ou menor que a “frente de secagem” (ver Figuras 91 e 92) calculada para as condições normais do secador é muito importante e tem a finalidade de reduzir os gradientes de temperatura e umidade da camada de produto.

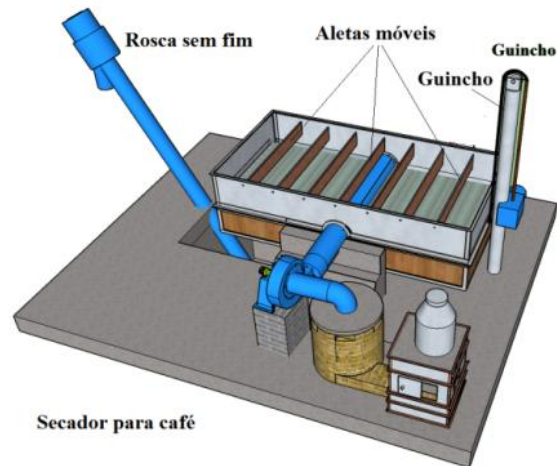


Figura 99 - Secador basculante em camada fixa, com detalhe das aletas móveis.

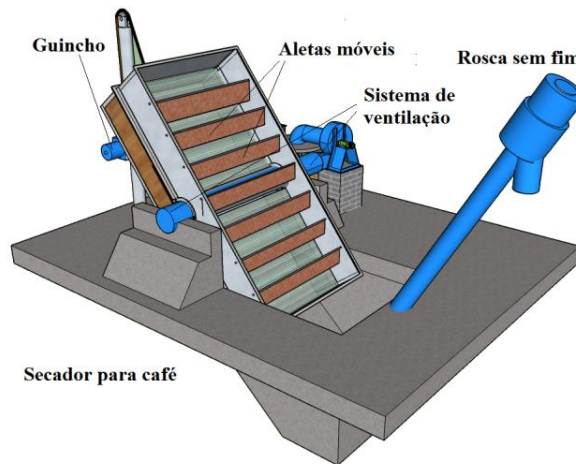


Figura 100 - Secador em camada fixa basculante, em posição de descarga.

O cafeicultor deve ser alertado de que usar a câmara de secagem como depósito de produto úmido só traz problemas para a qualidade final do produto, devido ao umedecimento e à fermentação das camadas superiores à “frente de secagem”.

Se o agricultor tiver dificuldade de manter o café úmido, à espera da secagem, em razão da falta de sincronia entre colheita e secagem, o melhor é construir pré-secadores para secar o café até 18% de umidade e manter o produto em tulhas com aeração para secagem complementar, após finalizar a colheita. Com esse procedimento, o sistema de secagem passa a ser pouco dependente da velocidade de colheita ou da falta de terreiros tradicionais. Construção e manejo de tulhas com aeração serão vistos mais adiante, neste manual.

Durante a construção e operação do secador basculante não se pode deixar de usar as aletas móveis (Figura 100). Construídas em chapas metálicas ou em madeira, elas têm a finalidade de impedir que durante as operações de revolvimento e descarga o produto não escoe de uma vez, o que traz dificuldade nessas operações.

Para fazer a distribuição de ar quente na câmara plenum e desta para a câmara de secagem, o calor produzido pela fornalha é succionado pelo ventilador e distribuído pelo duto de suporte na sua metade inferior, que é confeccionado em chapa perfurada (Figura 101).

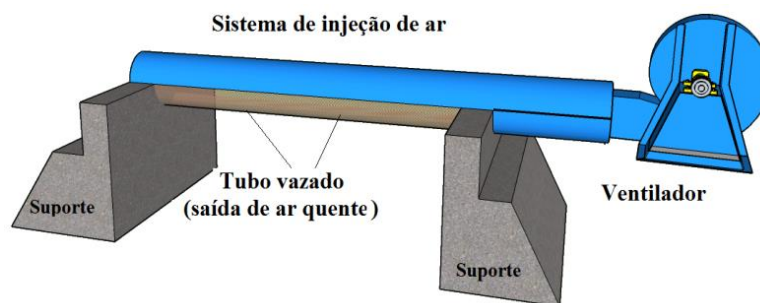


Figura 101 - Duto para suporte do sistema de secagem e distribuição de ar no plenum.

## Secador tipo terreiro suspenso com ar quente e ventilação

Os terreiros suspensos, por não estarem em contato direto com o piso, não apresentam problemas de limpeza e desinfecção e, portanto, o produto fica menos exposto à contaminação por microrganismos indesejáveis. Além disso, o terreiro suspenso traz vantagem, como a ventilação natural, que dispensa o maior número de revolvimento do produto. Uma desvantagem muito grande do terreiro suspenso está no final da secagem, que é muito influenciada pelas altas umidades relativas noturnas.

Uma técnica que muitos cafeicultores adotam é a de cobrir o terreiro suspenso com uma lona plástica transparente (Figura 102), que permite a radiação solar e protege o café de chuvas eventuais. Mesmo com esse melhoramento, o terreiro suspenso continua com secagem lenta, devido aos efeitos do ambiente noturno (do ar e do solo sob o terreiro).



Figura 102 - Manejo do terreiro suspenso com sistema de cobertura transparente.

Uma alternativa para melhorar e reduzir o tempo de secagem do terreiro suspenso seria transformá-lo em secador com ventilação forçada com ar aquecido por uma fornalha apropriada, e o sistema de aquecimento indireto (Figura 103) é uma boa opção. Feita a adaptação da fornalha e do trocador de calor sob o fundo telado do terreiro suspenso (Figura 104), basta construir uma parede com pequenos ventiladores axiais ao redor do terreiro suspenso e teremos um bom secador.



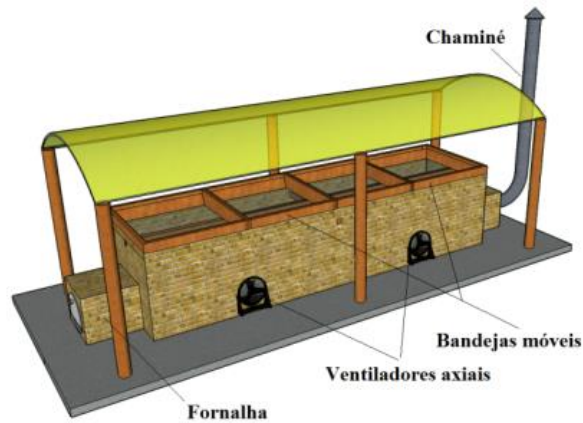


Figura 103 - Terreiro suspenso modificado, com ar aquecido e forçado por quatro pequenos ventiladores axiais.

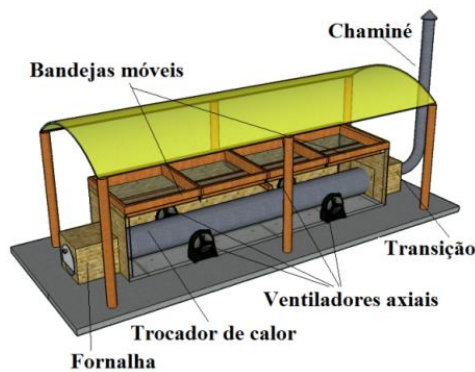


Figura 104 - Detalhes internos do sistema de aquecimento do ar de secagem.

O trocador de calor, formado por um tubo em chapa de aço (3 mm) e com 60 cm de diâmetro, faz a ligação da fornalha com a chaminé. A função dos pequenos ventiladores axiais (semelhantes) é retirar o calor do trocador e forçá-lo a atravessar a camada de café, que deve ser revolvida periodicamente, para homogeneização da secagem. Os quatro pequenos ventiladores podem ser substituídos por um único ventilador, conforme ilustrado nas Figuras 105 e 106.

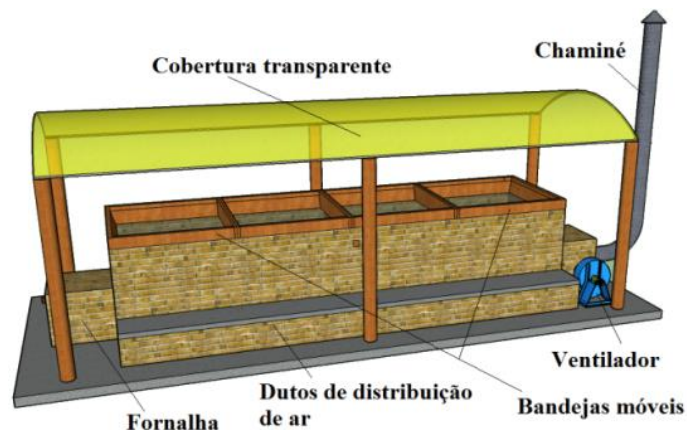


Figura 105 - Secador tipo terreiro suspenso modificado, com ar aquecido e forçado por um ventilador centrífugo.

Além de aproveitar a radiação solar, como no terreiro suspenso original, a adaptação do sistema de ar aquecido permite a secagem durante períodos chuvosos e na



ausência da radiação solar. Com base em custo, os pequenos ventiladores axiais podem ser substituídos por um ventilador centrífugo de potência equivalente e forçando a entrar pelos mesmos pontos onde seriam instalados os pequenos ventiladores axiais (Figuras 105 e 106).

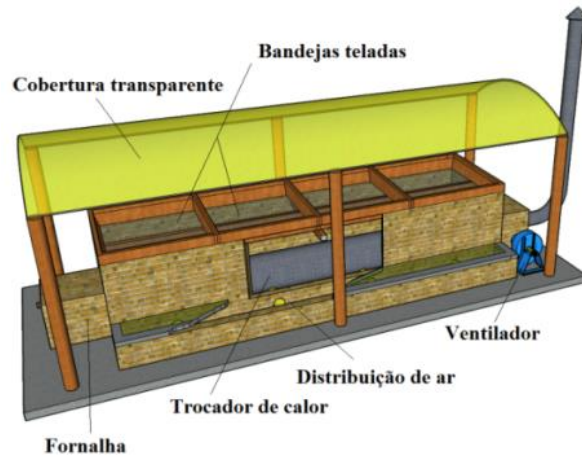


Figura 106 - Detalhes internos do terreiro suspenso modificado, com ar forçado por um ventilador centrífugo.

O secador tipo terreiro suspenso com ar aquecido e forçado por ventiladores pode ser submetido às seguintes modificações:

- Adaptação de uma fornalha, preferencialmente à lenha.
- Adaptação de um trocador de calor de tubo único com 60 cm de comprimento e chapa de aço carbono de 3,0 mm de espessura.
- Se for construir um secador novo, ele deverá ser de, no máximo, dois metros de largura por cinco de comprimento, e a tela única pode ser substituída por bandejas móveis, para facilitar a limpeza e manutenção do secador (Figuras 107 e 108).
- A cobertura transparente deve ser do tipo removível, para maior durabilidade.
- O conjunto, fornalha, trocador de calor, transição e chaminé, deve ser montado de tal forma que não permita a contaminação do ar de secagem por fumaça.

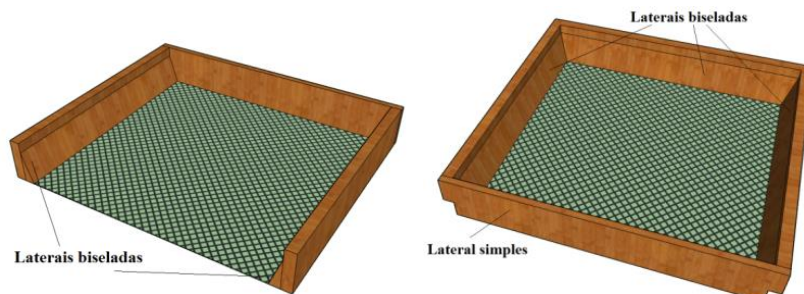


Figura 107 - Detalhes da bandeja para as extremidades do secador.

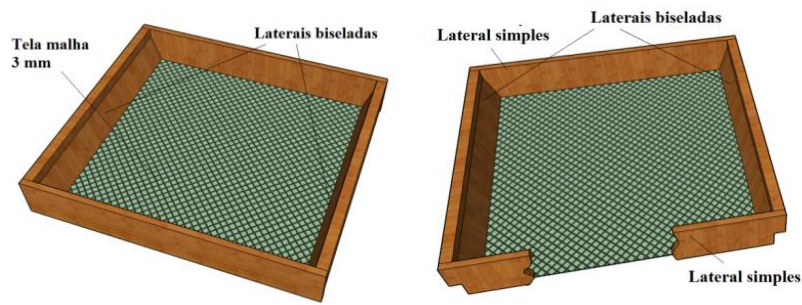
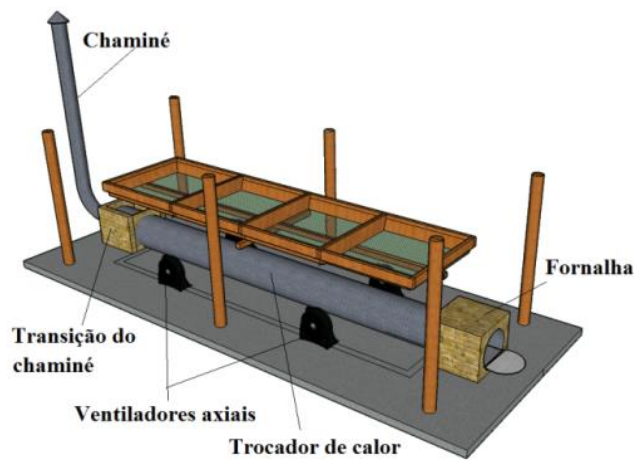


Figura 108 - Detalhes das bandejas internas (entre as bandejas das extremidades do secador).

As Figuras 109 e 110 mostram os detalhes internos dos dois tipos de secadores, ou seja, com ventilação forçada por quatro pequenos ventiladores axiais ou por um ventilador centrífugo, respectivamente.

Caso haja uma estufa desativada ou com dificuldades de funcionamento, o cafeicultor pode aproveitá-la para geração de calor durante os dias ensolarados, a fim de reduzir o consumo de lenha e a mão de obra para operar a fornalha. Para isso, deve-se pintar o piso da estufa em preto fosco e fazer a ligação com o ventilador do secador. Não se deve esquecer de adicionar uma abertura na parte posterior da estufa, para entrada de ar frio. Essa abertura nunca poderá ser fechada. Caso isso ocorra, o ventilador poderá, pela força de sucção, danificar o sistema. A Figura 111 dá uma ideia de como fazer o acoplamento da estufa com o secador.



Figuras 109 - Detalhes dos componentes do secador suspenso modificado com ventiladores axiais.

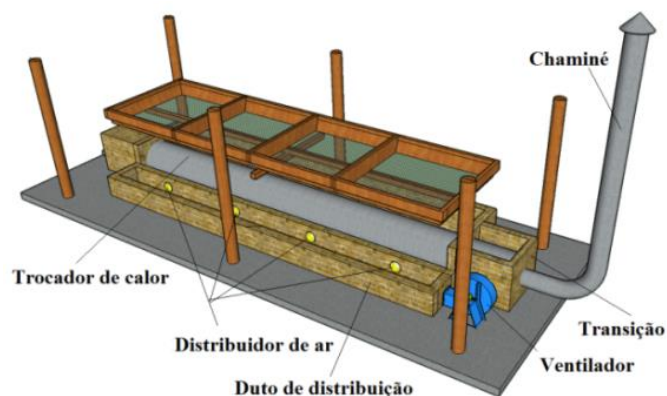


Figura 110 - Detalhes dos componentes do secador suspenso modificado com ventilador centrífugo.

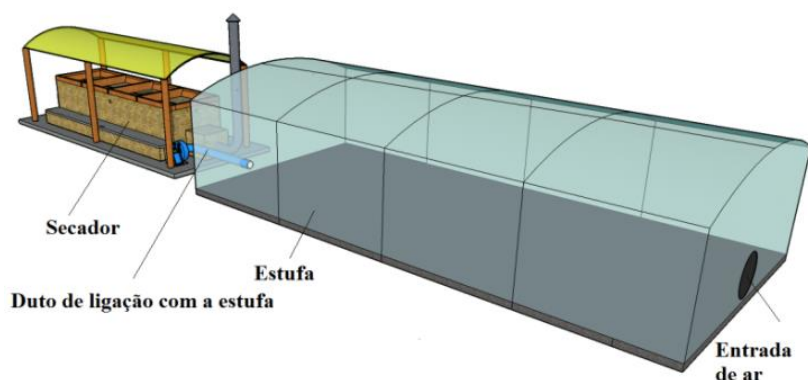


Figura 111 - Acoplamento de uma estufa para geração de calor, via energia solar, para aquecimento do ar.

## Secador intermitente de fluxos concorrentes

Estudos desenvolvidos na UFV sobre a secagem de café em secadores de fluxos concorrentes, ou seja, em secadores em que o ar de secagem e o produto fluem na mesma direção no secador, utilizando temperaturas do ar de secagem a 80, 100 e 120 °C e teor de umidade inicial do produto a 25% b.u., mostraram que é possível obter baixo consumo específico de energia utilizando as temperaturas mais elevadas. Verificou-se que, embora a temperatura recomendada para a secagem do café, para esse tipo de secador, seja de 80 °C, foi possível, com revolvimento contínuo e regulagem adequada da velocidade do produto, realizar a secagem com até 120 °C sem prejudicar a qualidade final da bebida.

A Figura 112 mostra os detalhes de um secador de fluxo concorrente no qual o produto é carregado, revolvido e descarregado por um elevador de canecas. Já a Figura 113 mostra um secador semelhante, onde as operações mencionadas são executadas por um transportador pneumático.

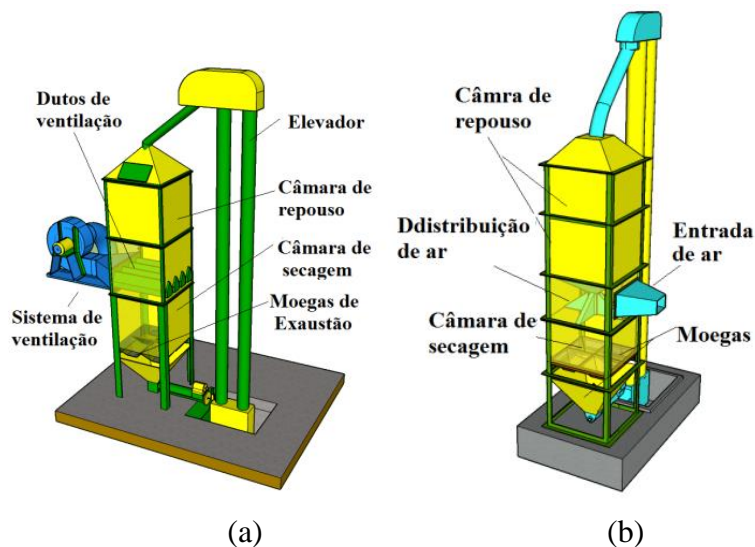


Figura 112 - Secador de fluxos concorrentes com carga, revolvimento e descarga por elevador de canecas (a) com injeção de ar por dutos e (b) com injeção por moega de distribuição.

No secador da Figura 113, o revolvimento do produto é executado de três em três horas, durante cinco minutos. Para maior eficiência de secagem, foi acoplado a ele um pré-secador tipo terreiro híbrido (Figura 113b), que funciona com o mesmo ventilador do secador de fluxos concorrentes, quando o produto não está sendo revolvido. Nesse sistema, o único ventilador faz as operações de carga, revolvimento, descarga e ventilação dos dois secadores.

A grande vantagem do secador de fluxos concorrentes com o sistema pneumático é que ele pode trabalhar com carga total e até apenas uns 500 litros de café. Com carga muito inferior a 1/3 da carga máxima, devem-se fechar as calhas de captação para que o ar seja exaurido nas moegas perfuradas (Figura 114).

Devido ao fato de o secador pneumático ter uma forma de construção que necessita de uma oficina mais sofisticada, será detalhado, neste manual, apenas o modelo com sistema de carga, revolvimento e descarga por elevador. Quanto ao secador pneumático, o interessado deve procurar um dos autores para obter detalhes técnicos ou elaborar um projeto detalhado.

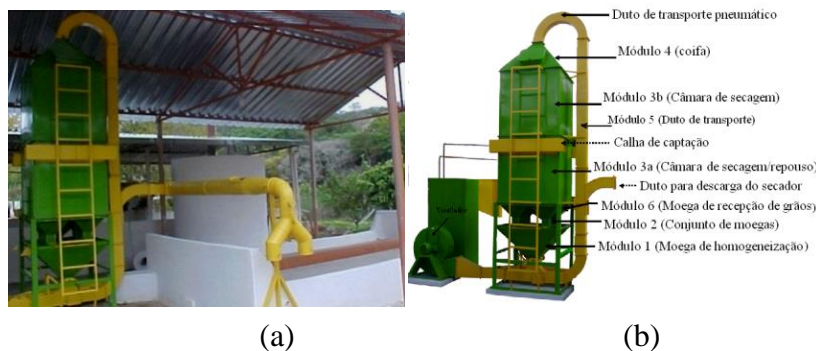


Figura 113 - Secador de fluxos concorrentes com carga, revolvimento e descarga por pneumático.





Figura 114 - Conjunto de moegas de distribuição e de exaustão do ar de secagem para carga incompleta (módulo 2 na Figura 113b).

### Construção dos secadores de fluxos concorrentes

Geralmente o primeiro pensamento de um cafeicultor que deseja melhorar o seu sistema de secagem é que os secadores devem ser industrializados e que devem ser fabricados em componentes metálicos. Poucos pensam em procurar uma ajuda para reduzir o custo do equipamento ou saber qual é o mais adequado (modelo, tamanho e forma de energia) para as suas condições climáticas, volume e sistema de produção e, acima de tudo, para suas condições financeiras.

O cafeicultor deve entender que um secador consta basicamente de um depósito, para sustentar o produto; de uma fonte de aquecimento, para reduzir a umidade relativa do ar de secagem; de um sistema de ventilação, para forçar o ar quente a passar pela massa de café; e, se possível, de um sistema de revolvimento do produto, para uniformizar a umidade final. Assim, qualquer sistema semelhante aos que já mostramos até o momento e outros que serão mostrados mais adiante podem, se operados corretamente, ser considerados sistemas ideais para a secagem do café e de outros produtos.

Entendendo os princípios básicos da secagem de produtos agrícolas, como funciona um secador e contando com os serviços de pedreiro e serralheiro, o cafeicultor pode, adquirindo componentes no mercado ou construindo na própria fazenda, construir o seu secador, que, além de mais eficiente, terá um custo muito inferior ao produzido industrialmente.

Os secadores de fluxos concorrentes, com visto na Figura 112, podem ser construídos para várias capacidades e com estrutura metálica ou em alvenaria. A capacidade vai depender das dimensões da área básica do secador e da altura dos módulos. Por exemplo, se a área básica for de 1 m x 1 m, internamente, ou de 1 m<sup>2</sup> e cada módulo com 1,0 m de altura, os secadores mostrados na Figura 112 terão capacidades estáticas de, aproximadamente, 3.000 L de café.

Se a opção for pela construção em estrutura metálica, o secador deve ser constituído em módulos, para compor um “kit” de fácil transporte e montagem pelo usuário. Devem fazer parte do kit: moega de homogeneização ou principal com rosca sem fim (Figura 115); conjunto de moegas de distribuição ou de exaustão em chapa perfurada e com perfuração mínima de 20% (Figura 116); câmara de secagem (Figura 117) e câmara de descanso ou repouso com a coifa ou cobertura (Figura 118); e sistema de ventilação com dutos de distribuição de ar (Figura 119). Deve-se escolher um



elevador de canecas que atenda à carga, revolvimento e descarga do produto. Caso seja necessário descarregar em tulas, o elevador deve ter altura apropriada. O kit deve ser construído com chapas metálicas nº18 e cantoneiras de 50 x 50 x 3 mm, sendo os módulos unidos entre si com parafusos, formando uma estrutura compacta. O primeiro e segundo módulos devem possuir cantoneiras de 100 x 100 x 5 mm, para dar estabilidade e sustentação ao conjunto (Figura 120).

Caso seja construído o fosso do elevador com maior profundidade, pode-se dispensar a rosca sem fim, e o produto descerá por gravidade. Deve-se lembrar de que um fosso profundo e um elevador mais alto poderão ser mais caros e menos práticos do que o uso da pequena rosca sem fim para a função de recirculação e descarga do produto.

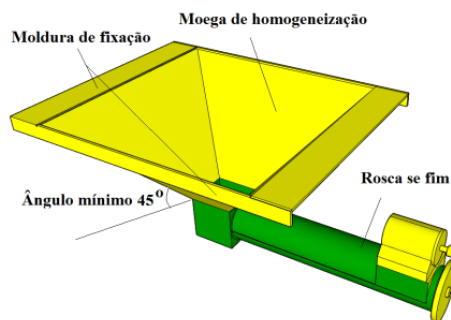


Figura 115 - Moega de homogeneização e rosca sem fim para carga, recirculação e descarga.

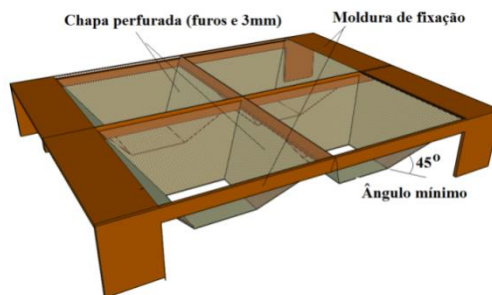


Figura 116 - Moegas de distribuição ou de exaustão em chapa perfurada e com perfuração mínima de 20%.

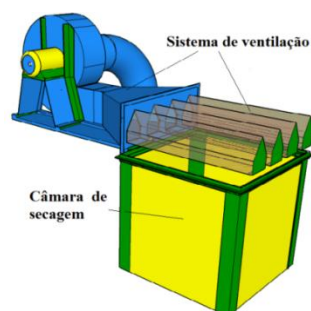


Figura 117 - Câmara de secagem e posicionamento do sistema de ventilação.



Figura 118 - Detalhes da câmara de repouso ou de descanso, com a coifa e porta de inspeção.

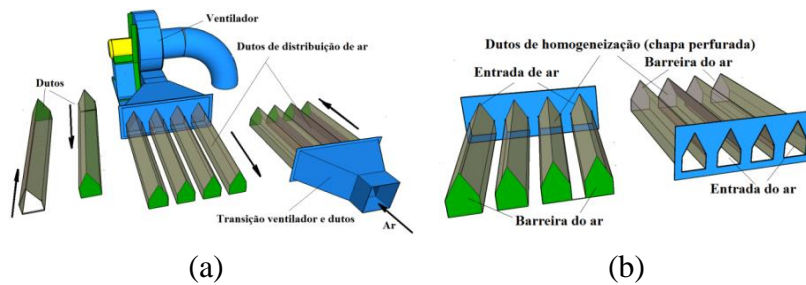


Figura 119 - Sistema de ventilação (a), com detalhes dos dutos de distribuição de ar (b).

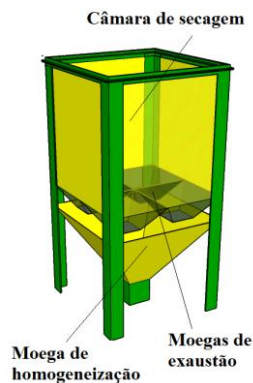


Figura 120 - Base do secador, com detalhes da câmara de secagem e moegas de exaustão e de distribuição.

Com o kit totalmente montado, o secador de fluxo concorrente em construção metálica fica como apresentado na Figura 112a. Nesse modelo, o secador deve trabalhar completamente cheio, para que a secagem seja caracterizada como concorrente. Caso contrário, o secador passa a funcionar com parte do fluxo de ar como contracorrente. Se isso acontecer, a janela da coifa deve ficar aberta, para a saída de parte do ar de exaustão que não deve ser direcionado para a tubulação do elevador.

Uma opção muito interessante e que pode reduzir, ainda mais, o custo do secador, aumentar a sua durabilidade e tornar o sistema termicamente mais eficiente é fazer a construção do corpo do secador em alvenaria, como mostrado na Figura 121. Nesse caso, o secador deve ser montado como mostrado nas Figuras 122 e 123. O sistema de ventilação e os componentes internos do secador em alvenaria são os mesmos utilizados para o secador com o corpo em chapa metálica (Figuras 115, 116 e 119). Portanto, as dimensões internas da estrutura de concreto e alvenaria (Figuras 122 e 123) devem permitir o encaixe dos componentes do kit metálico (Figuras 115, 116 e 119).

Na moega de descarga ou de homogeneização, deve ser adaptada uma cruzeta distribuidora (Figura 124) ou uma pirâmide elevada, como na Figura 125, para homogeneizar a descida do café em toda a área transversal do secador.

O modelo da Figura 112a só não funcionará se a carga estiver no nível ou abaixo dos dutos de distribuição. Já o modelo representado pela Figura 112b, apesar de possuir um sistema de injeção de ar um pouco mais complicado e necessitar de maior altura do que o apresentado na Figura 112a, garante ao secador que os fluxos sejam concorrentes, mesmo estando com carga parcial. O registro colocado na moega de injeção de ar permite trabalhar com o secador com qualquer quantidade de produto (Figuras 126, 127 e 128).

O módulo de injeção de ar quente como apresentado na Figura 128 praticamente impede os fluxos contracorrentes, fazendo com que o ar de exaustão se dirija sempre para dutos de exaustão (Figura 112b e Figura 129).

Como foi feito para o modelo mostrado na Figura 121, o modelo apresentado na Figura 112b pode ser também construído em alvenaria. Se o módulo de distribuição de ar e quebra do ângulo de repouso da camada de grãos (Figura 128) for colocado no lugar da câmara de repouso inferior, podem-se eliminar os dutos de exaustão. Nesse caso, a exaustão do ar de secagem será feita pelas moegas de exaustão, conforme visto nas Figuras 114, 116 e 120, e o secador terá a configuração mostrada na Figura 130.

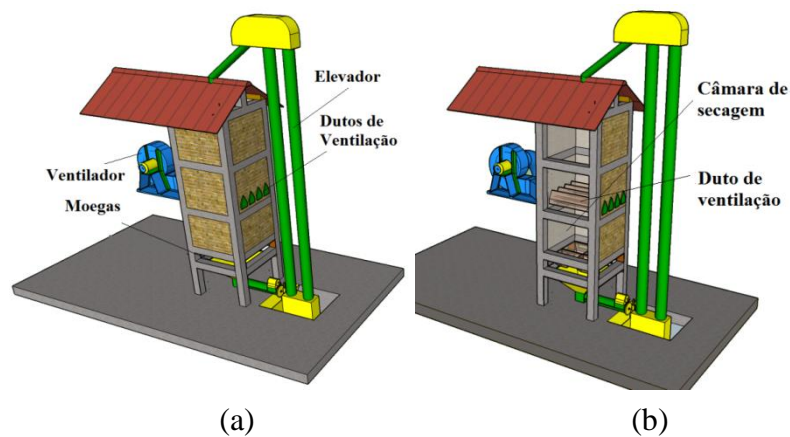


Figura 121 - Secador de fluxos concorrentes com carga, revolvimento e descarga por elevador de canecas com injeção de ar por dutos: vista geral (a) e vista em transparência (b).

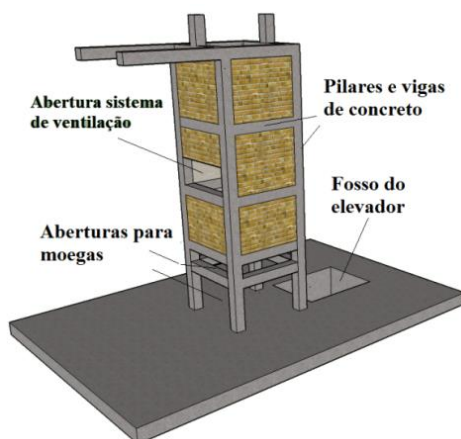


Figura 122 - Detalhes do corpo do secador em alvenaria, mostrando as aberturas para sistema de ventilação e moegas.

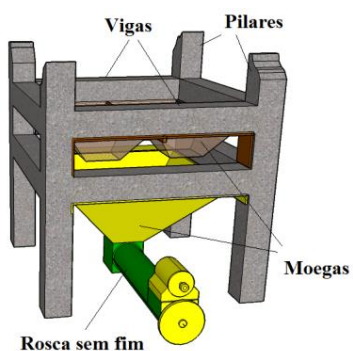


Figura 123 - Detalhes da base do secador, com o corpo construído em alvenaria com sistema de moegas.



Figura 124 - Detalhe do posicionamento da cruzeta na moega de homogeneização.

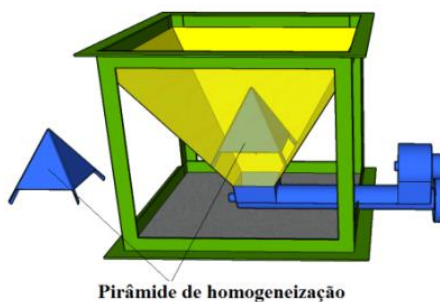


Figura 125 - Detalhes da base com moega e pirâmide de homogeneização.

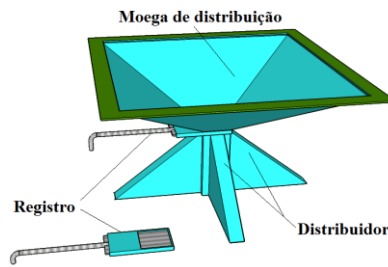


Figura 126 - Detalhes da moega de distribuição de ar quente e registro para forçar fluxo concorrente com carga do secador abaixo do nível da moega.

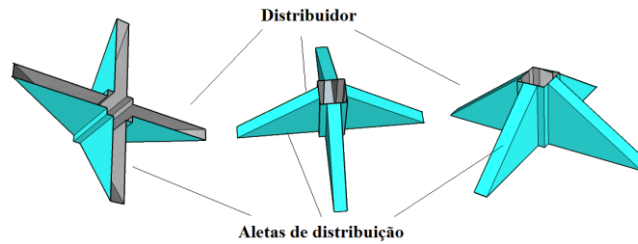


Figura 127 - Detalhe do elemento para construção das aletas do distribuidor de grãos.

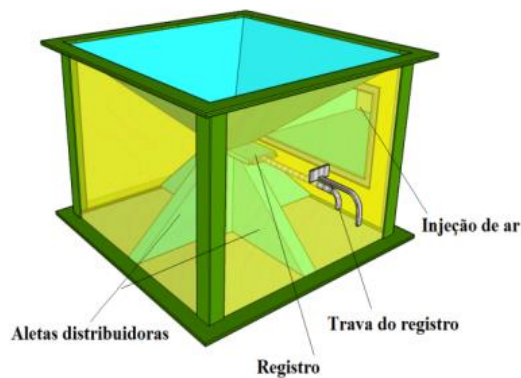


Figura 128 - Módulo de distribuição de ar e quebra do ângulo de repouso da cama de grãos.

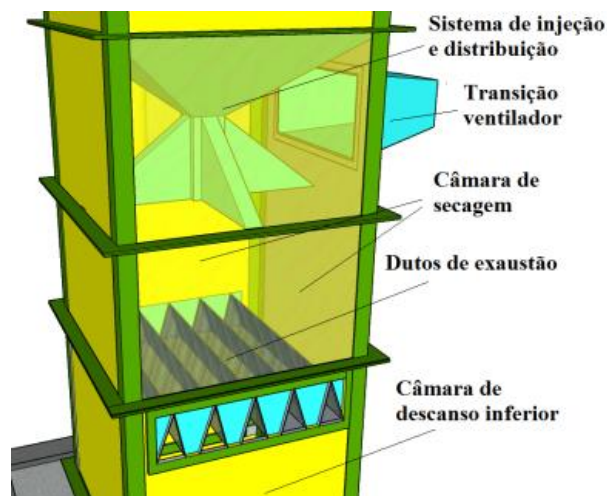


Figura 129 - Detalhes do sistema de injeção de ar, distribuição de grãos e dutos de exaustão.



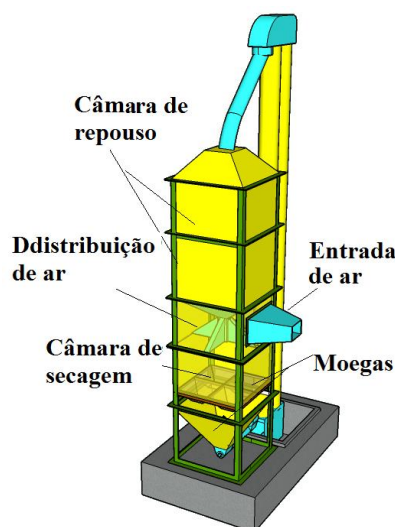


Figura 130 - Secador de fluxos concorrentes com moega de distribuição e exaustão pelas moegas de homogeneização.

## Secadores Rotativos para o Café

Para que se possa apresentar a ideia e os detalhes construtivos e operacionais de uma nova versão de um secador rotativo para café, pode-se afirmar que os modelos de secador rotativo para café são, basicamente, formados por um cilindro tubular horizontal que gira em torno de seu eixo longitudinal a uma velocidade angular constante de até 15 rpm, dependendo do fabricante, e seca o café em bateladas.

O secador rotativo mais comum e às vezes utilizado como pré-secador constitui-se de um tambor horizontal não inclinado que contém, em seu interior, um sistema de distribuição de ar formado pela tubulação e câmara de distribuição. O ar de secagem é injetado na câmara de distribuição ou carambola (Figura 131), constituída de chapas perfuradas alternadas. Ao sair da câmara, o ar de secagem atravessa a massa do produto perpendicularmente ao eixo do secador (Figura 132).

No caso do secador rotativo contínuo, o cilindro é ligeiramente inclinado. Nele, o produto úmido chega à parte mais elevada do cilindro por meio de um transportador e sai na parte mais baixa, por gravidade; devido ao alto teor de água, esse secador não é usado na secagem do café. Nesse modelo de secador, o ar de secagem é introduzido no tambor no mesmo sentido ou no sentido contrário à trajetória do produto. Independentemente de como funcionam, os secadores rotativos são bem parecidos e apresentam algumas características de secagem semelhantes.

### Vantagens

- Em produtos como o café em coco, favorecem a limpeza.
- Apresentam boa uniformidade de secagem quando se trabalha com produtos homogêneos.

### Desvantagens

- Alto consumo de energia ao final da secagem.
- Geralmente apresentam custo inicial elevado.

- Dependendo da forma de funcionamento, podem causar perda do pergaminho do café cereja descascado e, em consequência, secagem desuniforme da massa de café.

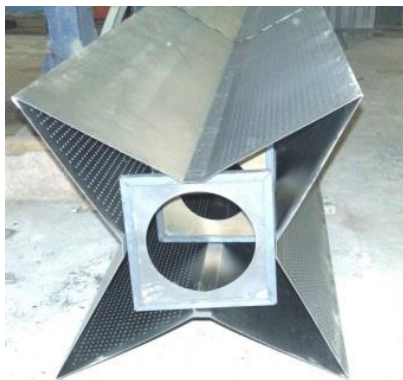


Figura 131 - Sistema de distribuição do ar no secador rotativo ou carambola.

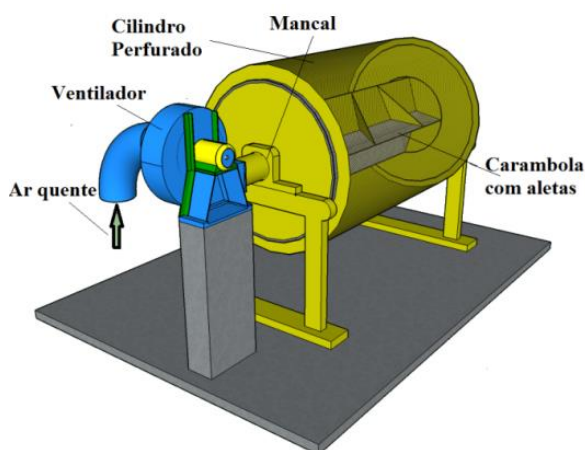


Figura 132 - Secador rotativo com cilindro horizontal, para secagem em lotes.

### Modelo alternativo para a pequena cafeicultura

Além de técnicas agrônômicas, é importante realçar que somente a adoção de tecnologias pós-colheita que funcionem de maneira simples e resultem em qualidade a baixo custo poderá contribuir para o aumento da produtividade e renda dos pequenos cafeicultores. Considerando que os secadores rotativos horizontais e em bateladas (Figura 132) são amplamente difundidos para a secagem de café no Brasil e apresentam características importantes, foi projetado e construído um modelo alternativo que elimina algumas das desvantagens do modelo convencional e que permite:

- Usar o secador para cafés recém-saídos do lavador sem a necessidade de passar pela pré-secagem em terreiro. Normalmente, quando se coloca o café muito úmido, sem a pré-secagem em terreiros, em um secador rotativo convencional, irão ocorrer obstruções das chapas perfuradas. Esse fato dificulta ou impede a secagem, causando manutenção frequente do secador. A obstrução dos furos da câmara de distribuição de ar quente é ilustrada na Figura 133.
- Usar o secador com menor quantidade de café do que a carga mínima recomendada, ou seja, deixar apenas um vazio de aproximadamente 15 cm de flecha, para facilitar o revolvimento e homogeneização do produto dentro do cilindro secador. Quando se trabalha com o secador rotativo tradicional, a utilização de carga abaixo da mínima,

estabelecida pelo fabricante, acarreta grande perda de energia, devido ao maior fluxo de ar na face superior do secador, causa danos mecânicos e aumenta o tempo de secagem.

- Reduzir o custo de energia elétrica pela eliminação da necessidade de rotação continuada do cilindro secador (essa possibilidade pode ser aplicada com o secador rotativo tradicional).
- Realizar a secagem com repousos alternados, ou melhor, evitar a secagem do café com fluxo de ar quente durante todo o processo; para secagem mais homogênea e menor consumo de energia, é necessário que o secador seja dotado de uma câmara para secagem e outra para o descanso do café em intervalos preestabelecidos.
- Para a secagem do café em pergaminho, diminuir o número de grãos descascados pela forma de revolvimento dentro do secador (grãos beneficiados ou parcialmente descascados secam mais rapidamente do que o grão com o pergaminho intacto).



Figura 133 - A mucilagem e os resíduos do café úmido causam a obstrução dos furos do distribuidor de ar quente, que impede a passagem do fluxo de ar de secagem.

O secador rotativo idealizado, cujo primeiro protótipo é visto na Figura 134, trabalha na posição horizontal e, além de permitir a solução dos problemas apresentados pelo secador rotativo tradicional, tem seu projeto básico, detalhado mais adiante, facilmente adaptado aos secadores rotativos tradicionais; devido à simplicidade das modificações, elas podem ser realizadas por um profissional serralheiro com ferramentas para desmontagem, corte/solda de chapas e remontagem.

A Figura 135 mostra um secador com as concepções anteriormente citadas, cujo projeto foi executado pela “Máquinas Pontões”, uma pequena indústria no distrito de Pontões, em Afonso Claudio-ES.



Figura 134 - Vista geral do protótipo do novo secador rotativo com rotação intermitente.



Figura 135 - Vista do secador rotativo intermitente, baseado no protótipo da Figura 134.

### Modificação do Secador Rotativo Tradicional

Como visto no item anterior, o secador rotativo tradicional (Figura 132) pode ser modificado para trabalhar de modo semelhante ao projeto representado pelas Figuras 134 e 135. Salienta-se que tanto a fabricação do novo secador quanto as modificações do rotativo tradicional podem ser facilmente realizadas sem a necessidade de grandes investimentos em modificação na linha de montagem da fábrica. Essa modificação pode ser também feita por um profissional de oficinas de manutenção e reparos.

Com relação ao novo modelo, alguns de seus componentes podem ser facilmente fabricados por terceiros (ventiladores, redutores e mancais); portanto, não haveria a necessidade de grandes investimentos em ferramentas sofisticadas caso uma pequena metalúrgica decidisse produzir o secador.

Foi com base no protótipo apresentado na Figura 134 que Santos et al. (2006) modificaram um secador rotativo convencional e compararam os desempenhos do secador original com o modificado (Figura 136). Operando os secadores sob as mesmas condições, os autores observaram que, além de ter minimizado as desvantagens e mantido a boa qualidade do café no secador rotativo original, o secador modificado reduziu o consumo de energia (elétrica e térmica) em 50% e 30%, respectivamente.

As modificações estruturais realizadas no secador rotativo convencional, com base no modelo (Figura 134), foram propostas para diminuir as perdas de energia no terço superior do secador. Essas perdas são ocasionadas pelo maior fluxo do ar de exaustão decorrente da crescente redução de volume do produto (principalmente o café natural) durante a secagem.

Além da substituição da metade superior da chapa perfurada do cilindro secador por chapa lisa (sem perfuração), a câmara de distribuição ou sistema difusor de ar quente (carambola) passou pelas modificações mostradas na Figura 135, ou seja, Santos et al. (2006) fizeram com que a metade contínua do difusor de ar fosse construída com chapa perfurada, e a outra metade, em chapa lisa ou sem perfuração (Figura 36).

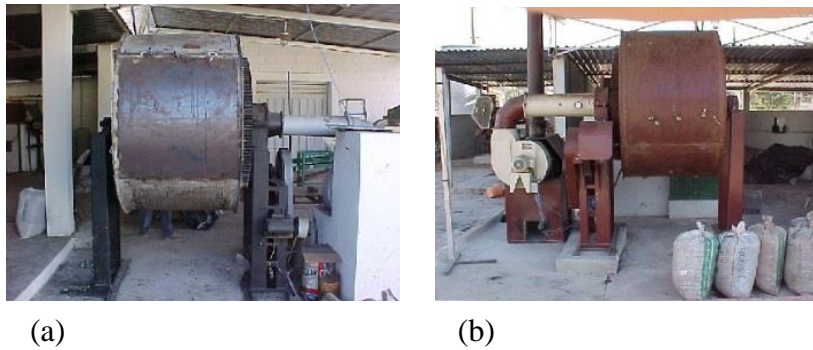


Figura 135 - Secador rotativo comercial modificado (a) e modelo comercial original (b).

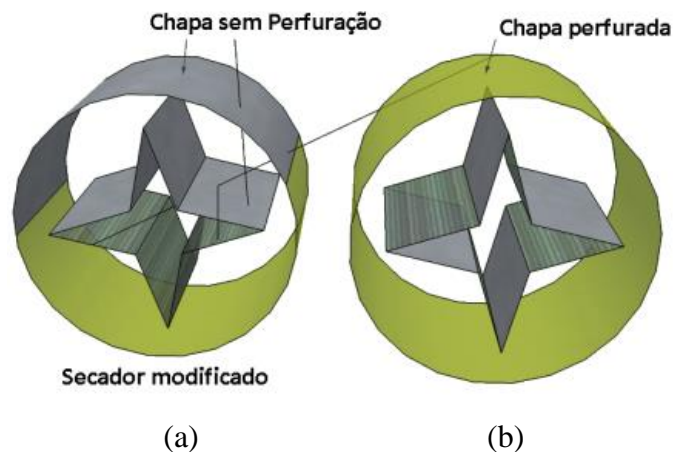


Figura 136 - Detalhe da carambola difusora após a modificação realizada por Santos et al. (2006) (a) e esquema da carambola original (b).

#### 4.5. Secador Rotativo Intermitente

Deste ponto em diante serão abordados os detalhes da construção do novo secador rotativo intermitente para atender à cafeicultura familiar. Antes, porém, ressalta-se que o nome adotado para o modelo é uma singela homenagem dos autores à cidade baiana de Barra do Choça, situada no Planalto da Conquista. Barra do Choça fica a 27 km de Vitória da Conquista e se encontra a uma altitude média de 900 m, tendo 80% da sua atividade econômica na cafeicultura.

O pequeno e próspero município de Barra do Choça conta com uma das maiores concentrações de cafeicultores de base familiar do Brasil. Além de ser merecedor de homenagens, o clima do município, como o de todo o Planalto da Conquista, não é favorável à secagem tradicional do café em terreiros (sobretudo com a colheita em período chuvoso).

Verificando as grandes dificuldades por que passam os cafeicultores de Barra do Choça e de outras regiões com cafeicultura de base familiar, decidiu-se por projetar um pequeno secador (Figuras 135 e 137) com base no protótipo da Figura 134.

O projeto é compatível com a capacidade de investimento da grande maioria dos cafeicultores de base familiar, pode ser fabricado ou montado na região e, à semelhança do protótipo-base, não necessita de pré-secagem em terreiros e produzirá um café de boa qualidade, independentemente das condições climáticas locais. Adotando a tecnologia para o café cereja descascado e usando um secador com as características do



presente projeto, os cafeicultores de base familiar terão condições de competir, ofertando café de qualidade, com os cafeicultores empresariais.

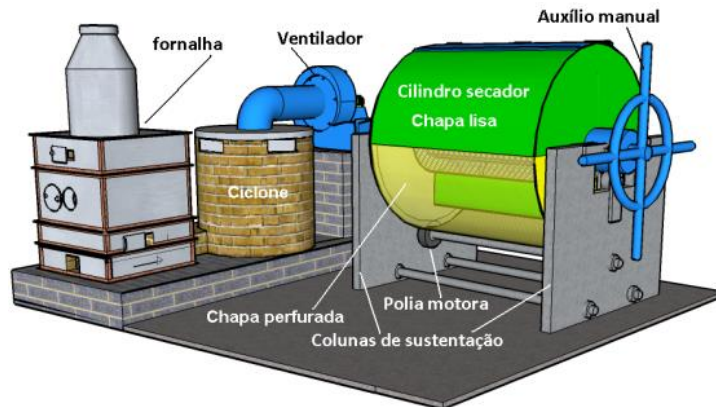


Figura 137 - Vista geral do secador rotativo intermitente com fornalha a carvão vegetal.

O secador em pauta (Figura 137) é do tipo cilindro rotativo horizontal com revolvimento intermitente, ou seja, o produto será secado e revolvido, periodicamente, com duas horas em processo de secagem estacionária e cinco minutos em revolvimento do produto.

O ar de secagem, impulsionado por um ventilador centrífugo, será aquecido, preferencialmente, por uma fornalha a carvão vegetal e distribuído no “eixo de aeração”, como nos secadores rotativos tradicionais; depois de passar pela câmara de ar interna, o ar de secagem atravessará a camada de café depositada na metade inferior do cilindro secador. A opção por uma fornalha a carvão vegetal se deve ao fato de necessitar de apenas uma carga diária de carvão, ter a alimentação do combustível por ação da gravidade e produzir uma combustão isenta de fumaça. Com isso, o sistema pode ser totalmente automatizado, e a mão de obra para a operação de secagem pode, eventualmente, ser direcionada para outras operações.

Diferentemente dos secadores rotativos tradicionais, a exaustão do ar de secagem no secador rotativo intermitente só será realizada na metade inferior do cilindro secador (Figura 138). Tanto a porta de carga/descarga quanto a metade superior do cilindro são confeccionadas com chapas lisas (não perfuradas), para impedir que a exaustão do ar de secagem possa ocorrer, também, por aquelas partes do cilindro secador.

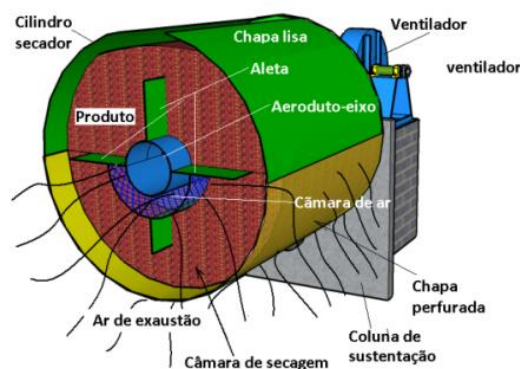


Figura 138 - Esquema básico do protótipo do secador rotativo intermitente.

Durante a secagem, que ocorre com o cilindro secador em condição estática (ausência de giro), a face com chapa perfurada deve estar voltada sempre para baixo. Assim, para que o sistema funcione com câmara de secagem constante, ou seja, com a exaustão do ar de secagem (de cima para baixo) na metade inferior do cilindro secador, este deverá permanecer estático por períodos predeterminados.

Santos et al. (2006) sugerem que, a cada hora de secagem com o secador em condição estática (posição de secagem), o sistema de transmissão deve ser acionado para fazer girar o cilindro secador por cinco minutos, que é suficiente para misturar toda a carga de café a uma velocidade angular de 5 RPM. Trabalhos demonstrativos realizados com o protótipo da Figura 137 indicaram que cinco minutos de revolvimento a cada duas horas de secagem são suficientes para uma secagem final adequada. Com a prática diária, o cafeicultor pode preestabelecer melhores tempos de intermitência (secagem/revolvimento) e também o número de RPM do cilindro secador, durante o revolvimento do produto.

## Componentes do Secador Rotativo Intermitente

Como em todos os tópicos deste manual, o objetivo dos autores é disponibilizar alternativas para as operações de pós-colheita do café com equipamentos que possam ser usados, principalmente, na cafeicultura familiar.

Os autores reconhecem que, à primeira vista, um texto resumido e com ilustrações de dimensões não muito claras pode não atingir os objetivos de um determinado interessado, ou seja, o de fornecer todos os detalhes para a fabricação e operacionalização da tecnologia. Por outro lado, este manual é parte fundamental para levar adiante um dos projetos de Transferência de Tecnologia em pós-colheita do café, financiado pelo Consórcio Pesquisa Café. Outras atividades, como informação, treinamento (técnicos/fabricantes) e difusão da tecnologia, completam o projeto. Assim, um memorial descritivo com plantas, detalhes técnicos, características mecânicas, quantidades de materiais e planilhas diversas poderá ser produzido para casos específicos e auxiliar a construção da tecnologia em oficinas modestas, com mão de obra regional e usando o máximo de recursos encontrados na região cafeeira.

Sabe-se que, mesmo com a pouca disponibilidade de informação sobre cada tecnologia, nada impede que extensionistas, microempresários e mesmo cafeicultores possam, por meio de contratos específicos, solicitar projetos completos para atender à fabricação ou construção para uso na cafeicultura empresarial.

## Componentes Básicos do Secador Rotativo Intermitente

Os componentes básicos do secador em pauta constam do sistema de ventilação e distribuição de ar, do cilindro secador e do sistema de potência (motor, redutor e transmissão). Apesar de a fornalha para aquecimento direto com carvão vegetal ter sido sugerida em item anterior, fica a cargo do futuro usuário utilizar outros modelos de fornhalhas, forma de aquecimento do ar e tipos de combustível.

### Sistema de ventilação

Para forçar o ar de secagem através da camada de café, será utilizado um ventilador centrífugo com capacidade para fornecer 20 m<sup>3</sup> de ar por minuto a uma

pressão estática de 10 a 15 mmca (Figura 139). Para que o ar seja uniformemente distribuído pela camada de grãos, um duto-eixo (Figura 140), tendo a metade da superfície com perfurações de 20 mm de diâmetro, é conjugado com uma câmara formada por um semicilindro construído em chapa perfurada. Nada impede, entretanto, que o fabricante use o sistema carambola mostrado nas Figuras 131 e 133. Nesse caso, a metade inferior da carambola deve ser construída em chapa perfurada, como mostra a Figura 136a, que deverá estar sempre para baixo, durante o período estático de secagem.

A área perfurada do duto-eixo deve ser de, aproximadamente, 25% da área externa a ser perfurada (Figura 140). Se for usar o sistema carambola, a chapa perfurada deve ter furos de 3 mm e ao redor de 25% de área perfurada. Caso a opção seja, também, pela confecção do ventilador, este pode ser construído com base no item “Ventiladores e sua Construção”, onde será detalhada uma metodologia em que todas as outras dimensões do ventilador devem ser estabelecidas com base no diâmetro calculado do rotor. Para um projeto de até 1.500 litros de capacidade, deve-se tomar como ponto de partida um rotor com 35 cm de diâmetro com 10 pás.

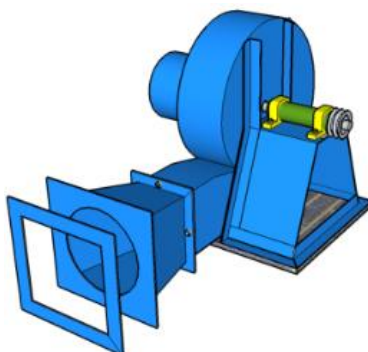


Figura 139 - Ventilador centrífugo com rotor de oito pás e 35 cm de diâmetro.

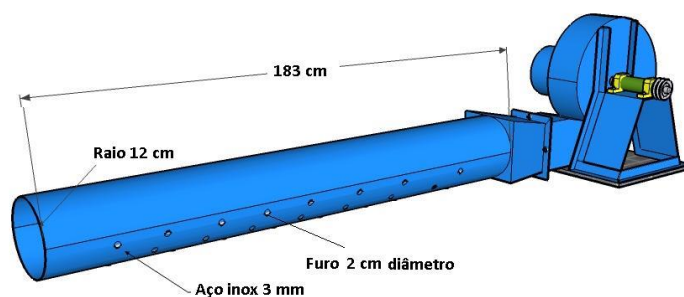


Figura 140 - Sistema de ventilação (aeroduto-eixo e ventilador).

### Câmara de ar e aletas de homogeneização

Como mostrado na Figura 141, a metade da superfície do duto-eixo deve ser envolvida por uma calha perfurada com diâmetro suficiente para deixar um espaço de 10 a 15 cm entre o duto-eixo e a calha, para formar a câmara de distribuição de ar.

A porcentagem de perfuração da calha envolvente (Figura 142) deve estar em torno de 25%, e o diâmetro dos furos também deve ser tal que não permita a passagem de café para dentro da câmara de distribuição de ar. Se for utilizar o secador, também, para a secagem de produtos com volume de grão muito menor que o grão de café (soja ou arroz, por exemplo), o diâmetro dos furos deve impedir a passagem do menor grão a ser seco.

Uma chapa perfurada com furos de 2 mm de diâmetro, apesar do custo mais elevado, serviria para a maioria dos grãos agrícolas. Ao duto-eixo devem ser fixadas três aletas perpendiculares, para facilitar o revolvimento e homogeneização do café durante a secagem. Uma quarta aleta deve ser fixada na câmara de ar (Figura 141). Entre as aletas e a superfície interna do cilindro secador deve haver um espaço de 10 cm (Figuras 138 e 141), para a passagem do produto durante o período de revolvimento.

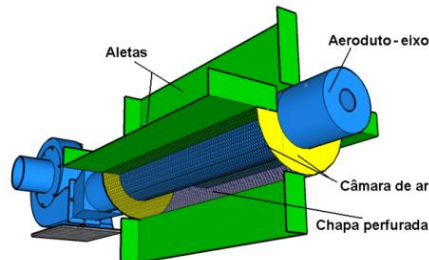


Figura 141- Câmara de distribuição de ar e aletas de homogeneização.

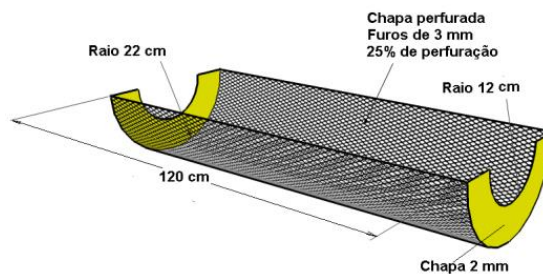


Figura 142 - Calha de chapa perfurada com passagem para a câmara de distribuição de ar.

### Discos frontais de sustentação

Como todo secador rotativo horizontal, o secador em pauta possui dois discos principais, para a formação do cilindro secador e acomodação do duto-eixo e da câmara de distribuição do ar de secagem. A um dos discos é acoplado um componente do sistema de revolvimento, que pode ser constituído de cremalheira ou polias e correias (Figura 143a). Os discos devem ser construídos com chapa de 3 mm e possuir anéis de ferro chato (3 mm), para fixação das chapas que formam o cilindro secador (Figura 143b). Para dar rigidez aos discos, cantoneiras de 50 x 50 x 3 mm devem ser fixadas, como mostrado na Figura 143a.

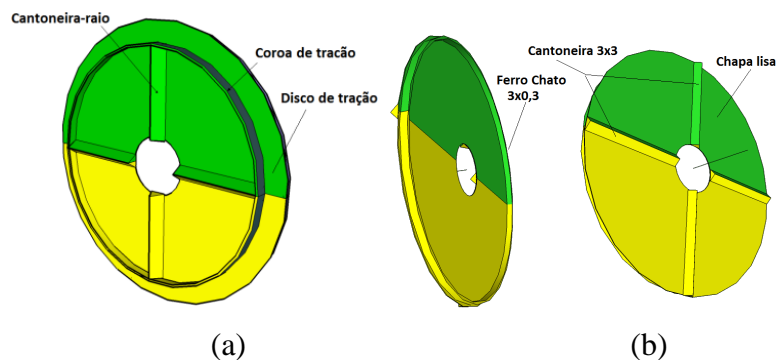


Figura 143 - Discos para sustentação do cilindro secador: (a) disco de tração e (b) disco frontal.

## Cilindro secador

O cilindro secador tem a finalidade de acomodar, sustentar o produto e permitir a passagem do ar de secagem através da camada de grãos. A metade superior do cilindro secador (Figura 144a) é construída com chapa lisa (2 mm) e contém a porta de carga/descarga, que deve ser fixada de modo a impedir a passagem do ar de secagem. Como o ar de secagem deve atravessar somente a camada inferior de grãos, a face inferior do cilindro (Figura 144b) é construída com chapa perfurada e no mesmo padrão da calha que envolve a metade do duto-eixo que forma a câmara de distribuição de ar. As Figuras 144 e 145 ilustram a conformação desse cilindro secador.

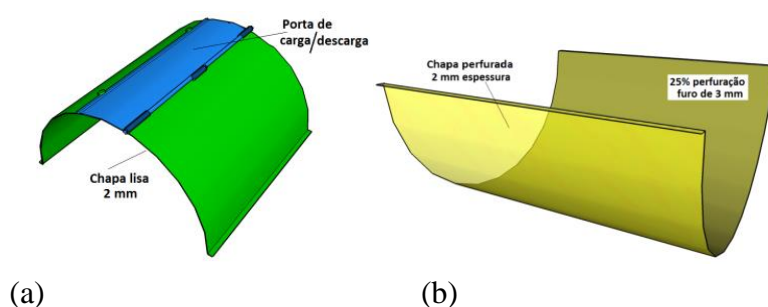


Figura 144 - Cobertura superior de chapa lisa (a) e cobertura inferior de chapa perfurada (b), para formação do cilindro secador.

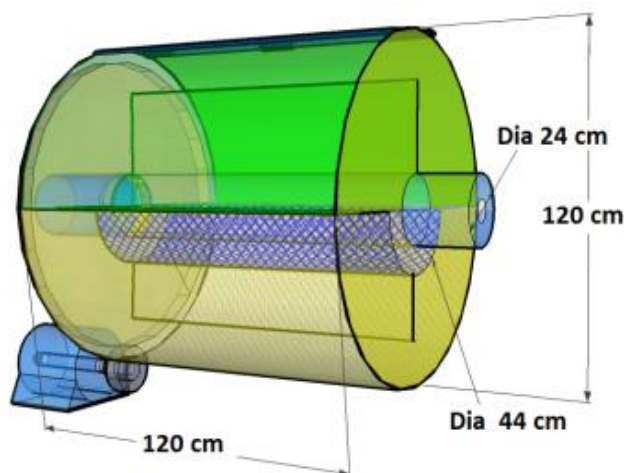


Figura 145 - Cilindro secador, com detalhes do interior.

## Colunas de sustentação ou suportes com rolamentos

Para sustentar e permitir o giro do cilindro secador com o mínimo esforço, devem ser construídas colunas de sustentação, que podem ser de madeira ou de perfis metálicos, como mostrado nas Figuras 135 e 137. Com qualquer opção, o sistema pode funcionar com mancais de bronzinas ou, preferencialmente, com um sistema de rolamentos comuns, como apresentado na Figura 146, por ser mais fácil de encontrar no mercado de máquinas agrícolas. Como o duto-eixo ficará apoiado em apenas dois rolamentos (rolamentos de sustentação), ele pode ter dimensões (largura e diâmetro)



maiores que as dos rolamentos guias (Figura 147). Apesar de apresentar centro de gravidade relativamente baixo, a base das colunas de sustentação do secador deve ter largura mínima equivalente ao diâmetro do cilindro secador (Figuras 137 e 138).

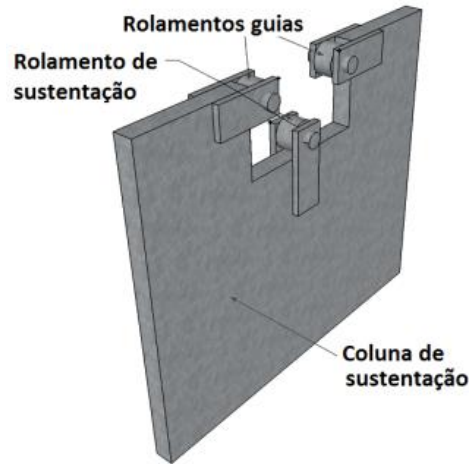


Figura 146 - Coluna de sustentação com rolamentos de apoio e guias.

### Base do secador

A base ou suporte do secador é formada pelas colunas de sustentação, rolamentos e tirantes. A estrutura deve ser estável e capaz de suportar, no caso em pauta, um peso de até 2.000 kg. O sistema de redução, com motor e polia para girar o cilindro secador, deve ser montado diretamente na base, para facilitar o giro e tornar o sistema mais compacto. Entretanto, fica a cargo do construtor fazer uso de outra forma de acoplamento do sistema giratório, como mostrado na Figura 135.

Se possível, deve-se adaptar um “timer” ao sistema de redução, para que o giro do cilindro secador ocorra, automaticamente, em intervalos de tempo preestabelecidos e que pare sempre na mesma posição e com a chapa perfurada do cilindro secador voltada sempre para baixo (Figura 138), de modo que a exaustão do ar de secagem ocorra na metade inferior do secador.

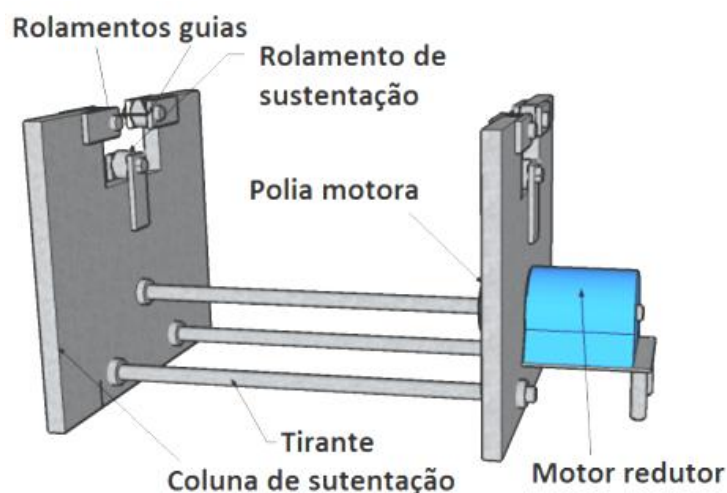


Figura 147 - Detalhe da base ou chassi e sistema giratório do cilindro secador.

## Construção do secador

Silva et al. (2013) sugerem que um ventilador para uso em fornalhas deve ser construído, preferencialmente, em aço inoxidável. Na construção de equipamentos para o preparo e secagem do café, o uso desse tipo de material é mais importante ainda.

Durante as operações de pós-colheita, principalmente para o café cereja descascado, ficam aderidos aos componentes dos equipamentos elementos que provocam corrosão das partes metálicas, se estas não forem mantidas com higienização e proteção criteriosas. Como os equipamentos em aço inox são, relativamente, mais caros, fica a critério do usuário adquirir um secador construído com material alternativo e dentro de suas possibilidades financeiras. Silva et al. (2013) informam que equipamento em aço inox tem vida útil bastante longa e necessitará de poucos reparos. Assim, um secador construído em aço inoxidável pode ter um custo inicial mais elevado, porém, no médio prazo, o cafeicultor verá que fez um menor investimento em razão da maior vida útil e menor gasto com reparos e peças de reposição.

## Duto-eixo

Como apresentado na Figura 148, este componente consta de um tubo de aço de 3 mm de espessura por aproximadamente 25 cm de diâmetro. Em uma de suas extremidades deve ser preso um anel (3 mm de espessura) com o mesmo diâmetro interno do tubo e diâmetro externo 3 cm maior que o diâmetro externo do tubo. Esse anel, com o auxílio de um flange, tem a função de evitar o escapamento do ar de secagem e permitir o giro do cilindro secador na saída do ventilador.

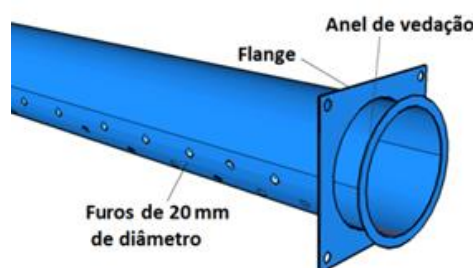


Figura 148 - Duto-eixo, mostrando o posicionamento do anel e flange de conexão ao ventilador.

## Aletas de Homogeneização e Câmara de Distribuição

Antes de adaptar o anel e o flange de vedação ao duto-eixo, é conveniente providenciar a fixação das três aletas perpendiculares ao duto-eixo (Figura 149). A quarta aleta, de menor largura, só deve ser fixada após a fixação da calha perfurada, que formará, com o duto-eixo, a câmara de distribuição de ar (Figuras 149b, 149c e 150b).

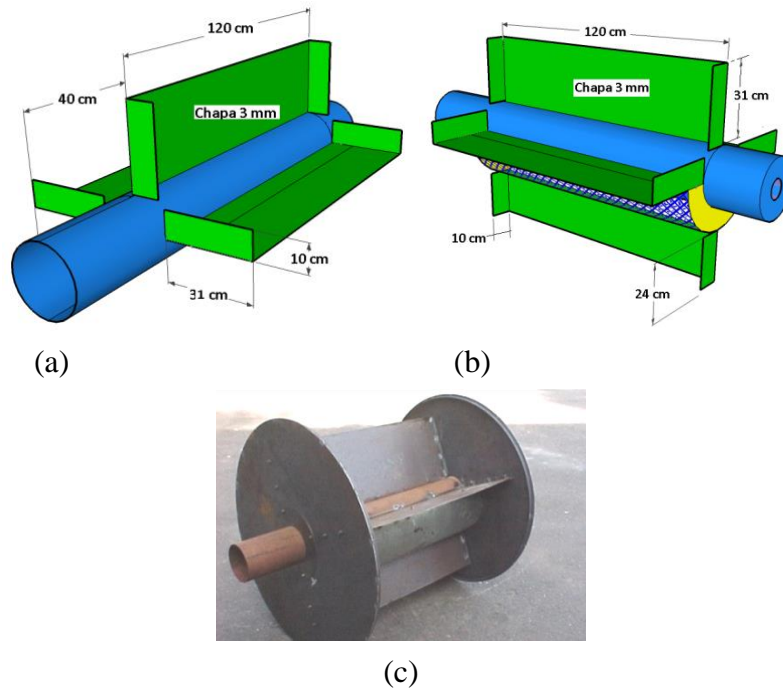


Figura 149 - Detalhes do duto de distribuição de ar e aletas (a) e (b) e sistema montado nos discos de sustentação do cilindro (c).

Apesar de a fixação dos componentes com solda ser facilitada e mais econômica para o fabricante (Figura 149), recomenda-se que todos os componentes do secador sejam projetados para fixação com parafusos. Com essa técnica, pode-se baratear o transporte e facilitar a manutenção do secador. Para facilitar a montagem, as aletas, o aeroduto e a calha perfurada devem ser parafusados nos discos do cilindro secador (Figura 151).

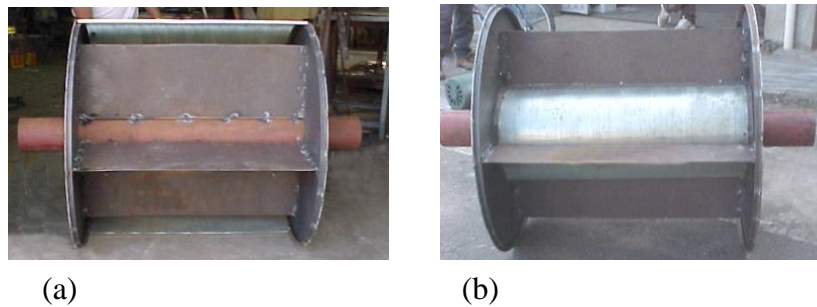


Figura 150 - Cilindro secador de um protótipo: vista superior (a) e vista inferior (b), sem envoltória de chapa perfurada externa.

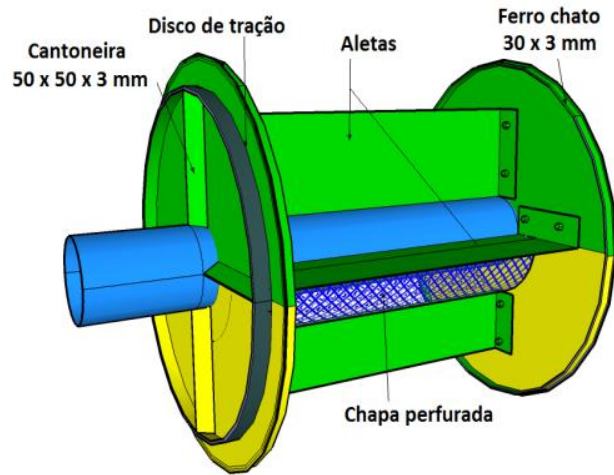


Figura 151 - Detalhes do sistema duto-eixo, câmara de ar e aletas parafusadas aos discos principais.

VOLTAR

#### 4.6. Envoltório do Cilindro Secador

Para completar o cilindro secador, é necessário parafusar as chapas de cobertura superior (chapa lisa) e inferior (chapa perfurada) sobre os anéis internos, confeccionados com ferro chato de 30 mm x 3 mm, aos discos principais. Para melhor fixação das coberturas e maior rigidez do cilindro secador, as chapas de cobertura devem ser, também, parafusadas (Figura 152).

#### 4.7. Montagem do Cilindro Secador Sobre Chassi

Com o chassi devidamente montado, nivelado e estabilizado sobre o local permanente, basta levantar o cilindro secador e ajustá-lo sobre o sistema de rolamentos (suporte e guias). Por ser o conjunto relativamente pesado e estável, não haverá necessidade de adicionar travamento superior ao duto-eixo (Figura 152b). Como o chassi/cilindro secador é relativamente pequeno quando comparado com os de secadores rotativos tradicionais utilizados pelos grandes cafeicultores, o equipamento poderá, dependendo da facilidade de transporte, sair montado do local de fabricação.

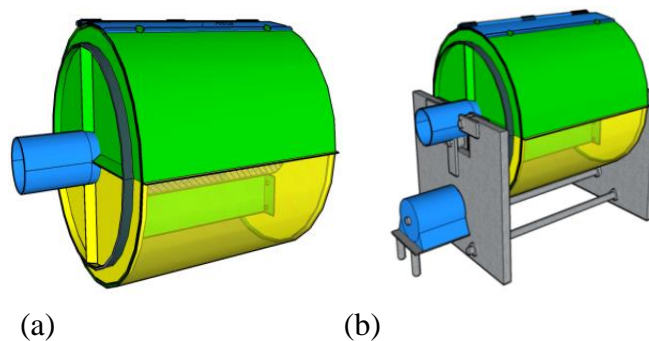


Figura 152 - Aspecto geral do cilindro secador pronto (a) e montado sobre chassi (b).

VOLTAR

## 4.8. Adaptação do Ventilador

Independentemente do tipo de fornalha, o ventilador deve ser acoplado diretamente ao duto-eixo, tomando-se o cuidado de adaptar o anel do aeroduto e flange de ligação à expansão do ventilador (Figura 148). Nessa fase, o montador deve verificar se o aeroduto-eixo está devidamente ajustado e girando livremente dentro da expansão do ventilador (Figura 153). Na Figura 154 é mostrado o secador acoplado a uma fornalha com aquecimento direto a carvão vegetal, nos moldes apresentados por Lopes (2002), que será detalhada mais adiante, neste manual. Nada impede, entretanto, que seja adaptado outro tipo, como a fornalha a lenha com aquecimento indireto.

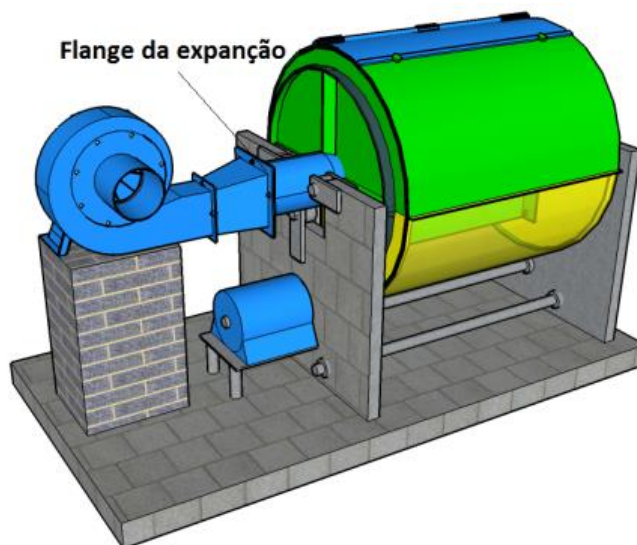


Figura 153 - Secador rotativo acoplado ao ventilador.

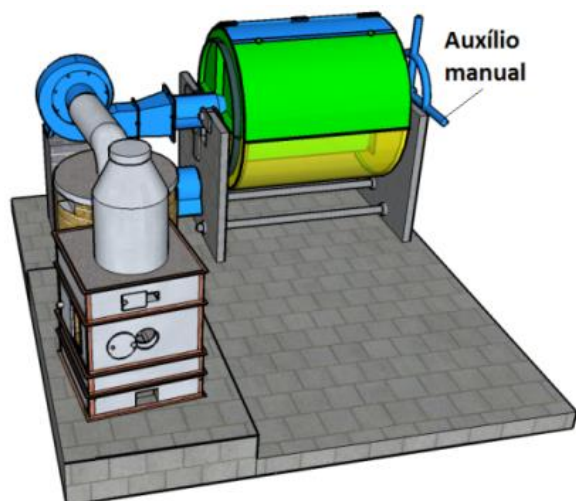


Figura 154 - Secador rotativo intermitente com fornalha, sistema de rotação com motor elétrico e auxílio manual.

## 4.9. Considerações Finais Sobre o Secador Rotativo Intermitente



Como mencionado no decorrer deste manual, a intenção dos autores foi disponibilizar mais uma alternativa tecnológica para secagem do café produzido pelo pequeno cafeicultor, contribuindo para o aumento da renda da propriedade por meio da oferta de um café de melhor qualidade.

Diferentemente dos secadores tradicionais, o projeto aqui apresentado tem como principais vantagens:

- a) O cafeicultor não necessita de grandes áreas de terreiro para a pré-secagem do café, ou seja, o produto pode vir direto do lavador (café natural) ou direto do descascador ou do desmucilador (cereja descascado) para a secagem mecânica, quando as condições climáticas não forem favoráveis à pré-secagem em terreiros.
- b) Por ser um secador de pequeno porte, o cafeicultor pode programar melhor a colheita para aumentar a quantidade de frutos maduros.
- c) Mesmo considerando o tamanho do secador e o fato de o ar de secagem ser dirigido sempre para a sua parte inferior, ele pode trabalhar com metade da carga máxima e, por essa mesma razão, a parte superior do cilindro secador trabalha como câmara de descanso (importante para a secagem do café).
- d) O secador pode funcionar como pré-secador quando o cafeicultor optar pela secagem com ar natural em silos-secadores.
- e) Usa pouca energia elétrica para movimentar o cilindro secador, que funciona durante cinco minutos a cada duas horas de secagem.
- f) Por ter um projeto simples, pode ser fabricado em oficinas modestas ou ter parte dos componentes adquirida no mercado especializado em ferragens.

VOLTAR