

Secador Rotativo Intermitente: Projeto, Construção e Uso

Juarez de Sousa e Silva¹
Roberto Precci Lopes²
Douglas Gonzaga Vitor³
Sergio Maurício Lopes Donzeles⁴

Introdução

Descrevendo o “Estado da Arte” sobre a secagem e armazenagem do café no Brasil, Silva e Machado (2002) fizeram comparação da situação descrita por Dafert (1896) no final do século 19 com a situação atual. Segundo o autor, na época, já existiam no Brasil todas as condições econômicas apropriadas para a introdução da mecanização na cafeicultura. Entretanto, o uso de equipamentos destinados a facilitar o trabalho na lavoura cafeeira, principalmente a pequena cafeicultura, não foi difundido devido a vários fatores. Entre eles, o fato de as técnicas até então apresentadas não terem sido adequadas para atender às condições dos pequenos cafeicultores das diferentes regiões produtoras do País. Ainda hoje, os poucos equipamentos projetados ou adaptados e que atendem,

razoavelmente, à cafeicultura empresarial não podem ser utilizados nas mesmas condições para atendimento da cafeicultura familiar. Dimensões dos projetos, demanda energética elevada e condições de financiamento são alguns dos fatores que impedem o emprego das tecnologias disponíveis para a cafeicultura familiar.

Para que a pequena agricultura brasileira deixe de fazer uso de ferramentas e técnicas rudimentares, devem-se colocar à sua disposição, a preços justos, equipamentos adequados ou que realizem os trabalhos com maior produtividade e perfeição, sem agredir o meio ambiente, sobretudo no caso da agricultura de montanha.

Com os sistemas de secagem do café isso não é muito diferente. Hoje, pode-se ler em anúncio dos fabricantes ou em reportagem sobre participantes

¹Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Engenharia Agrícola, Professor Titular (aposentado) da UFV e bolsista do Consórcio Pesquisa Café, Viçosa, MG, juarez@ufv.br

²Engenheiro Agrícola, DS em Engenharia Agrícola, Professor Ajunto da UFV, Viçosa, MG, roberto.precci@ufv.br

³Engenheiro Agrônomo, bolsista do Consórcio Pesquisa Café (EPAMIG), Viçosa, MG, douglas.vitor@ufv.br

⁴Engenheiro Agrícola, DS em Engenharia Agrícola, Pesquisador da EPAMIG, Viçosa, MG, slopes@ufv.br

que ganharam concursos de qualidade que eles têm, ou deram, a última palavra em sistemas de secagem. Quando se verificam os resultados de alguns sistemas de secagem, muitas decepções podem ocorrer: ineficiência no desempenho, altos consumos energéticos, serviços de manutenção ineficientes, inadequação de sistemas e, às vezes, baixa qualidade final do produto. Por tudo isso, este trabalho, com o intuito de complementar outros já produzidos, foi escrito com o objetivo de disponibilizar mais uma opção econômica para que os fabricantes de equipamentos agrícolas possam oferecer ao cafeicultor familiar equipamentos com os quais ele possa competir no mercado com cafés de alta qualidade.

Sistemas de secagem

Os sistemas de secagem de café, no Brasil, continuam praticamente os mesmos desde o aparecimento dos primeiros secadores mecânicos e, mesmo com os avanços tecnológicos disponíveis em outras atividades, não parece que haverá mudanças substanciais na maneira de preparar o café nos diferentes países produtores. Para formar juízo sobre o valor econômico das tentativas de substituir a secagem tradicional em terreiros pela secagem artificial com secadores mecânicos, foi necessário, segundo Dafert (1896), comparar as circunstâncias especiais dos dois sistemas de secagem, bem como a qualidade e preço do produto que constituíram a base da avaliação.

Para atualizar essa comparação e mostrar que pouco mudou, Silva e Machado (2002) acrescentaram uma coluna, com a situação atual, à lista apresentada por Dafert em 1896 (Quadro 1).

Quadro 1. Comparação entre as condições de preparo do café apontadas pelo Dr. Dafert (1896) e as dos dias atuais apontadas por Silva e Machado (2002).

Situação apresentada por Dr. Dafert	Situação atual apresentada por Silva e Machado
Café de terreiro é considerado café normal ou natural.	Continua o mesmo conceito.
Nem todo café seco em terreiro tem os mesmos valores e qualidades.	Continua o mesmo conceito.
O preço de mercado do café de terreiro varia conforme a natureza especial do produto (influenciado por variedade, lugar de produção, período do ano, circunstância de colheita, secagem e beneficiamento).	Apesar de muito parecido, estão ocorrendo algumas modificações. Por exemplo, desde que o produto apresente a qualidade exigida pelo comprador, é estabelecida a base de comercialização.
O café não deve ser nem verde nem maduro demais quando se processa a secagem.	Continua o mesmo conceito Com boa regulagem dos equipamentos, consegue-se fazer boa separação.
Existiam dúvidas quanto a lavar ou não o café devido a problemas de constituição do terreiro.	Se a colheita for seletiva, é melhor não molhar o café. Caso queira lavar o café, já existem técnicas e equipamentos que contornam o problema.
O terreiro deve ser bom. Existiam dúvidas quanto ao melhor material para construção. Desde que não transmitisse cheiro desagradável, o de cor escura era o preferido.	Continua o mesmo conceito.
Em caso de regiões favoráveis, o terreiro permeável era preferido (por aumentar a velocidade de secagem). Caso contrário, terreiros impermeáveis eram preferidos.	Continua mesmo conceito.

Situação apresentada por Dr. Dafert	Situação atual apresentada por Silva e Machado
Terreiro impermeável e com o café estendido sobre esteiras era considerado o melhor sistema.	Pesquisa indica que o tempo de secagem é muito prolongado para esse sistema.
A secagem deveria ser feita em camada pouco espessa e homogênea.	Pesquisa indica que a secagem em minileiras é mais indicada (o Consórcio Pesquisa Café já coloca à disposição do cafeicultor equipamentos e técnicas para executar o trabalho).
O café deve ser revirado continuamente ou pelo menos de hora em hora.	Continua o mesmo conceito.
O custo de preparo do café cereja (\$/saco beneficiado) é mais elevado que o do café despulpado.	Continua a mesma situação.
Custo da mão de obra para terreiro (4% do valor da saca beneficiada).	Custo da mão de obra para terreiro (6% do valor da saca beneficiada).
Custo de secagem em terreiro (8,5% da saca beneficiada).	Custo de secagem em terreiro (até 20% da saca beneficiada).
Custo da secagem mecânica (9% da saca beneficiada).	Custo da secagem mecânica (até 24% da saca beneficiada).

Em relação ao desenvolvimento futuro, pode-se afirmar que, apesar dos sofisticados secadores e dos sistemas de secagem disponíveis para produtos industrializados ou outros tipos de grãos, não existe, ainda, nenhum caminho que venha a mudar substancialmente, no médio prazo, a maneira de secar o café.

Alguns tipos de secadores mecânicos para café, mostrados por Dafert (1896), eram bastante complexos e seriam os mais caros, caso fossem fabricados na atualidade. Um secador descrito por esse autor, que afirma não ter sido encontrado o número de licenciamento ou patente, é o esquematizado na Figura 1 e que era feito de metal e madeira. Os desenhos mostrados por Dafert parecem ser de um secador precursor dos atuais secadores rotativos (Figura 2a e Figura 2b), muito difundidos no Brasil para a secagem de café e pimenta.

Ukers (1922), entretanto, detalha os secadores de café Squier-Guardiola (Figura 3a) e O'Krassa (Figura 3b) que, segundo o referido autor, são derivações do secador McKinnon's Guardiola (Figura 4a), que, por sua vez, parece ser derivado do modelo (Figura 4b) ilustrado por Dafert (1896) como um secador Guardiola.

Segundo Ukers (1922), existiam muitos secadores fabricados com base no modelo original de José Guardiola, da Guatemala; os secadores da Figura 3a e 3b são exemplos.

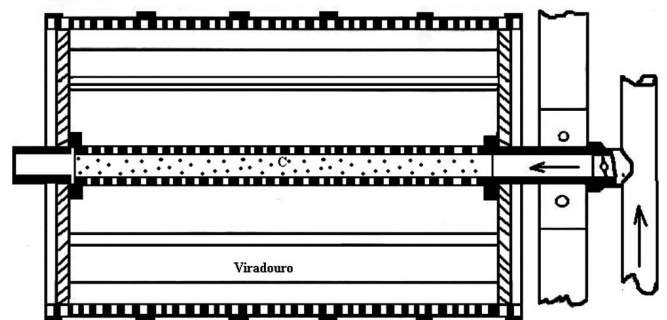


Figura 1. Esquema de um secador rotativo para café, descrito por Dafert, 1896.



Figura 2a. Secadore rotativo: Palini & Alves, PA-SR/10.



Figura 2b. Secadore rotativo: Pinhalense, SRE-150 (b).

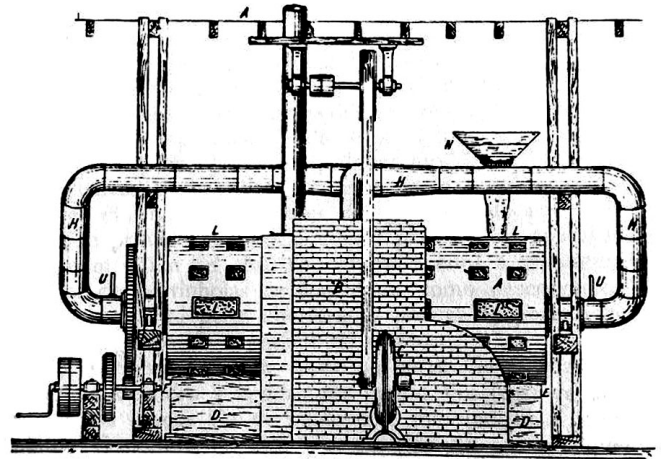


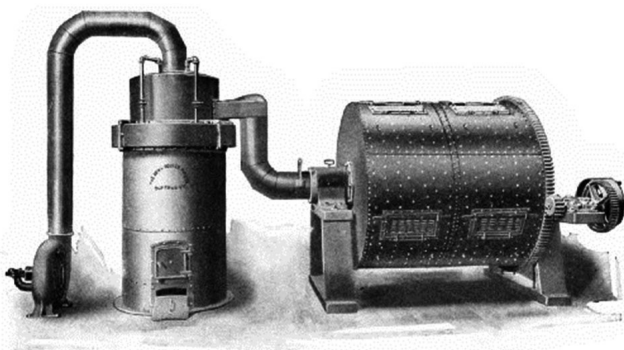
Figura 4b. Secador GUARDILA (DAFERT, 1896).

Secadores rotativos para o café

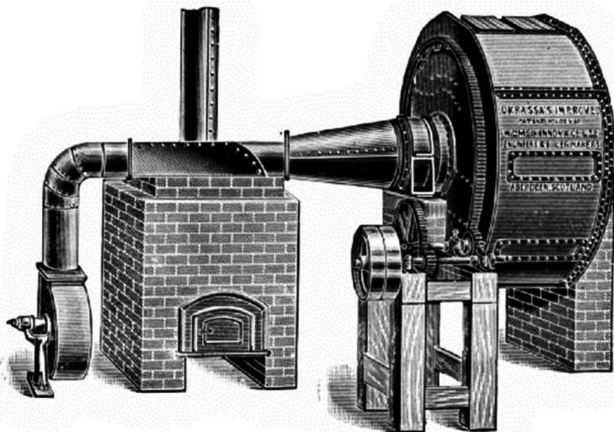
Para que se possa apresentar a ideia, os detalhes construtivos e operacionais de uma nova versão de um secador rotativo para café, pode-se afirmar que os modelos de secador rotativo para café são, basicamente, formado por um cilindro tubular horizontal que gira em torno de seu eixo longitudinal a uma velocidade angular 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, sistema de distribuição de ar formado pela tubulação e câmara de distribuição. O ar de secagem é injetado na câmara (carambola) constituída de chapas perfuradas alternadas. Ao sair da câmara, o ar de secagem atravessa a massa do produto perpendicularmente ao eixo do secador (Figura 5).

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. 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.



a



b

Figura 3. Vista geral dos secadores (a) Squier-Guardiola e (b) O'Krassa, com fornalhas para aquecimento direto (UKERS, 1922).

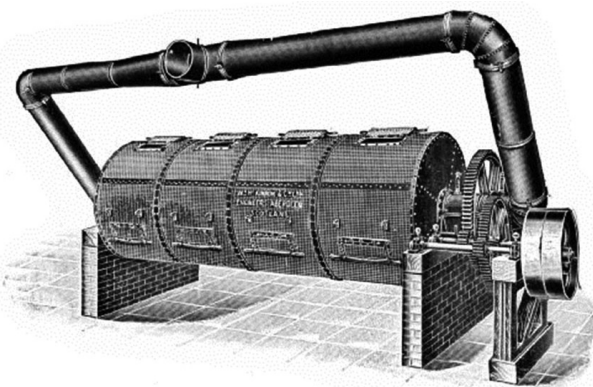


Figura 4a. Secador de café McKinnon's Guardiola (UKERS, 1922).

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.

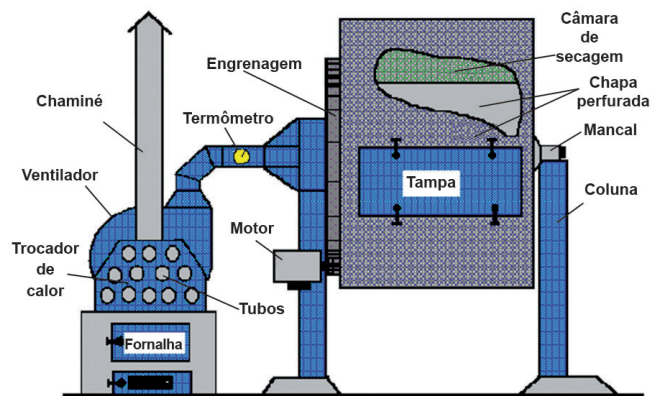


Figura 5. Secador rotativo com cilindro horizontal para secagem em lotes.

Modelo alternativo para a pequena cafeicultura

Além de técnicas agrônomicas, é importante realçar que somente a adoção de tecnologias de 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 2) são amplamente difundidos para a secagem de café no Brasil e apresentam características importantes, foi projetado e construído 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 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 6.

- 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, causando danos mecânicos e aumentando 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 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 6. A mucilagem e os resíduos do café úmido causam obstrução dos furos do distribuidor de ar quente, o que dificulta ou impede a passagem do fluxo do ar de secagem.

O novo secador rotativo idealizado e cujo primeiro protótipo é visto na Figura 7, 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, podem ser realizadas por um profissional serralheiro com ferramentas para desmontagem, corte/solda de chapas e remontagem.



Figura 7a. Vista lateral do protótipo do novo secador rotativo com rotação intermitente.



Figura 7b. Vista geral do protótipo do novo secador rotativo com rotação intermitente.

Modificação do secador rotativo tradicional

Deste ponto em diante, será abordado os detalhes construtivos do novo secador rotativo para atender à cafeicultura familiar ou como podem ser executadas as modificações nos rotativos tradicionais (Figura 8). Salienta-se que tanto a fabricação do novo secador quanto às modificações no rotativo tradicional podem ser facilmente realizadas sem a necessidade de grandes investimentos em modificação na linha de montagem da fábrica.

Com relação ao novo modelo, semelhante ao protótipo da Figura 7, alguns de seus componentes podem ser facilmente fabricados por terceiros (ventiladores, redutores e mancais) e, portanto, não haveria necessidade de grandes investimentos em ferramentas sofisticadas, caso uma pequena metalúrgica decidisse a produzir o secador.

Foi com base no protótipo apresentado na Figura 7 que Santos et al. (2006) modificaram um secador rotativo convencional e compararam os desempenhos do secadores original com o modificado (Figura 8). 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 7), foram propostas para diminuir as perdas de energia no terço superior do secador. Essas perdas são ocasionadas devido ao 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 9, 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.

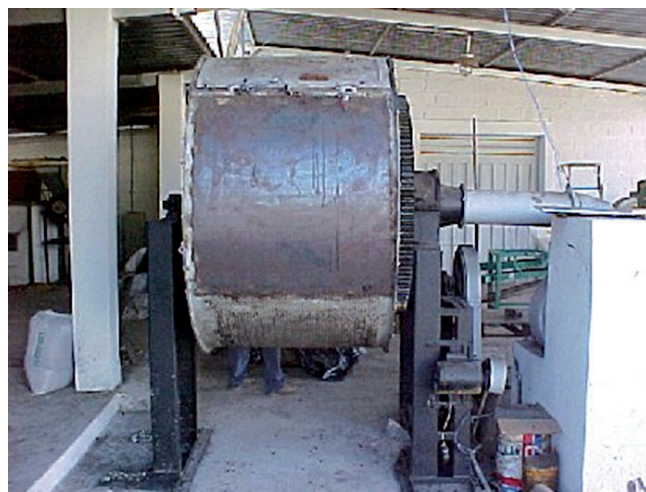


Figura 8a. Secador rotativo comercial modificado.



Figura 8a. Secador rotativo modelo comercial original.

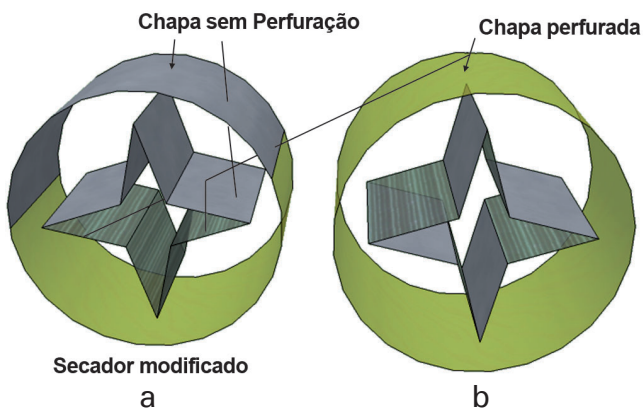


Figura 9. Detalhe da carambola difusora após a modificação realizada por Santos et al. (2006) e (b) esquema da carambola original.

Secador rotativo intermitente ou “secador Barra do Choça”

Antes de detalhar o secador rotativo intermitente para uso na cafeicultura familiar, 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 o pequeno secador (Figura 10) com base no protótipo da Figura 7. 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 café de boa qualidade, independente das condições climáticas locais. Adotando a tecnologia para o café cereja descascado e usando secador com as características do presente projeto, os cafeicultores de base familiar terão condições de competir, ofertando café de qualidade, com os cafeicultores empresariais.

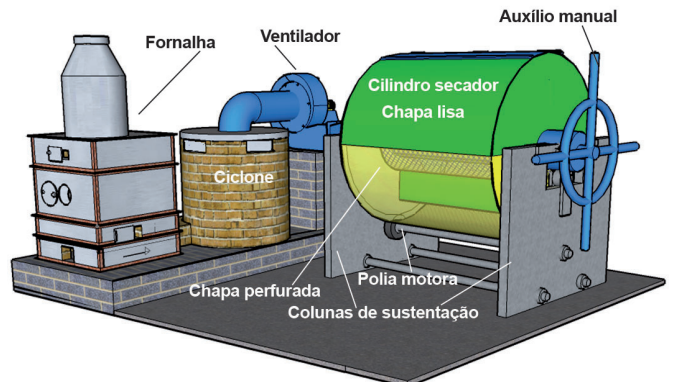


Figura 10. Vista geral do secador rotativo intermitente “Barra do Choça” com fornalha a carvão vegetal.

O secador em pauta (Figura 10) 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 e, depois de passar pela câmara de ar interna, o ar de secagem atravessará a camada de café depositada na metade inferior do cilindro secador.

Diferentemente dos secadores rotativos tradicionais, a exaustão do ar de secagem no secador “Barra do Choça” só será realizada na metade inferior do cilindro secador (Figura 11).

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.

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. Portanto, 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 cilindro secador por cinco minutos, tempo que é suficiente para misturar toda carga de café a uma velocidade angular de 5 RPM. Trabalhos demonstrativos realizados com o protótipo da Figura 7 indicaram que 5 min de revolvimento a cada 2 h 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.

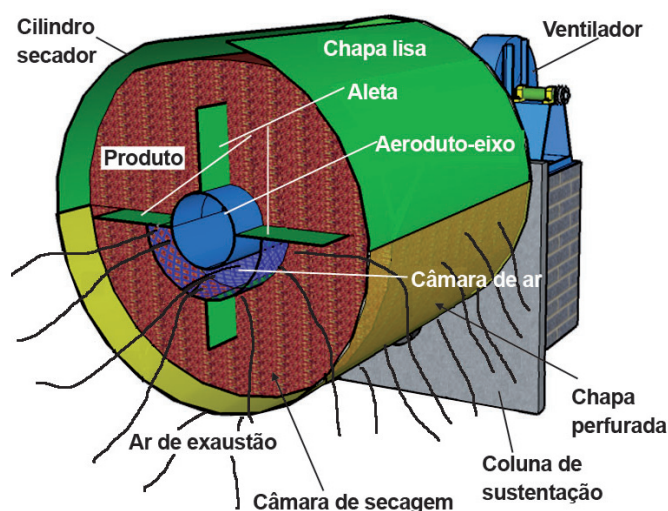


Figura 11. Esquema básico do protótipo do secador rotativo intermitente.

Rotativo intermitente

Como em outros números das séries “Comunicado Técnico” e “Circular Técnica”, editadas pela Embrapa Café, o objetivo deste número é disponibilizar alternativa para a secagem do café com um novo equipamento que possa ser usado, principalmente, na cafeicultura familiar.

Os autores reconhecem que, à primeira vista, um texto resumido e com poucas ilustrações, como nesta publicação, pode não atingir os objetivos, ou seja, o de fornecer todos os detalhes para a fabricação e operacionalização de um sistema de secagem. Por outro lado, este ‘Comunicado Técnico’ 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, memorial descritivo com plantas, detalhes técnicos, características mecânicas, quantidades de materiais e planilhas diversas serão produzidos para facilitar a construção da tecnologia em oficinas modestas, com mão de obra regional e usando o máximo de recursos encontrados na região cafeeira. Portanto, este texto é uma primeira informação para o processo de transferência de tecnologia via extensionistas (micro empresário e cafeicultores de base familiar). Nada impede, entretanto, que o modelo aqui apresentado, com o devido licenciamento, possa ser redimensionado e fabricado para uso na cafeicultura empresarial.

Componentes básicos do secador “Barra do Choça”

Os componentes básicos do secador rotativo “Barra do Choça” 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 neste ‘Comunicado Técnico’, fica a cargo do futuro usuário usar outros modelos de fornalhas, forma de aquecimento do ar e tipos de combustíveis.

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^3 de ar por minuto a uma pressão estática de 10 a 15 mmca (Figura 12). Para que o ar seja uniformemente distribuído pela camada de grãos, um duto-eixo (Figura 13) 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. A área perfurada do duto-eixo não deve ser superior a 25% da área externa a ser perfurada (Figura 13). Caso a opção seja, também, pela confecção do ventilador, este pode ser construído com base em (SILVA et al., 2013). Os autores detalham metodologia em que todas as outras dimensões do ventilador devem ser feitas com base no diâmetro calculado do rotor. Para o presente projeto, deve-se tomar como ponto de partida um rotor com 35 cm de diâmetro com 10 pás.

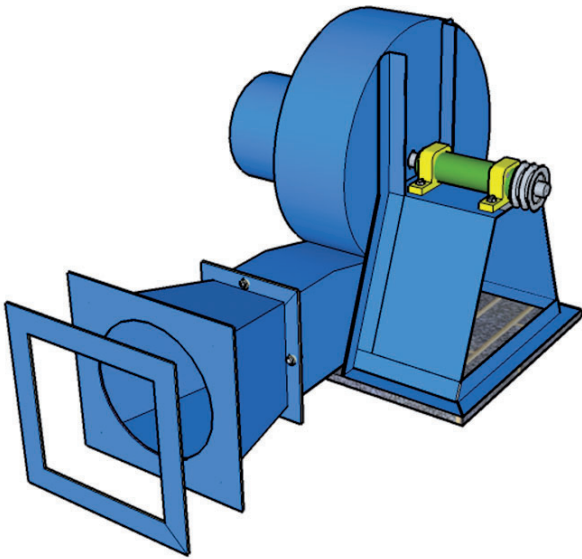


Figura 12. Ventilador centrífugo com rotor de oito pás e 35 cm de diâmetro.

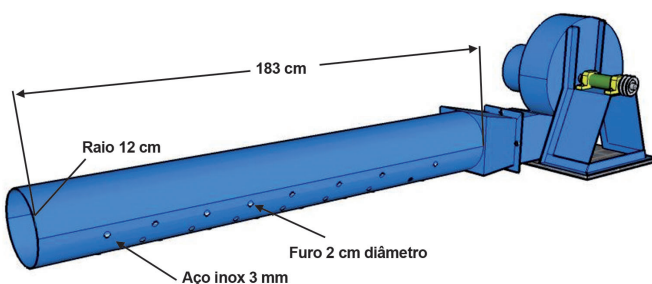


Figura 13. Sistema de ventilação (aeroduto-eixo e ventilador).

Câmara de ar e aletas de homogeneização

Como mostrado na Figura 14, 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 15) deve estar em torno de 25%. 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 com 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 14). Entre as aletas e a superfície interna do cilindro secador, deve haver um espaço de 10 cm (Figuras 11 e 18) para a passagem do produto durante o período de revolvimento.

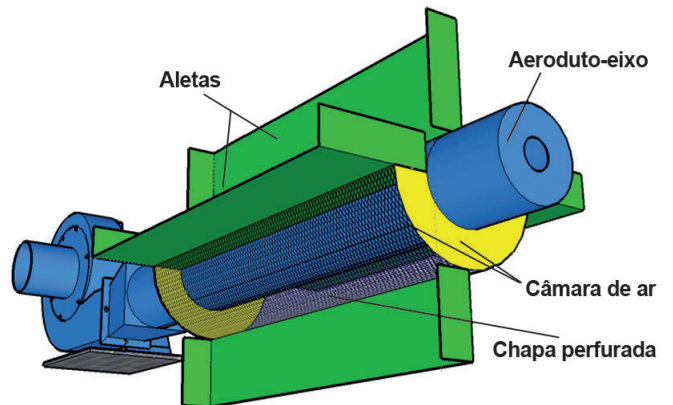


Figura 14. Câmara de distribuição de ar e aletas de homogeneização.

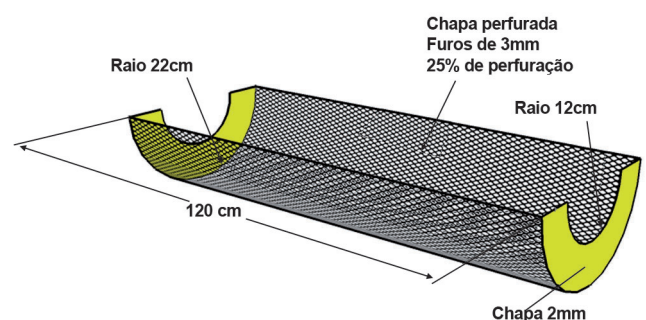


Figura 15. Calha de chapa perfurada com passagem para a câmara de secagem.

Discos principais

Como todo secador rotativo horizontal, o secador “Barra do Choça” 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 16a). Os discos devem ser construídos com chapa de 3 mm e devem possuir anéis de ferro chato (3 mm) para a fixação das chapas que formam o cilindro secador (Figura 16b). Para dar rigidez aos discos, cantoneiras de 50 x 50 x 3 mm devem ser fixadas, como mostrado na Figura 16a e 16b.

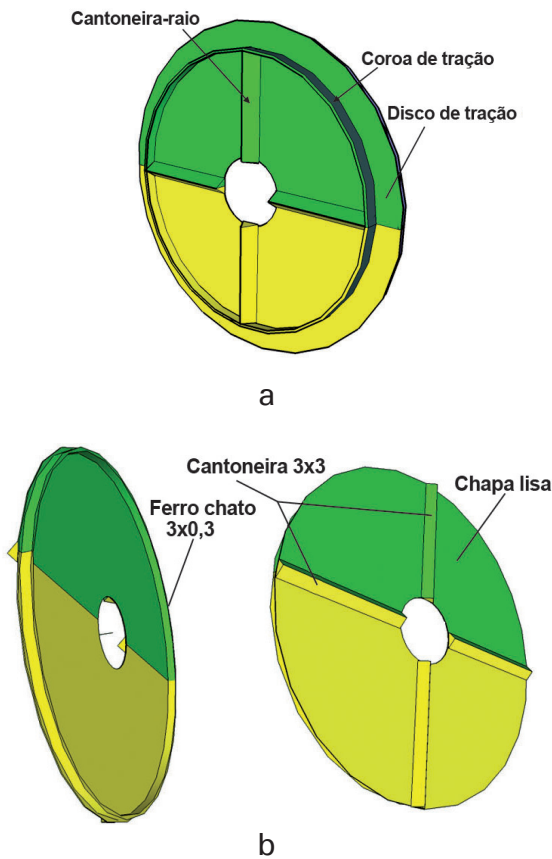


Figura 16. Discos para sustentação do cilindro secador: (a) disco de tração e (b) disco frontal.

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 17a) 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 17b) 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 17 e 18 ilustram a conformação desse cilindro secador.

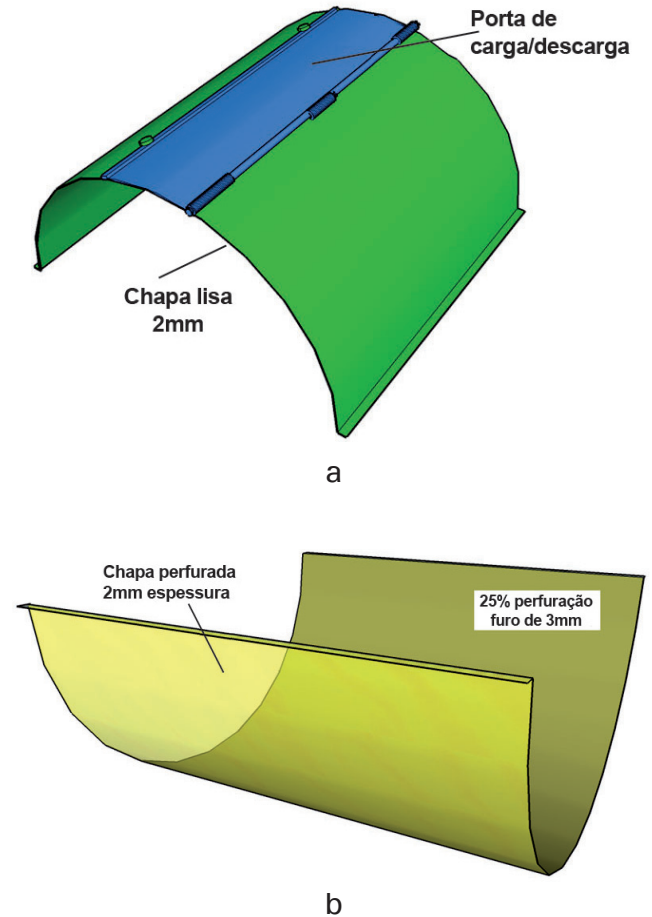


Figura 17. Cobertura superior de chapa lisa (a) e cobertura inferior de chapa perfurada (b) para formação do cilindro secador.

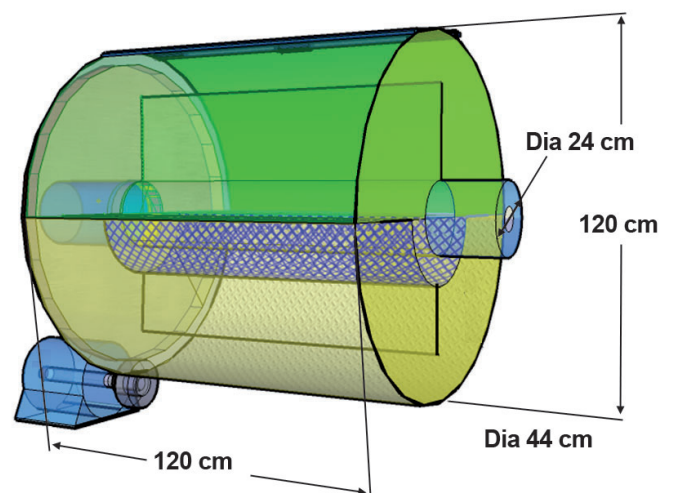


Figura 18. Cilindro secador com detalhes do interior.

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 na Figura 7. Com qualquer opção, o sistema pode funcionar com mancais de bronzinas ou, preferencialmente, com um sistema de rolamentos comuns, como apresentado na Figura 19, 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 os rolamentos guias (Figura 20). 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 7 e 10).

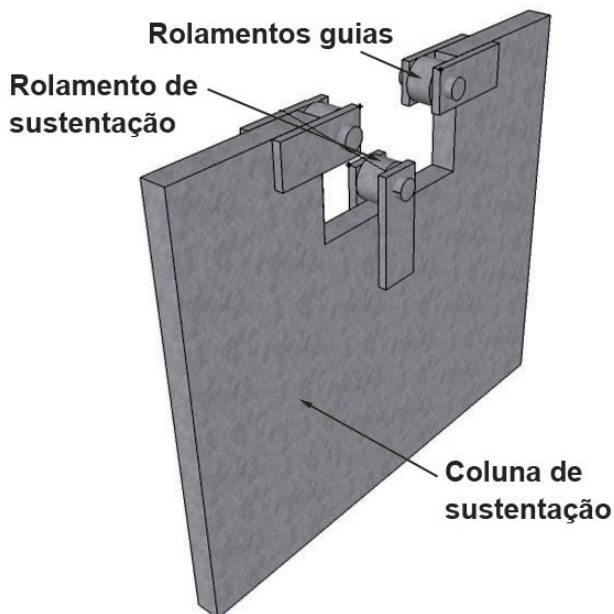


Figura 19. Coluna de sustentação com rolamentos de apoio e guias.

Bases do secador

A base ou suporte do secador é formado 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.

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 11), de modo que a exaustão do ar de secagem ocorra na metade inferior do secador. Caso o sistema de giro motorizado venha inviabilizar a aquisição do secador, o sistema pode ser movido manualmente, como mostrado nas Figuras 7 e 10. O secador pode ser construído de tal forma que o sistema eletromecânico para giro automático possa ser adaptado em outra oportunidade.

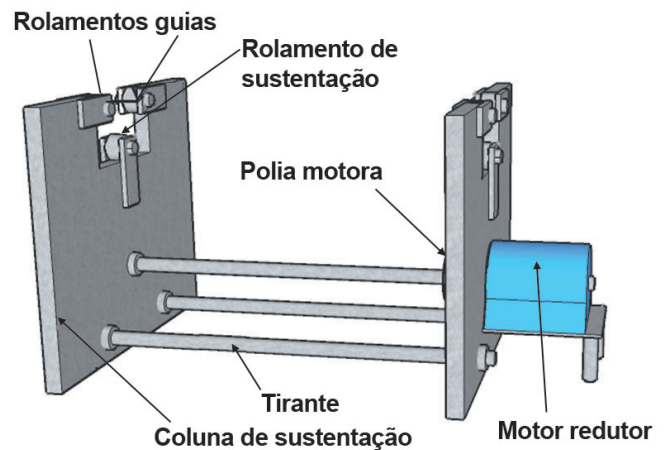


Figura 20. Detalhe da base ou chassi e sistema giratório do cilindro secador.

Construção do secador

Silva et al. (2013) sugerem que um ventilador para uso em fornalhas deva 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 café o 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) informa que equipamento em aço inox tem uma vida útil bastante longa e necessitarão de poucos reparos. Assim, um secador construído em aço inoxidável pode ter um custo inicial mais elevado, entretanto, no médio prazo, o cafeicultor verá que fez menor investimento em razão da maior vida útil e menor gasto com reparos e peças de reposição.

Duto-eixo

Como apresentado na Figura 21, este componente consta de um tubo de aço de 3 mm de espessura por aproximadamente 24 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.

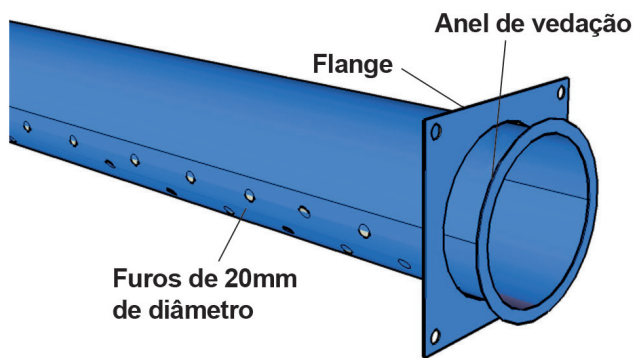


Figura 21. Duto-eixo mostrando o posicionamento do anel e flange de conexão ao ventilador.

Aletas de homogeneização e câmara de distribuição de ar

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 22a). A quarta aleta, de menor largura, só deve ser fixada após a fixação da calha perfurada (Figura 22b), que formará, com o duto-eixo, a câmara de distribuição de ar (Figuras 22b e 22c).

Apesar de a fixação dos componentes com solda ser facilitada e mais econômica para o fabricante (Figura 23), recomenda-se que todos os

componentes do secador devam ser projetados para fixação com parafusos. Com essa técnica, pode-se baratear o transporte e facilitar a manutenção do secador quando o local de uso for muito distante da fábrica. Para facilitar a montagem, as aletas, o aeroduto e a calha perfurada devem ser parafusados nos discos do cilindro secador (Figura 24).

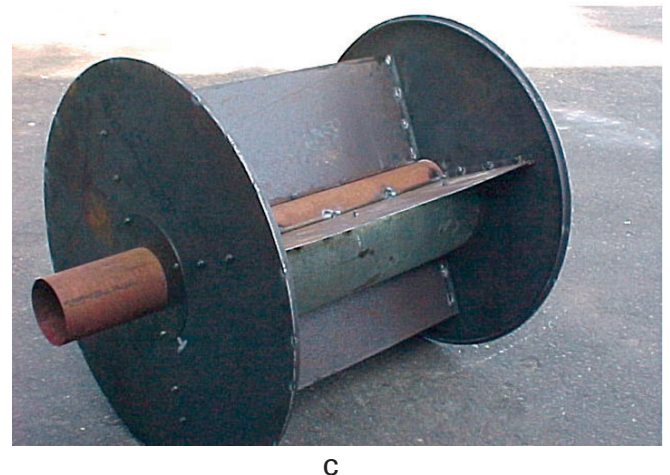
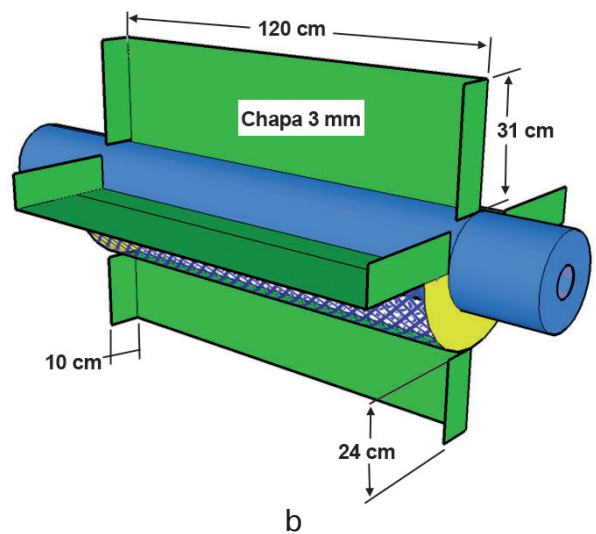
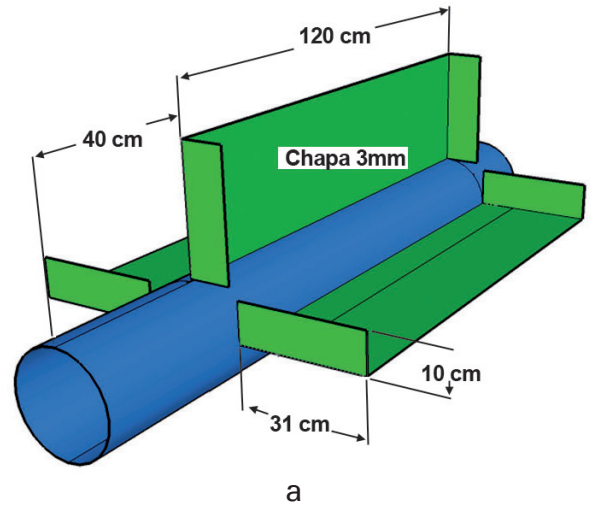
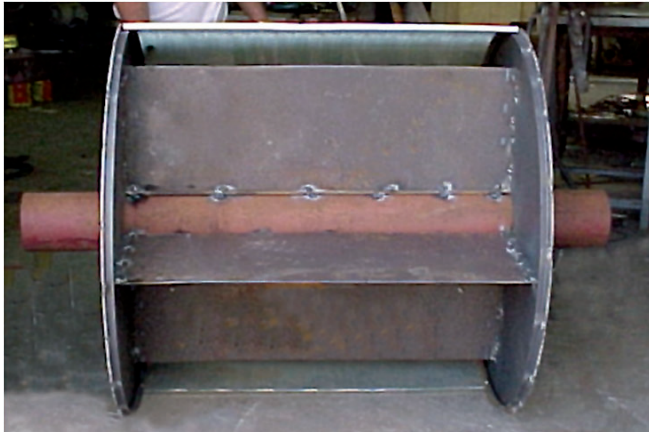


Figura 22. Detalhes do duto de distribuição de ar e aletas (a) e (b) e sistema montado nos discos de sustentação do cilindro (c).



a



b

Figura 23. Cilindro secador de um protótipo: vistas superior (a) e inferior (b) sem envoltório de chapa perfurada externa.

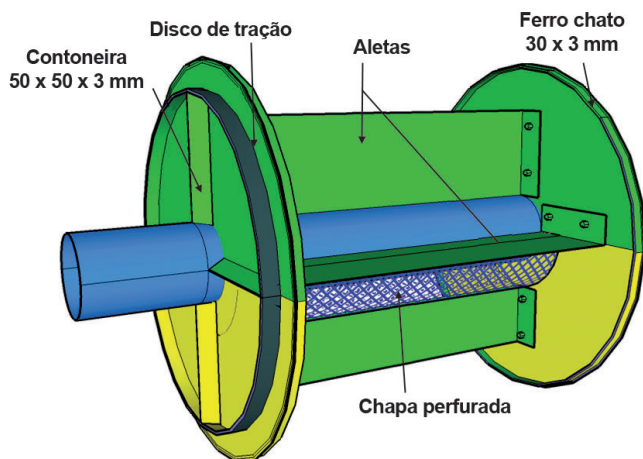


Figura 24. Detalhes do sistema duto-eixo, câmara de ar (plênium) e aletas parafusadas aos discos principais.

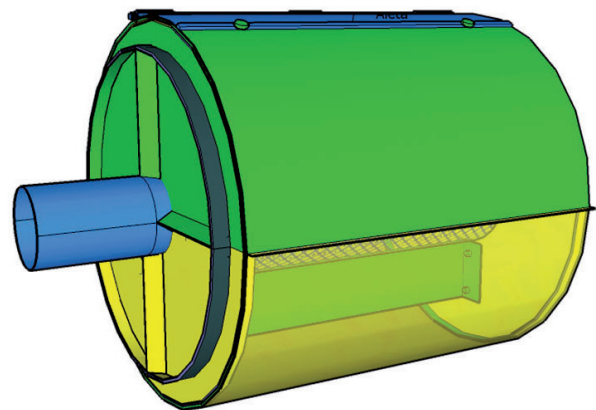
Envoltório do cilindro secador

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

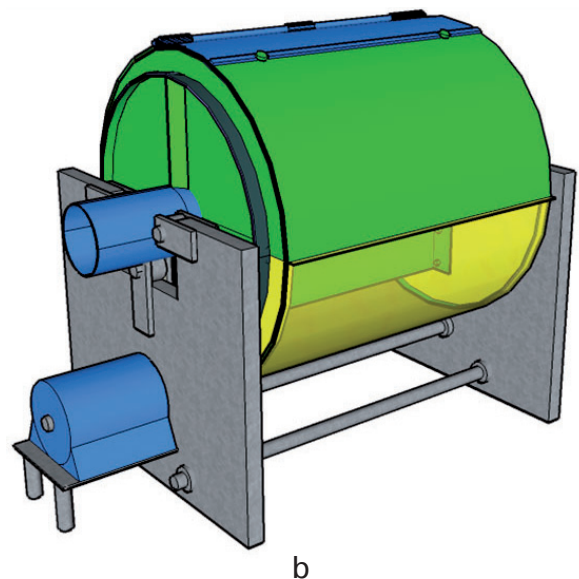
de 30 mm x 3 mm, aos discos principais. Para melhor fixação das coberturas e maior rigidez do cilindro secador, as chapas de coberturas devem ser, também, parafusadas (Figura 25a).

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 25b). 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.



a



b

Figura 25. Aspecto geral do cilindro secador pronto (a) e montado sobre chassi (b).

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 12). Nessa fase, o montador deve verificar se o aeroduto-eixo está devidamente ajustado e girando livremente dentro da expansão do ventilador (Figura 26). Na Figura 27, é mostrado o secador acoplado a uma fornalha com aquecimento direto a carvão vegetal, nos moldes apresentados por Lopes (2002). Nada impede, entretanto, que seja adaptado outro tipo como a fornalha a lenha com aquecimento indireto (Figura 28).

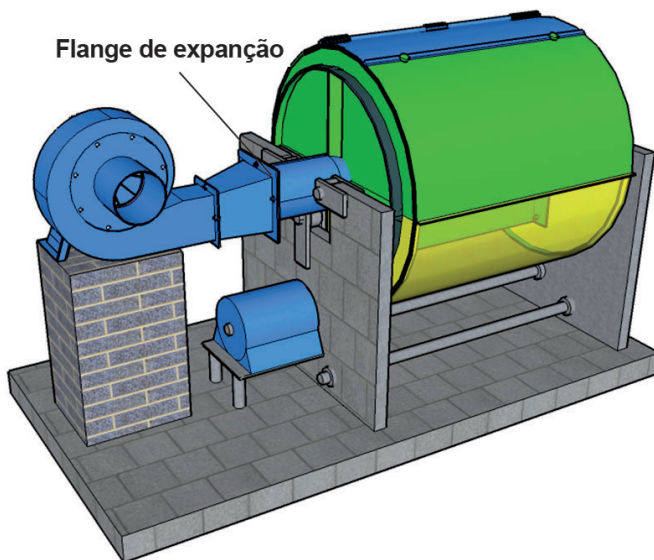


Figura 26. Secador rotativo (Barra do Choça) acoplado ao ventilador.

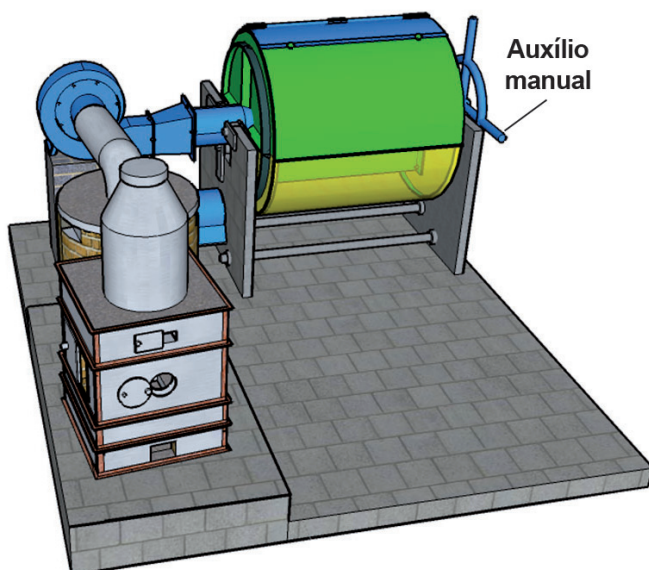


Figura 27. Secador rotativo intermitente com fornalha, sistema de rotação com motor elétrico e auxílio manual.

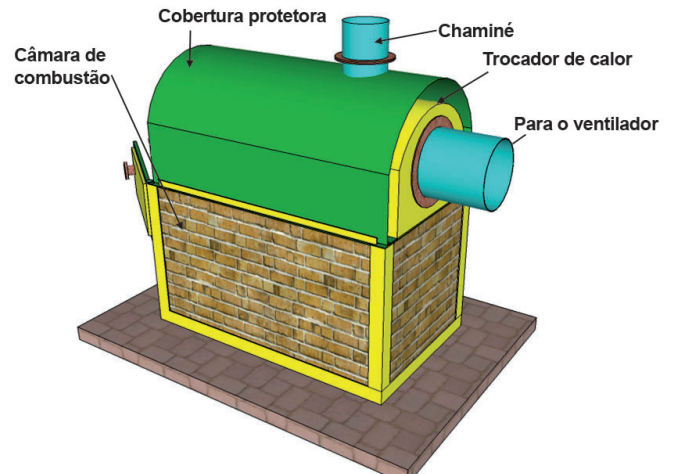


Figura 28. Fornalha a lenha com aquecimento indireto para secagem de café.

Considerações finais

Como dito no decorrer deste trabalho, a intenção dos autores foi o de 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 café de melhor qualidade.

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

- 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;
- por ser um secador de pequeno porte, o cafeicultor pode programar melhor a colheita para aumentar a quantidade de frutos maduros;
- mesmo considerando o tamanho do secador, o fato de o ar de secagem ser dirigido sempre para a parte inferior do secador, este pode trabalhar com metade da carga máxima e, por isso, a parte superior do cilindro secador trabalha como câmara de descanso (importante para a secagem do café);
- 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 cinco minutos a cada duas horas de secagem; e
- f. por ter um projeto simples, pode ser fabricado em oficinas modestas ou ter parte dos componentes adquiridos no mercado especializado em ferragens.

Referências

DAFERT, F. W. **Relatório anual do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo (Brazil)**. Campinas: Thipographia da Companhia Industrial de S.Paulo, 1896. v. 7-8, 174 p.

LOPES, R. P. **Desenvolvimento de um sistema gerador de calor com opção para aquecimento direto e indireto de ar**. 2002. 220 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

PAULINI & ALVES. **Linha de produtos: Fazenda: Secadores rotativos: PA-SR/10**. C2012. Disponível em: <<http://www.palini Alves.com.br/equipamento.php?equip=54&produto=PA-SR/10>>. Acesso em: 16. dez. 2013.

PINHALENSE. **Menu de equipamentos: Secadores para pimenta: SRE-150**. Disponível em: <http://www.pinhalense.com.br/equipamento.php?id_maquina=90>. Acesso em: 16. dez. 2013.

SANTOS, R. R.; LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. de S. e; MELO, E. C. Modificações técnica e operacional de um secador rotativo para a secagem de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 9, p. 1-11, 2006.

SILVA, J. de S. e; MACHADO, M. C. **Estado da arte da secagem e armazenagem de café no Brasil**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). O estado da arte de tecnologias na produção de café. Viçosa, MG: UFV/Departamento de Fitopatologia, 2002. 558 p.

SILVA, J. de S. e; VITOR, D. G; LOPES, R. P. **Construção de ventiladores centrífugos para uso agrícola**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2013 13 p. (Embrapa Café. Comunicado técnico, 3). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/963151/1/Construcaodeventiladores.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2013.

UKERS, W. H. Preparing creen Coffee for market. In: _____. **All about coffee**. New York: The Tea and Coffee Trade Journal Company, 1922. Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/files/28500/28500-h/28500-h.htm>>. Acesso em: 16. dez. 2013.

Comunicado Técnico, 5

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Café

Endereço: Parque Estação Biológica - PqEB, Av. W3 Norte (final), Ed. Sede 70770-901, Brasília - DF

Fone: (61) 3448-4010

Fax: (61) 3448-1797

E-mail: sac.cafe@sapc.embrapa.br

1ª Edição

1ª Impressão (2014): 1.000 exemplares



Comitê de Publicações

Presidente: Lucas Tadeu Ferreira

Vice-Presidente: Jamilsen de Freitas Santos

Secretária-Executiva: Adriana Maria Silva Macedo

Membros: Anísio José Diniz, Antonio Fernando Guerra, Carlos Henrique Siqueira de Carvalho, Cristina Arzabe, Helena Maria Ramos Alves, Maurício Sérgio Zacarias, Milene Alves de Figueiredo Carvalho.

Expediente

Supervisão Editorial: Adriana Maria Silva Macedo

Revisão de texto: Flávia Raquel Bessa

Normalização bibliográfica: Alessandra Rodrigues da Silva

Fotos e ilustrações: dos autores

Tratamento das imagens: Thiago Farah Cavaton

Editoração eletrônica: Thiago Farah Cavaton

Impressão e acabamento: Embrapa Informação Tecnológica