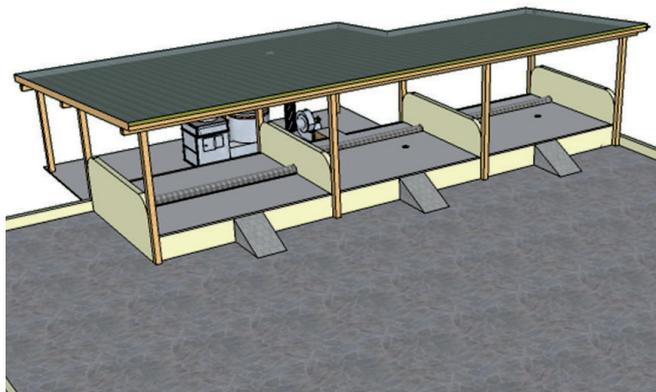


Construção e Utilização do Terreiro Híbrido para a Secagem do Café



Juarez de Sousa e Silva¹
Sérgio Maurício Lopes Donzeles²
Douglas Gonzaga Vitor³

Introdução

A cafeicultura representa importante papel nas exportações brasileiras e o Brasil, além de ser o maior produtor, ocupa o segundo lugar como consumidor mundial. Além da produção, o País também se destaca como o maior consumidor entre os países produtores.

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. Essas propriedades são dependentes da eficiência do pré-processamento ao qual o produto foi submetido. Nesse caso, o método de secagem utilizado é a operação que exerce maior influência na qualidade final do produto e 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 que atinja um teor de água abaixo de 18% em, no máximo, cinquenta horas. A partir desse ponto, o café é menos suscetível à deterioração e o cafeicultor terá melhores condições de completar a secagem, de forma segura, sem a necessidade de usar altas temperaturas de secagem e pode, segundo Silva et al. (2011), completar a secagem com ar natural durante o armazenamento em silos secadores ou tulhas, com sistema de ventilação.

Com o intuito de reduzir os custos com energia na secagem mecânica ou por desconhecimento de tecnologias mais adequadas para a fase de pós-colheita, o cafeicultor brasileiro continua a utilizar o terreiro convencional para a pré-secagem e mesmo para a secagem completa do produto.

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, Pesquisador da EPAMIG, slopes@ufv.br

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

É com a utilização de equipamentos ineficientes ou de processos obsoletos, especificamente, que o cafeicultor prejudica sensivelmente a qualidade final do produto e aumenta o custo de produção.

Até recentemente não existia um sistema de secagem de café para atender, satisfatoriamente, à maioria dos produtores. Por ser considerado um gargalo para muitas regiões produtoras, o terreiro convencional tem sido inadequado, pois ele expõe o produto a condições adversas do clima, apresenta baixa eficiência de secagem e exige muita mão de obra; já os secadores mecânicos comerciais, além de necessitarem de uma pré-secagem, apresentam alguns problemas, como: manutenção, necessidade energética alta e possíveis danos térmicos ao produto, quando operados inadequadamente.

É sabido que um secador bem dimensionado, dotado de qualquer sistema 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. Em outras palavras, não se pode melhorar a qualidade de um produto no secador, o que se pode conseguir é a manutenção da qualidade colhida ou a redução, a um mínimo possível, da intensidade de degradação do produto. Assim, por mais eficiente que seja o sistema de secagem mecânica, se a umidade inicial do café não for reduzida a níveis seguros até o terceiro dia após a colheita, não se pode esperar um café de qualidade superior.

Desconsiderando os altos custos de implantação e a exigência de muita mão de obra para operacionalizar o terreiro convencional, a inconstância da radiação solar e a possibilidade de períodos chuvosos durante a colheita, têm 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 é considerada a operação de custo mais elevado na produção de café (SILVA et al., 2011).

Considerando-se que, na maioria das propriedades produtoras de café, já existem terreiros convencionais, Donzeles (2002) analisou a adaptação de um sistema de ventilação com ar quente para melhorar o desempenho e reduzir o

tempo de secagem de um terreiro convencional. Com esse trabalho, deu-se a origem ao terreiro híbrido (SILVA et al., 2003). Mesmo funcionando com qualquer fonte de calor, os autores optaram por uma fornalha a carvão vegetal, estudada por Lopes (2002), para transformar um terreiro convencional em um secador a altas temperaturas durante os períodos noturnos, chuvosos ou na ausência de radiação solar. Esse sistema foi analisado, também, por Resende et al. (2011) para secagem de café conilon.

O terreiro híbrido (**Figura 1**) é simples, econômico e capaz de secar o café recém-saído do lavador ou descascador em menos de cinquenta horas efetivas de funcionamento com o ar aquecido a 50°C. Resumindo, 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 (tomadas de ar e calhas de distribuição), cujo ar é aquecido por uma fornalha para biomassa ou qualquer outra forma de aquecimento para secagem do produto enleirado sobre as calhas de distribuição (**Figuras 1 e 2**).

É recomendado, como mostrado na Figura 2, 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 (**Figura 3**). Na **Figura 4**, vê-se que o terreiro híbrido foi construído acima do piso do terreiro convencional e a cobertura comum foi substituída por um sistema de captação da energia solar ou, mais precisamente, por um teto coletor solar. 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 coletor solar para a secagem do produto.

Detalhes sobre a construção de um teto coletor solar para secador de grãos podem ser encontrados no capítulo 7 da obra de Silva (2008). Na **Figura 5**, é mostrado um exemplo de secador, projetado e construído na UFV, que utiliza um teto coletor solar para, nos momentos de luminosidade solar, economizar biomassa na secagem de produtos agrícolas.

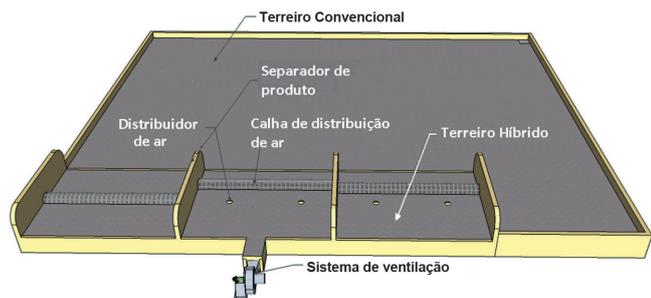


Figura 1. Detalhe de transformação do terreiro convencional em terreiro híbrido.



Figura 4. Detalhes de um terreiro híbrido com opção para aquecimento com energia solar.



(a)



(b)

Figura 2. Cafés (natural e descascado) enleirados para a secagem na ausência de radiação solar.



Figura 3. Uso da cobertura de lona plástica para cobertura da leira de secagem do sistema híbrido.



Figura 5. Detalhes de um secador que usa energia da biomassa e um teto coletor solar.

Fonte: Silva et al. (2005).

Diante do exposto, é objetivo deste material apresentar os detalhes técnicos para a construção e utilização de um terreiro híbrido como parte de uma infraestrutura mínima para produção de café com qualidade.

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 nas Figuras 1 e 2, 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 m², incluindo a fonte de aquecimento (fornalha ou queimadores) e o depósito para o combustível (lenha ou carvão), que deve 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 6a**, o sistema de aquecimento (ventilador e fornalha) fica localizado ao meio do comprimento do terreiro híbrido e é o posicionamento que permite a melhor distribuição e desempenho do ventilador. Por outro lado, na **Figura 6b** 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 6b**).

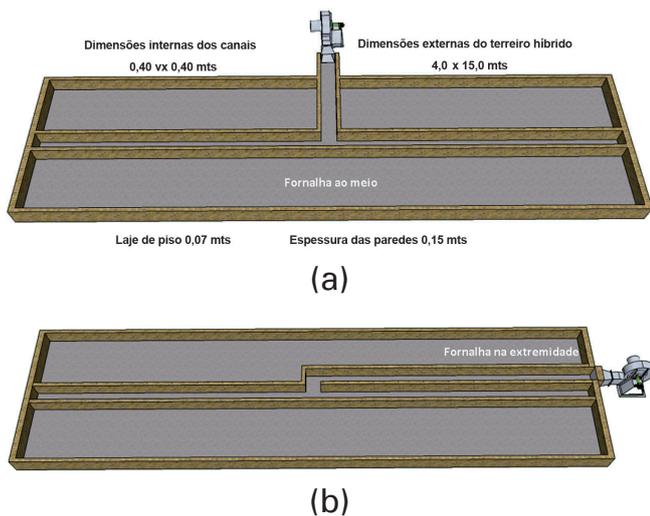


Figura 6. Posicionamento do sistema de ventilação (a) perpendicular ao comprimento e (b) paralelo e na extremidade do terreiro.

Para construção do terreiro secador (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 nas **Figuras 1, 2a e 7**, ou construir os canais acima do

piso do terreiro (**Figuras 2b e 4**) 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.

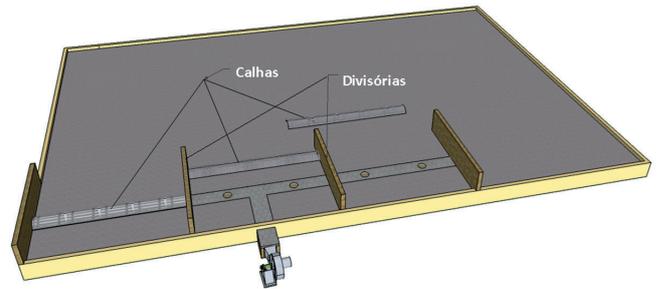


Figura 7. Terreiro híbrido com os canais abaixo do nível do piso do terreiro convencional.

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 8**). Entretanto, a adaptação do terreiro híbrido acima do piso do terreiro convencional é garantia de que não haverá problema com escoamento de águas de chuvas.

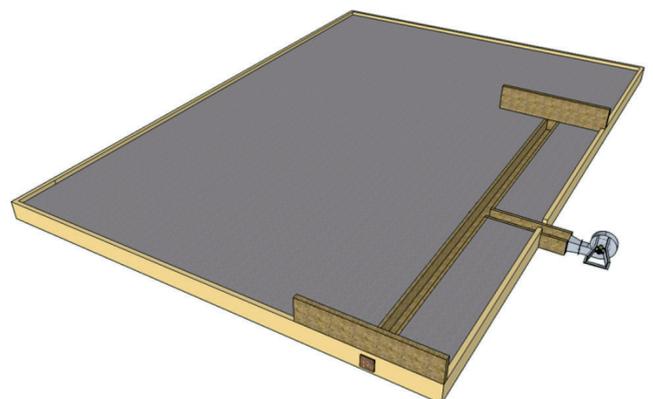


Figura 8. Construção dos canais (túneis) do terreiro híbrido abaixo do nível do terreiro convencional.

Deste ponto em diante, serão mostrados todos os detalhes para a adaptação do terreiro híbrido acima do piso do terreiro convencional, como mostrado na **Figura 2b** e na **Figura 4**.

Na **Figura 9**, é mostrado 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 fixo. 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 4** e projetado como na **Figura 5**.

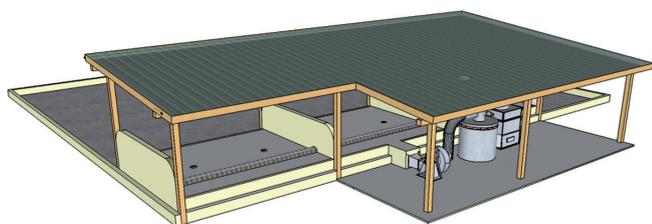


Figura 9. Terreiro híbrido construído acima do nível do terreiro convencional e sob uma cobertura permanente.

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 10**).

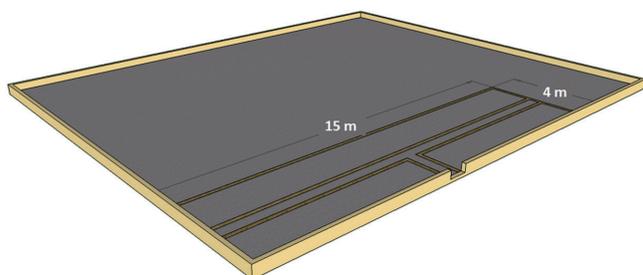


Figura 10. Detalhes da marcação do terreiro híbrido sobre o terreiro convencional.

Passo 6 – Após marcação, as paredes podem ser construídas e, como mostrado na **Figura 11**, a altura deve ser de 40 cm. As dimensões internas dos canais, depois de um acabamento

bem feito, 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).

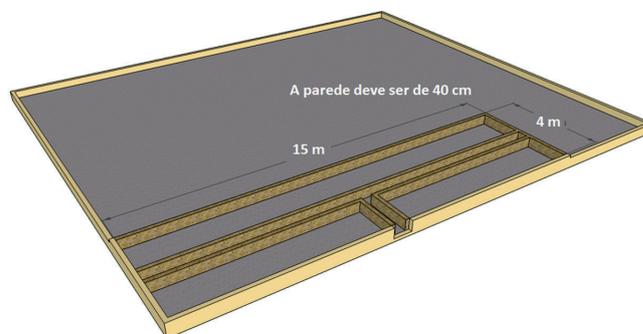


Figura 11. Detalhes das paredes laterais e dos canais de distribuição.

Passo 7 – Confeccção da laje ou piso do terreiro híbrido. Três possibilidades podem ser usadas:

1. usando tablados de madeira (taipas) entre as paredes laterais e as dos canais e, sobre eles, a montagem das lajes (**Figura 12**). Nesse caso, a madeira ficará permanentemente sob as lajes;
2. usando segmentos pré-moldados como na **Figura 13**; nesse caso, recomenda-se a leitura de Silva et al. (2003); e
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 pela **Figura 14a** e a foto (**Figura 14b**) tirada durante a construção de um terreiro híbrido, ilustram a importância do passo 7.

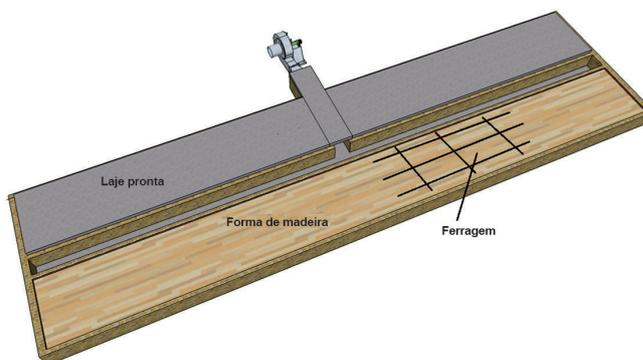


Figura 12. Construção das lajes sobre formas de madeira.

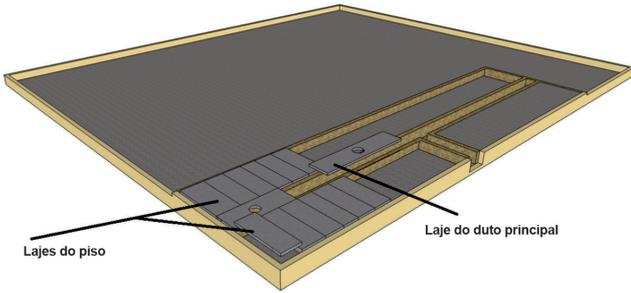


Figura 13. Construção do piso com lajes pré-moldadas.

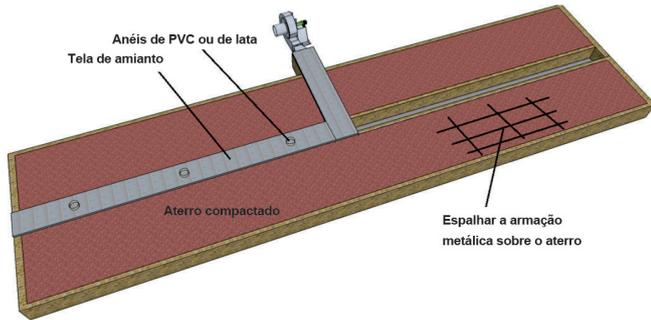


Figura 14a. Desenho mostrando detalhes da construção do piso sobre aterro e dos canais com telhas de amianto.

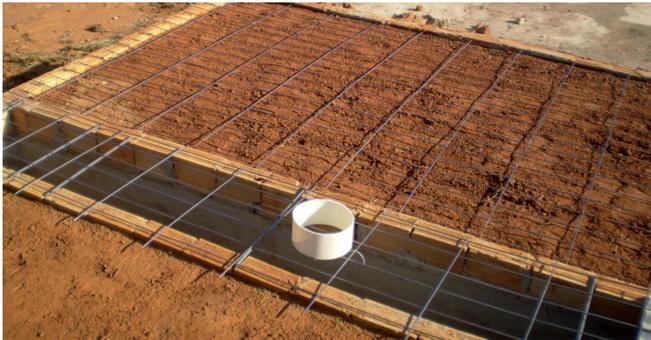


Figura 14b. Detalhe da construção da laje piso e colocação dos anéis de PVC para formar a tomada de ar quente.

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 permanecer os furos circulares (**Figuras 15a e 15b**) para distribuição de ar para as calhas.

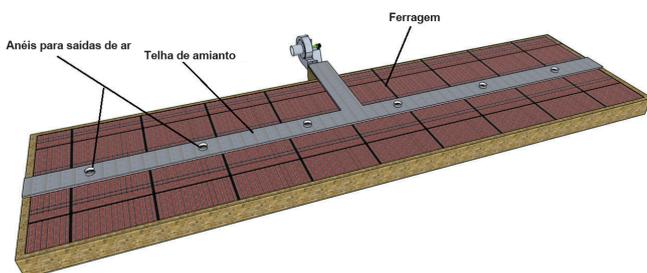


Figura 15a. Esquema das lajes sobre os canais de distribuição de ar quente.



Figura 15b. 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 em madeira. Como as paredes da extremidade, elas devem ser construídas com uma altura mínima de 80 cm (**Figuras 16a e 16b**).

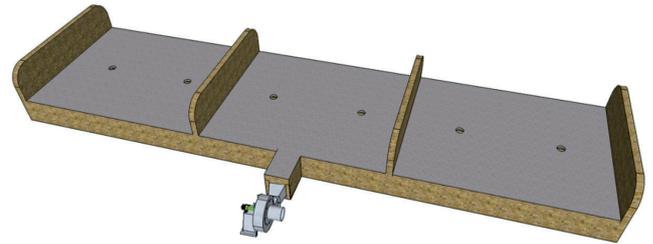


Figura 16a. Terreiro híbrido mostrando paredes, posição do ventilador e tomadas de ar de secagem.



Figura 16b. Detalhes dos anéis de PVC para formação das tomadas de ar quente, antes de adicionar o concreto para formação do piso.

Passo 10 – Acabamento do sistema e construção das rampas de acesso (**Figura 17**). 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 5**, seja construído com a opção para receber o sistema de cobertura transparente próprio para captar a energia solar.

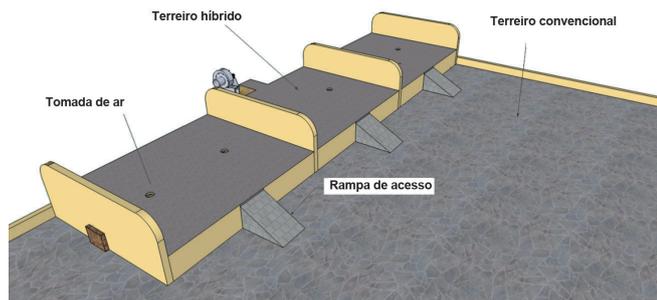


Figura 17. Detalhes do terreiro pronto para receber fôrnelha e telhado.

Passo 11 – Com a parte essencial do terreiro pronta, o proprietário deve decidir pelo tipo de fôrnelha e tamanho do telhado. Admitindo que a opção seja pela fôrnelha a carvão vegetal, nas Figuras 18 e 19 é mostrado o aspecto final do terreiro híbrido. Ao adquirir o Kit para construção do sistema híbrido, não se esquecer de que, além da fôrnelha e do ventilador, o fornecedor deve incluir três calhas de distribuição, semelhantes à observada nas Figuras 16b e 20, e um termômetro, que deve ser instalado depois da saída do ventilador.

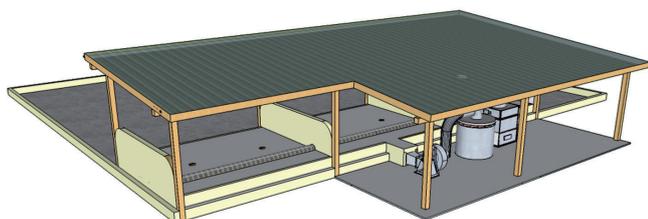


Figura 18. Aspecto geral do terreiro híbrido com fôrnelha e teto solar visto por trás.

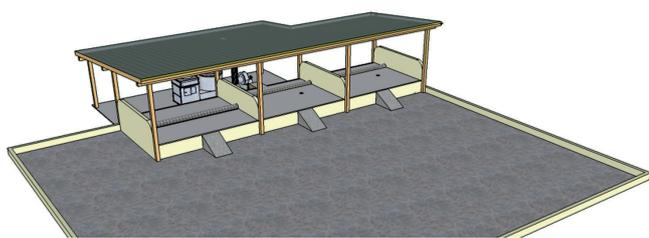


Figura 19. Aspecto geral do terreiro híbrido com fôrnelha e teto solar visto pela frente.

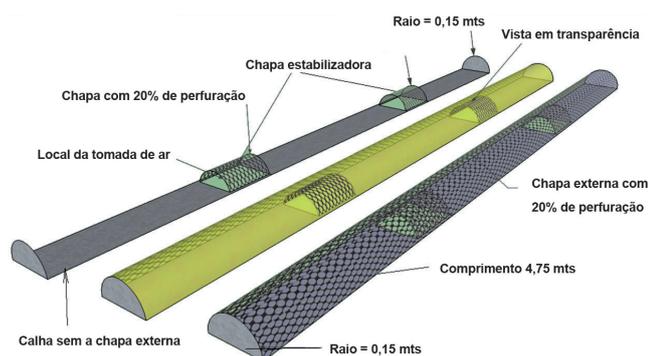


Figura 20. Detalhes da calha de distribuição do ar de secagem.

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 e sobre as quais são colocadas as leiras de produto a ser secado (Figuras 2 e 3), 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 21).

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 22).

Ao sistema de duto deve ser acoplado um ventilador centrífugo acionado por motor elétrico de 5cv, 1.750 rpm, que possibilita uma vazão de 1,5 m³/s de ar aquecido por uma fôrnelha e, quando houver disponibilidade de radiação solar, pelo calor captado pelo teto-coletor solar. Portanto, na ausência de radiação solar, 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. 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 secados, sob 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 pautas) é praticamente igual à energia fornecida pela queima de 15 kg por hora de lenha em uma fornalha com aquecimento indireto.



Figura 21. Secador híbrido trabalhando com seis caixas para secagem de lotes individualizados.

Fonte: Silva (2008).

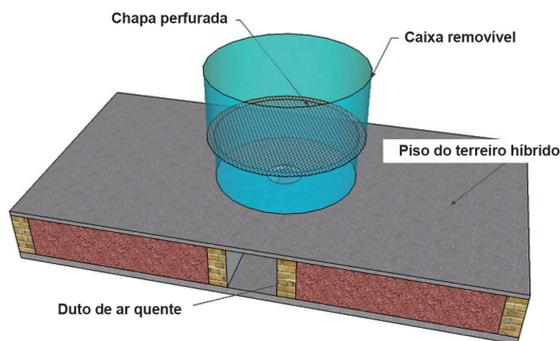


Figura 22. Secador híbrido trabalhando com seis caixas para secagem de lotes individualizados.

Uma fornalha a carvão vegetal, como a analisada por Lopes (2002), 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 se lembrar de que a cada três horas de secagem ele 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.

Referências

DONZELES, S. M. L. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema híbrido, solar e biomassa, para secagem de café (*coffea arábica L.*)**. 2002. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RESENDE, O; SIQUEIRA V.C; AFONSO JÚNIOR P.C; CORRÊIA, P.C. Comparação entre terreiros híbrido e de concreto na secagem do café conilon processado por via seca e úmida. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13. n. 2, p. 117-185, 2011.

SILVA, J. S; LOPES R.P; DONZELES S.M.L; COSTA, C.A. **Infraestrutura mínima para produção de café com qualidade: opção para a cafeicultura familiar**. Brasília, DF: Consórcio Pesquisa Café, 2011. 61 p.

SILVA, J. S. et al. **Sistema híbrido para secagem de café**. Viçosa: Jard, 2003. 65 p.

SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, : Aprenda Fácil, 2008. 502 p.

SILVA, J. S.; BERBERT, P. A.; LOPES, R, P. **Hygienic coffee processing and technologies**. Brasília, DF: Consórcio Pesquisa Café, 2011. 96 p.

SILVA, J. S.; NOGUEIRA, R. M.; ROBERTO, C. D. **Tecnologias de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2005. 137 p.

Comunicado Técnico, 2

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 (2013): 1.500 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, Sergio Mauro Folle.

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