

Fornalhas em secadores cascata¹

Por: Luís César da Silva

Para a realização do processo de secagem artificial quase sempre é necessário aumentar o potencial de secagem do ar. Nesse caso, faz-se necessário repassar calor ao ar, o que promoverá o aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar de secagem. Para o repasse de calor ao ar são utilizadas fornalhas, resistores elétricos, ou a radiação solar.

As fornalhas devem ser dimensionadas para garantir a combustão completa dos combustíveis, que são classificados em: (a) sólidos – lenha, cavaco e carvão; (b) gasosos – gás natural e gás liquefeito de petróleo - GLP; (c) pulverulentos – casca de arroz, serragem de madeira; e (d) líquidos – fuel oil, gasolina e óleo diesel. E considerando essas características, têm-se fornalhas específicas para queima de cada um desses combustíveis.

Uma das características importantes dos combustíveis é o poder calorífico inferior, expresso em quilocalorias ou quilo Joules liberados na queima de um quilo do combustível, Tabela 1. Desse modo, por exemplo, ao ser queimado um quilo pinho são liberadas 3.300 quilocalorias ou 13.860 k Joules.

Devido ao baixo custo de aquisição, a lenha é o combustível mais utilizado na secagem de grãos no Brasil. E esta, quando totalmente seca, 0% de teor de água, tem a seguinte composição química: (i) 49% de carbono, (ii) 6% de hidrogênio, (iii) 38% de oxigênio e (iv) 2% de minerais - que é a porção convertida em cinzas.

No entanto, quando cortada, a lenha possui teor de água entre 40 a 55% e quando seca ao ar apresenta teores entre 20 a 30%. É certo afirmar que quanto menor é o teor de água da lenha, maior é o poder calorífico.

Abstract

Mixed flow dryer furnaces

(Federal University of Espírito Santo - Food Engineering Department - Technical Bulletin: AG: 05/05 - 03/25/2005, Revised: 06/15/2015)

This extension bulletin describes technical characteristic and operational care of firewood furnaces used with mixed flow dryers in Brazil. It is emphasized the importance of adjustment of the furnace air flows to ensure appropriated levels of flow and temperature of drying air.

Dr. Luís César Silva – website: www.agais.com

¹ Artigo publicado na Revista Grãos Brasil: Da Semente ao Consumo, Ano III, n° 16, Setembro de 2004. p. 30-34

Tabela 1 – Poder calorífico inferior de alguns combustíveis

Combustível	Poder calorífico inferior	
	(k calorias / kg)	(k Joules / kg)
Cabreúna	4.115	17.283
Canelinha	4.010	16.842
Eucalipto	2.800 – 3.340	11.760 – 14.028
Figueira	3.390	14.238
Ipê	4.020	16.884
Jacarandá	3.780	15.876
Pinho	3.300	13.860
Bagaço de cana	2.200	9.240
Serragem de Pinho	2.000	8.400
Palha de arroz	3.300	13.860
Briquete	3.500 – 4.900	14.700 – 20.580
Carvão vegetal	4.400	18.480
Álcool	6.214	26.098,8
Óleo diesel	10.300	43.260
Gasolina	11.000	46.200
Gás GLP	11.000	46.200
Fuel oil	9.600	40.320

Fonte: adaptado de WEBER (2001)

As principais vantagens do uso da lenha são: (i) menor custo por tonelada na produção de energia, isto no Brasil; (ii) emprego de mão de obra rural, o que promove a fixação do homem no campo; (iii) fácil armazenagem a céu aberto; e (iv) geração de baixos teores de cinza e enxofre. Além disso, é um combustível renovável.

As principais desvantagens são: (i) exigências ambientais que fazem requerer o uso racional, sendo então, necessário o planejamento do cultivo e exploração; (ii) fornecimento irregular; (iii) baixo poder calorífico; e (iv) difícil automatização das fornalhas.

1. Processo de Combustão

A combustão ou queima é uma reação química que permite produzir calor mediante a interação de três fatores: combustível, oxigênio e a ocorrência da temperatura de ignição. A interação desses três fatores constitui o **Triângulo do Fogo** (Figura 01).

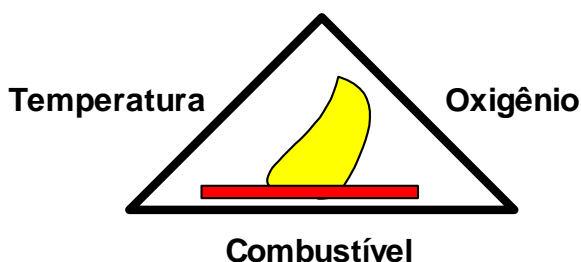


Figura 01 - Representação do triângulo do fogo.

O combustível trata da matéria que irá liberar a energia calorífica. O oxigênio, substância comburente é fornecido pelo ar atmosférico. O ar normalmente em sua composição apresenta 20% de oxigênio. A temperatura de ignição corresponde o nível de temperatura que o combustível deve atingir para iniciar a queima. Para lenha, a temperatura de ignição é de aproximadamente 300 °C, enquanto para o carvão é 350 °C e para gás GLP, 500 °C.

Na falta de um dos fatores do Triângulo do Fogo, a combustão não ocorre. Conhecendo este princípio, o mesmo pode ser aplicado para o controle de incêndios. Pois, basta nesse caso eliminar um dos fatores.

2. Componentes das Fornalhas a Lenha

As fornalhas devem ser dimensionadas para: (1) possibilitar o aquecimento do combustível para que seja atingida a temperatura de ignição de forma autossustentável, (2) promover a mistura do ar com o combustível a uma dosagem ideal, e (3) propiciar a retenção dos gases oriundos da queima do combustível por um intervalo tempo, de tal forma, a ocorrer à combustão completa. Isso porque esses gases ao sofrer combustão também liberam energia calorífica. Esses fatores constituem os **3Ts** da combustão, que são: **Temperatura do combustível**, **Tempo de execução** e **Turbulência do ar**.

- a) **Temperatura do combustível:** para que ocorra a combustão o combustível deve atingir a temperatura de ignição. Se a temperatura for inferior, ocorrerá combustão incompleta, o que gera fumaça e carvão em excesso. Por outro lado, se a temperatura for muito superior a de ignição, ocorrerá à fusão do combustível.
- b) **Tempo de execução:** o combustível e os gases voláteis gerados devem permanecer na fornalha por um intervalo de tempo necessário para que ocorra a combustão completa.

c) **Turbulência** → o desenho da fornalha deve favorecer o movimento turbulento do ar. Assim, todo o combustível poderá ser envolvido pelo oxigênio presente no ar. Desse modo, a reação de combustão ocorrerá de forma ideal.

Nas Figuras 02 e 03 são representados esquematicamente dois modelos de fornalhas utilizados nas unidades armazenadoras brasileiras e suas partes são descritas a seguir:

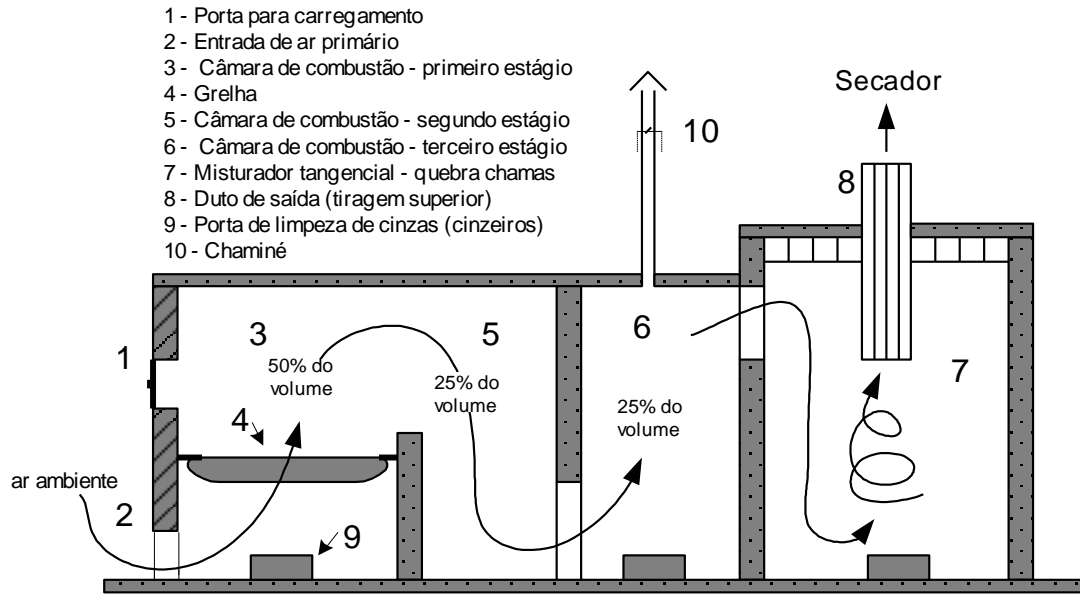


Figura 2 – Fornalha para lenha com tiragem superior do ar aquecido (ANDRADE et al, 1996)

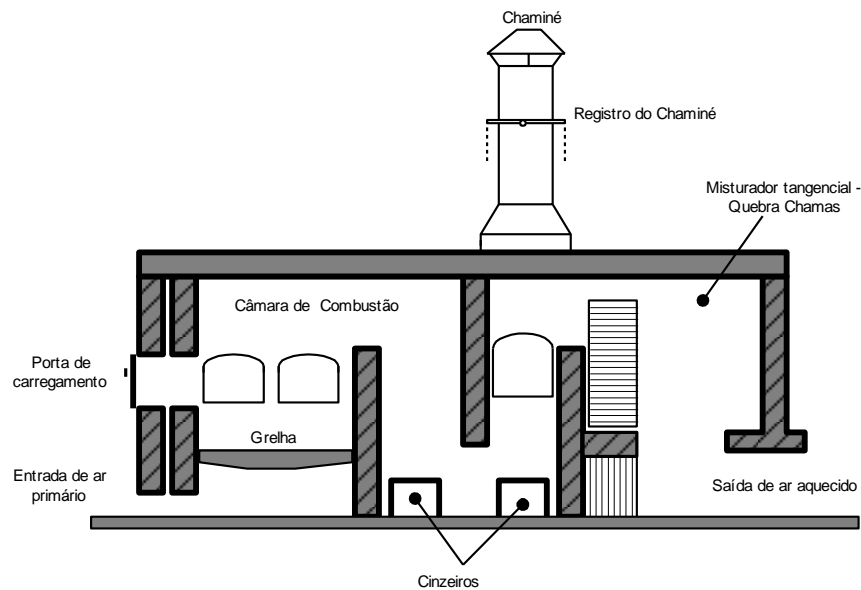


Figura 2 – Fornalha para lenha com tiragem inferior do ar aquecido (WEBER, 2001)

Câmara de combustão: É o espaço projetado para que ocorra a combustão da lenha e gases voláteis gerados. Conforme é demonstrado nas Figuras 02 e 03, normalmente, a câmara de combustão é dividida em três estádios. O primeiro estádio, que corresponde a 50% do volume da câmara, é utilizado para combustão da lenha. O segundo e terceiro estádios são utilizados para queima dos gases voláteis gerados no primeiro estágio. Cada um desses deve corresponder a 25% do volume da câmara. Esses dois estágios devem propiciar a circulação dos gases da combustão por três motivos: (1) permitir a retenção dos gases voláteis por um intervalo de tempo que possibilite a combustão completa; (2) eliminar fagulhas, e (3) quebrar as chamas. Na Tabela 02, são feitas indicações de volumes de câmaras de combustão conforme a capacidade de secagem de secadores de cavaletes (secador de fluxos mistos). Desse modo, por exemplo, a fornalha acoplada a um secador de 60 t/h deverá ter uma grelha com a área mínima de 6,92 m² e o volume interno da câmara de combustão deverá ser de no mínimo 20,11 m³. Esta fornalha terá um consumo médio de 1.100 kg de lenha por hora, ou seja, 2,4 m³ de lenha por hora.

Tabela 03 – Área de grelha, volume da câmara de combustão e consumo de lenha em função da capacidade de secagem de secadores cascata

Capacidade de secagem t/h	Área de Grelha m ²	Volume da Câmara de Combustão (m ³)	Consumo de lenha	
			kg/h	m ³ /h
10	1,15	3,38	185	0,4
20	2,31	6,77	370	0,8
30	3,31	9,91	542	1,2
40	4,62	13,53	740	1,6
60	6,92	20,11	1.100	2,4
80	9,53	29,70	1.624	3,6
100	11,56	33,83	1.850	4,1

Fonte: WEBER (2001), Catálogos de Fabricantes e ANDRADE et al. (1996)

Portas de carregamento: São aberturas na câmara de combustão empregadas para o abastecimento de lenha. É recomendado que estas sejam instaladas a cada um metro.

Grelha: É a grade metálica localizada na câmara de combustão com a função de manter a lenha suspensa. Isto facilita o envolvimento da lenha pelo ar. Na Tabela 3 são apresentados valores de áreas de grelha em função da capacidade horária de secagem de secadores tipo cascata. É recomendado que a profundidade da grelha não ultrapasse a 2 metros. Isso para facilitar a operação de abastecimento. No projeto de fornalhas, cada metro quadrado de grelha deve permitir a queima de 80 a 200 kg de lenha/hora.

Entradas de ar primário: São aberturas abaixo da linha da grelha, situadas geralmente na parte frontal das fornalhas. Essas aberturas têm por função propiciar a entrada da vazão

de ar (metros cúbicos/hora) necessária para combustão. O valor dessa vazão corresponde a 10% da vazão de ar sugada pelos ventiladores dos secadores de fluxos mistos tipo cavaletes. Assim, por exemplo, em um secador de 40 t/h, cerca de 10.000 m³ de ar/h deve passar pelas entradas de ar primário. Geralmente, a fornalha de um secador de 40 t/h, possui seis entradas de ar primário na dimensão de 0,40 x 0,40 m. Isso implica que a velocidade do ar por essas entradas deve ser em torno de 5 m/s (0,3 km/h). Essa velocidade é medida com o uso de anemômetro, Figura 3.



Figura 3 – Anemômetro (modelos Airflow) destinado à medição da velocidade do ar.

Cinzeiros: São aberturas localizadas na parte inferior do corpo da fornalha que tem por objetivo proporcionar a limpeza dos resíduos da combustão. Essas aberturas devem ser mantidas fechadas durante o uso da fornalha. Geralmente, os usuários confundem a finalidade dos cinzeiros com as das aberturas de ar primário. Essas últimas devem ser mantidas abertas durante o uso da fornalha.

Misturador tangencial ou Ciclone: Esta estrutura tem por principal função misturar o ar proveniente da fornalha com o ar ambiente. Cerca de 35 a 45 % do ar sugado pelo sistema de ventilação do secador deverá passar pelas entradas de ar localizado no corpo do misturador tangencial. Pela operação da mistura dos fluxos devem ser alcançados os seguintes objetivos: (i) obter cerca de 40% do volume de ar aspirado pelo sistema de ventilação do secador, (ii) eliminar fagulhas que podem causar incêndios no secador, e (iii) remover partículas sólidas (cinzas) presentes no ar.

3. Cuidados na Operação de Fornalhas.

Conforme citado acima, em média cerca de 10 a 15 % da vazão do ar aspirada pelo sistema de ventilação dos secadores tipos cascata devem passar pelas entradas de ar

primário. Desse modo, no caso, por exemplo, de um secador de 40 t/h, com reaproveitamento do ar da câmara de resfriamento, se for empregada à vazão de ar de secagem igual a 100 mil m³ de ar/h tem-se que: (i) 50% (50 mil m³ de ar/h) devem ser provenientes da câmara de resfriamento, (ii) 40% (40 mil m³ de ar/h) das entradas de ar do misturador tangencial (quebra chamas), e (iii) 10% (10 mil m³ de ar/h) das entradas de ar primário da fornalha. Observação: Esses valores podem variar em função da capacidade de secagem, marca do secador, modelo de fornalha e condições ambientes: temperatura e umidade relativa.

Os dados de vazão acima servem para demonstrar a importância da regulação adequada das aberturas das entradas de ar primário. Infelizmente, existe por parte de alguns operadores a preocupação exclusiva com a temperatura registrada pelo termômetro instalado na câmara de secagem. Para tanto, tratam de estrangular as estradas de ar pela fornalha e pelo misturador tangencial. Assim, facilmente é atingida a temperatura desejada. No entanto, o sistema de ventiladores não consegue sugar a vazão de ar necessária devido à resistência imposta ao fechar as entradas de ar. Como consequência, o rendimento do secador é afetado negativamente.

O importante é atingir a temperatura do ar de secagem desejada, como também, propiciar vazão de ar demandada pelo secador conforme especificações dos fabricantes.

Como procedimentos complementares são citados abaixo mais alguns cuidados na operação de fornalhas:

1. Limpar periodicamente a estrutura metálica das grelhas. Isso desobstrui a passagem de ar e propicia o arrefecimento das grades metálicas, conseqüentemente, aumenta a vida útil.
2. Distribuir a lenha uniformemente pela área da grelha. Isso garante melhor aproveitamento do combustível.
3. Abastecer a fornalha somente com a quantidade de lenha necessária. O abastecimento deve ser feito, periodicamente, por exemplo, a cada 20 minutos. Com isso é evitado o desperdício, como também, o superaquecimento da grelha e demais estruturas da fornalha.
4. Remover frequentemente cinzas acumuladas abaixo da grelha e demais seções da fornalha. Isso evita a emissão de fagulhas na câmara de secagem.

5. Manter fechadas as portas de abastecimento durante a operação. Caso contrário o fluxo de ar pela fornalha não seguirá os sentidos apresentados na Figura 2. Assim, o rendimento da fornalha estará comprometido.
6. Observar as características das cinzas abaixo da grelha. Se for detectado muito carvão é indicativo de falta de oxigênio para combustão. Desde modo, os registros das entradas de ar primário devem ser regulados para uma abertura maior.
7. Manter abertas e desobstruídas as entradas de ar primário, para garantir o volume de ar necessário para combustão.
8. Manter fechados os registros dos cinzeiros instalados no corpo da fornalha e no misturador tangencial. Caso contrário ocorrerá entrada de ar por local não desejado, comprometendo o desempenho da fornalha.
9. Manter desobstruídas a área de circulação ao redor da fornalha. Motivos: (i) garantir entradas de ar pelas aberturas primárias, como também, (ii) possibilitar o arrefecimento da fornalha.
10. Parar de abastecer a fornalha pelo menos uma hora antes de finalizar a secagem. Motivos: (i) economizar lenha; e (ii) promover o arrefecimento da fornalha, o que aumentada a vida útil.
11. Limpar e fazer manutenção da fornalha nas entressafras. A limpeza visa eliminar o abrigo de roedores e outras pragas. A manutenção garante o rendimento da fornalha, o que representa economia de consumo e aumenta a vida útil.

5. Referências

BROOKER, D. B., BAKKER-ARKEMA, F. W., HALL, C. W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

ANDRADE, E. B., SASSERON, J. L., OLIVEIRA-FILHO, D. Princípios Sobre Combustíveis, Combustão e Fornalhas. [Notas de Aula]. Viçosa: CENTREINAR. 1986.

SILVA, J. S. [editor] Pré-Processamento de Produtos Agrícolas. Instituto Maria. Juiz de Fora. 1995. 509 p.

WEBER, E. A. Armazenagem Agrícola. Editora. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba: RS. 2001. 396 p.