

Geradores de Vapor

4º ano

Aula 3

Classificação dos Geradores de Vapor

- Tópicos
 - Definição
 - Classificação das caldeiras
 - Caldeiras Flamotubulares
 - Caldeiras Aquatubulares



Definição

É basicamente um trocador de calor que funciona à pressão superior que a atmosférica, produzindo vapor a partir da energia térmica fornecida por uma fonte qualquer. É constituída por diversos equipamentos integrados para permitir a obtenção do maior rendimento térmico com a maior segurança.



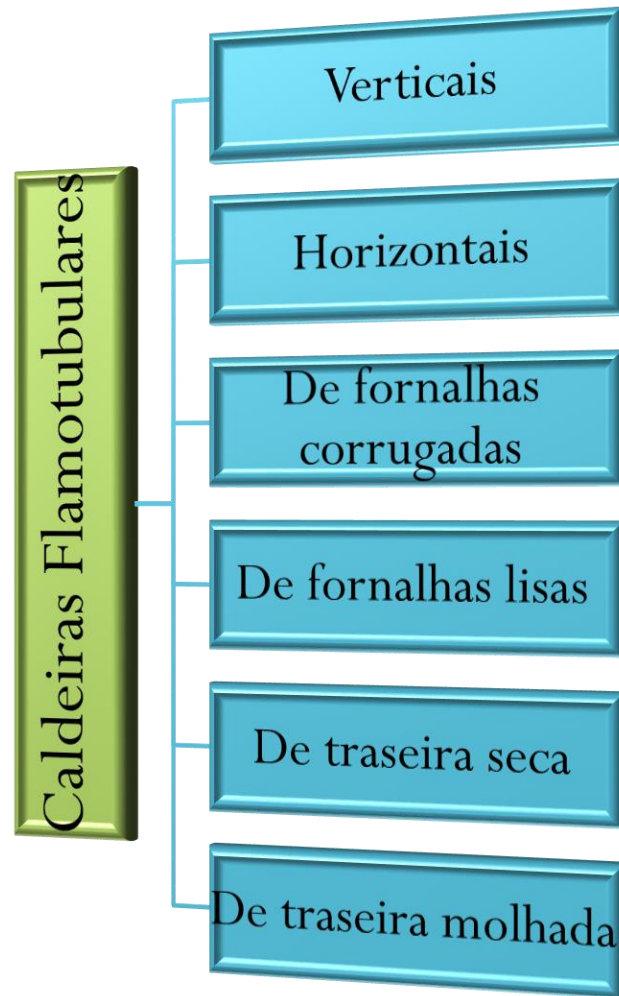
Classificação das caldeiras

- Existem diversas formas para se classificar as caldeiras. Por exemplo, elas podem ser classificadas sob os seguintes aspectos:
 - Quanto a localização da água-gases;
 - Quanto a energia empregue para o aquecimento;
 - Quanto a montagem;
 - Quanto a sustentação;
 - Quanto a circulação da água;
 - Quanto ao sistema de tiragem.



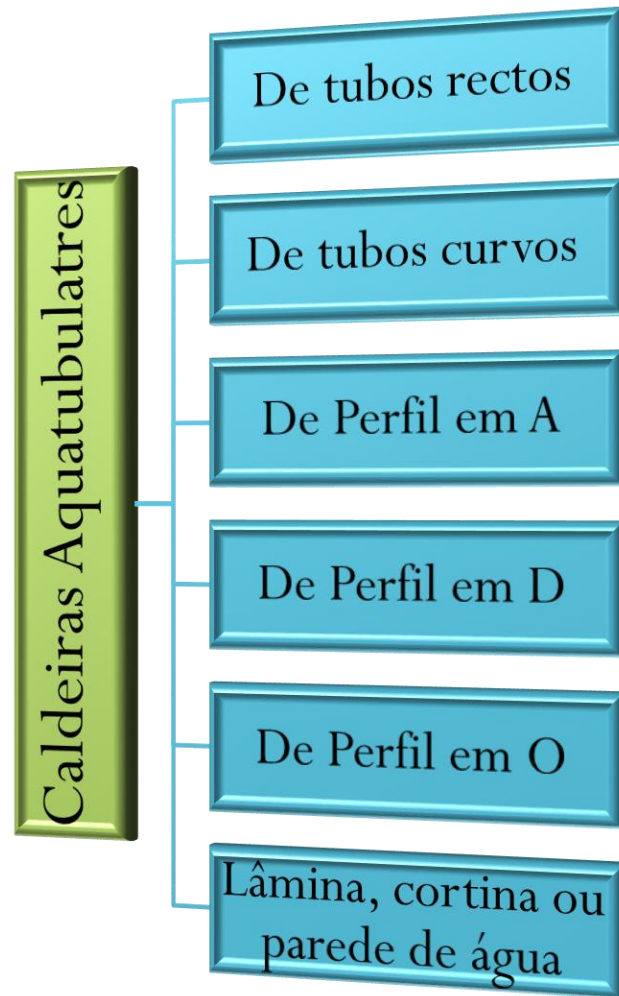


Quanto a localização água-gases

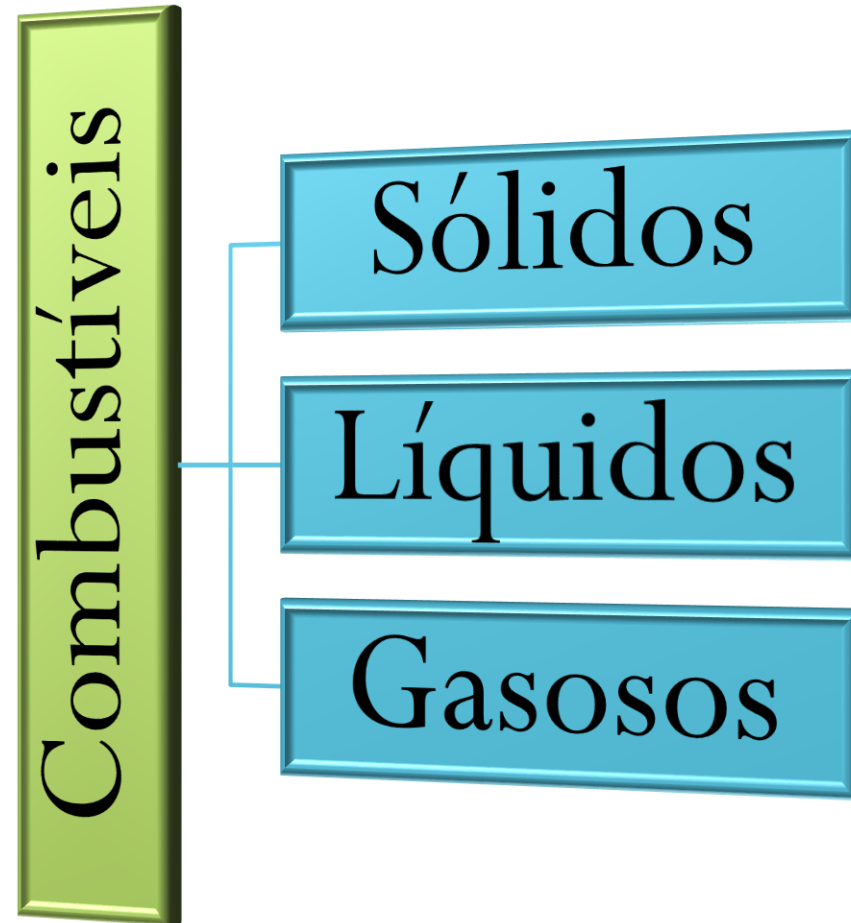




Quanto a localização água-gases

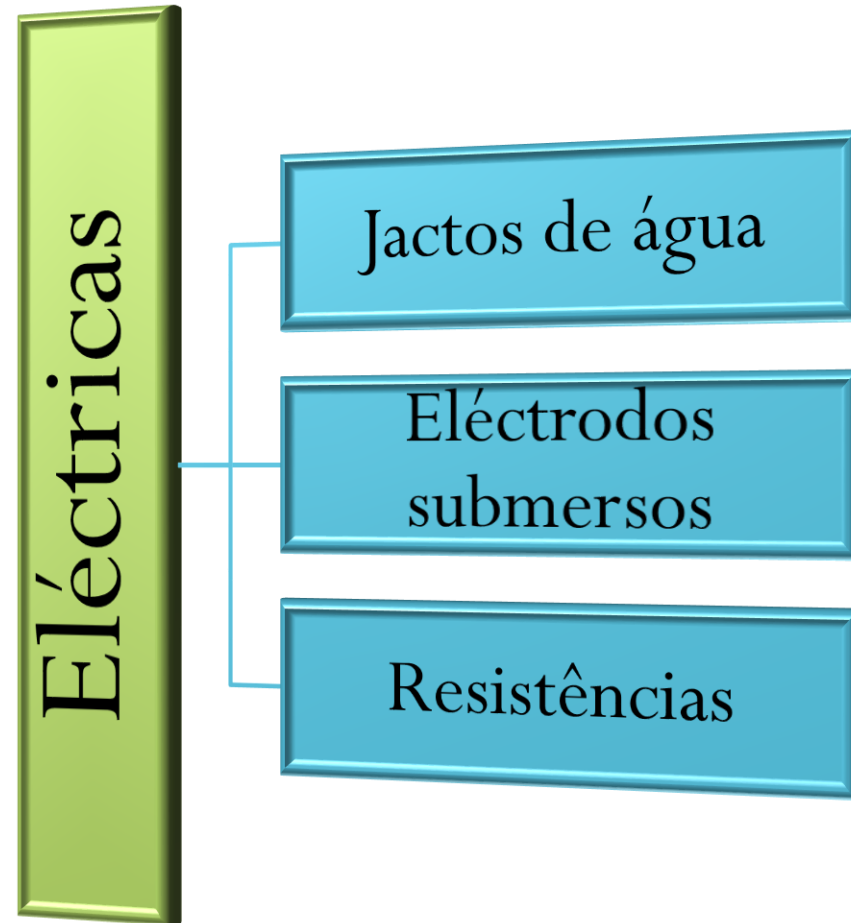


Quanto a energia empregue para o aquecimento



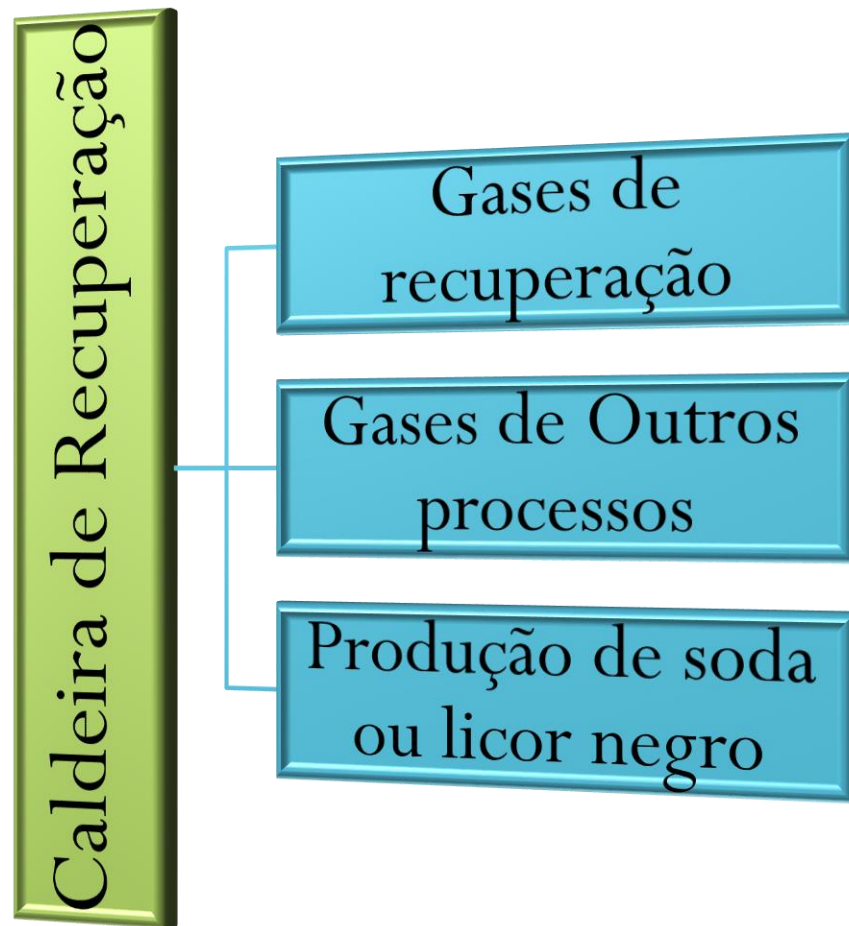


Quanto a energia empregue para o aquecimento





Quanto a energia empregue para o aquecimento



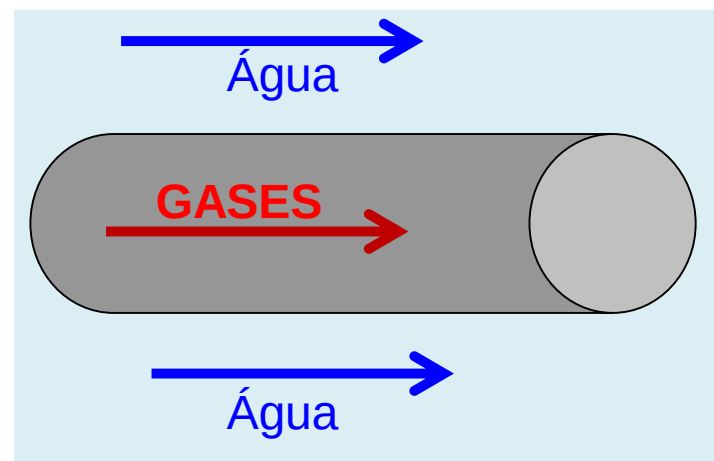


E ainda...

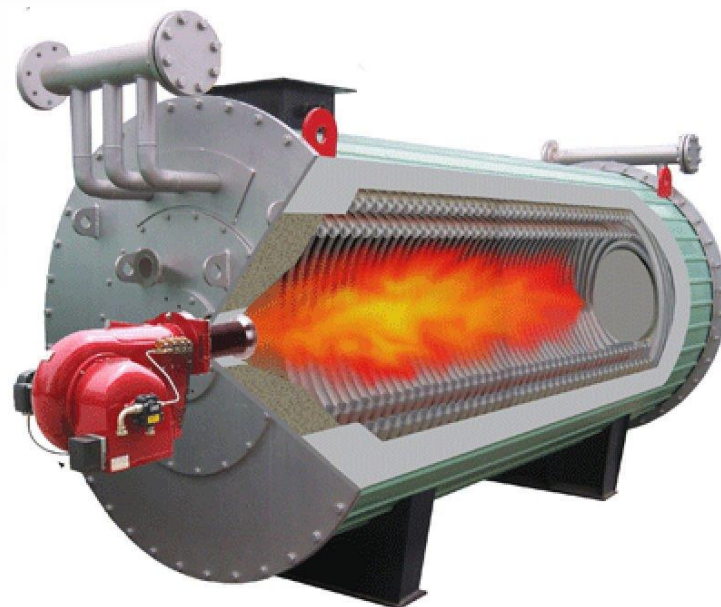
- **Quanto à montagem:**
 - A) Caldeiras pré-montadas (compactas)
 - B) Caldeiras montadas em campo
- **Quanto à sustentação**
 - A) Caldeiras auto-sustentadas
 - B) Caldeiras mistas
 - C) Sustentação mista
- **Quanto à circulação de água**
 - A) Circulação natural
 - B) Circulação forçada
 - C) Combinada
- **Quanto ao sistema de tiragem**
 - A) Tiragem natural
 - B) Tiragem forçada
 - C) Tiragem balanceada ou induzida

Caldeiras Flamotubulares

Nas caldeiras flamotubulares o vapor é obtido por aquecimento de um grande volume de água, contida num reservatório por intermédio de gases aquecidos produzidos por combustão e que circulam em tubos imersos no reservatório de água - a técnica mais usada é a produção de vapor saturado ou supersaturado na ordem de grandeza de 160 à 50 000 kg/h; 10 to 18 bar; 112 to 34 000 kW.



Caldeiras Flamotubulares



Caldeiras Flamotubulares

- **Vantagens e desvantagens das caldeiras flamotubulares**

As principais **vantagens** das caldeiras deste tipo são:

- Custo de aquisição mais baixo;
- Exigência de pouca alvenaria;
- Bom atendimento à aumentos instantâneos de demanda de vapor.

As principais **desvantagens** das caldeiras deste tipo são:

- Baixo rendimento térmico;
- Partida lenta devido ao grande volume interno de água;
- limitação de pressão de operação (máx. 15 kgf/cm²);
- Capacidade de produção limitada;
- Dificuldades para instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedor.



Tipos de Caldeiras Flamotubulares

- As caldeiras flamotubulares, fogotubulares, ou ainda gás-tubulares são aquelas em que os gases provenientes da combustão (gases quentes) circulam no interior dos tubos e a água a ser aquecida ou vaporizada circula pelo lado de fora.
- Este tipo de caldeira é o de construção mais simples, e pode ser classificado quanto à distribuição dos tubos, que podem ser tubos verticais ou horizontais.

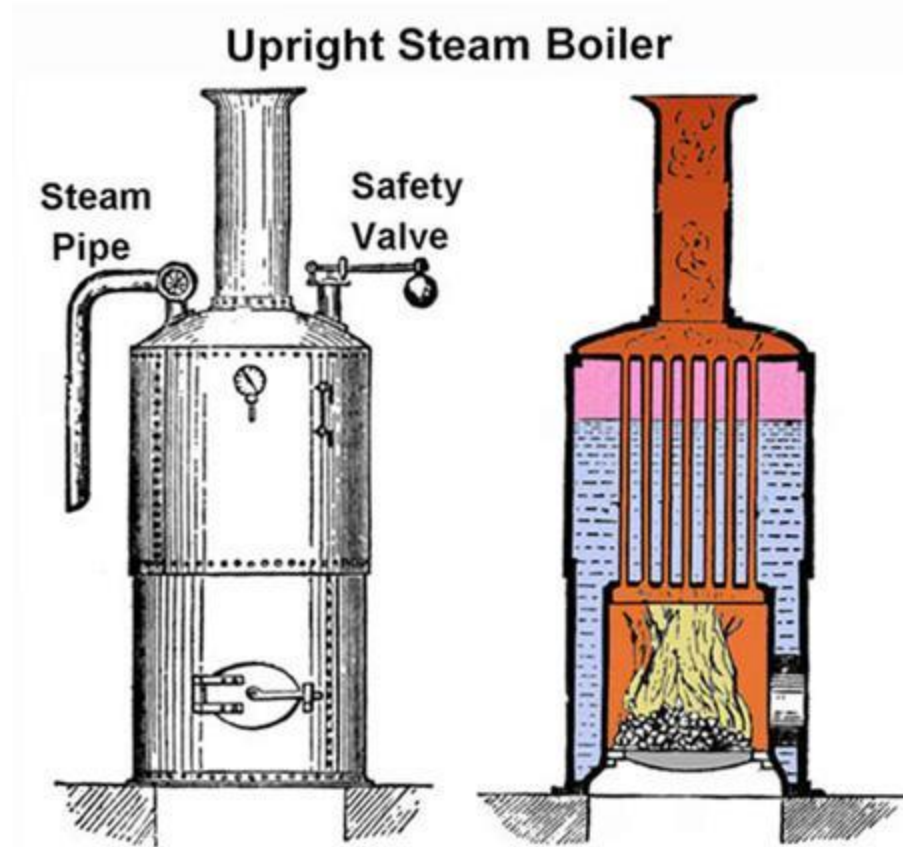


Caldeiras de Tubos Verticais

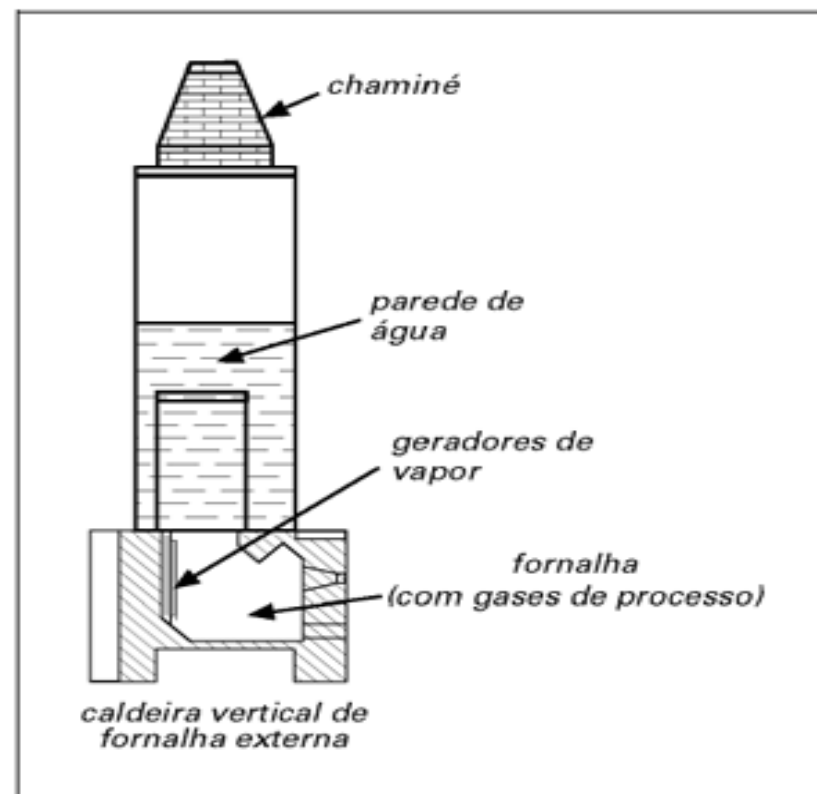
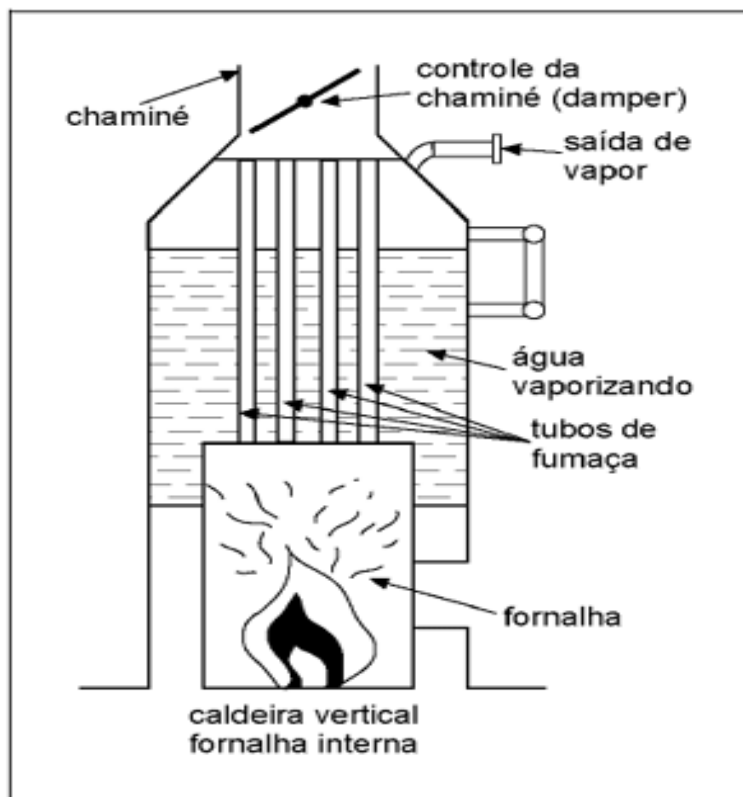
- Nas caldeiras de tubos verticais, os tubos são colocados verticalmente num corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas, chamadas espelhos. A fornalha interna fica no corpo cilíndrico logo abaixo do espelho inferior. Os gases de combustão sobem através dos tubos, aquecendo e vaporizando a água que esta em volta deles.
- As fornalhas externas são utilizadas principalmente no aproveitamento da queima de combustíveis de baixo poder calorífico, tais como: serragem, palha, casca de café e de amendoim e óleo pesados



Caldeiras de Tubos Verticais



Caldeiras de Tubos Verticais



Caldeiras de tubos horizontais

- As caldeiras de tubos horizontais abrangem vários modelos, desde as caldeiras Cornuália e Lancaster, de grande volume de água, até as modernas unidades compactas. As principais caldeiras horizontais apresentam tubulões internos nos quais ocorre a combustão e através dos quais passam os gases quentes. Podem ter de 1 a 4 tubulões por fornalha.



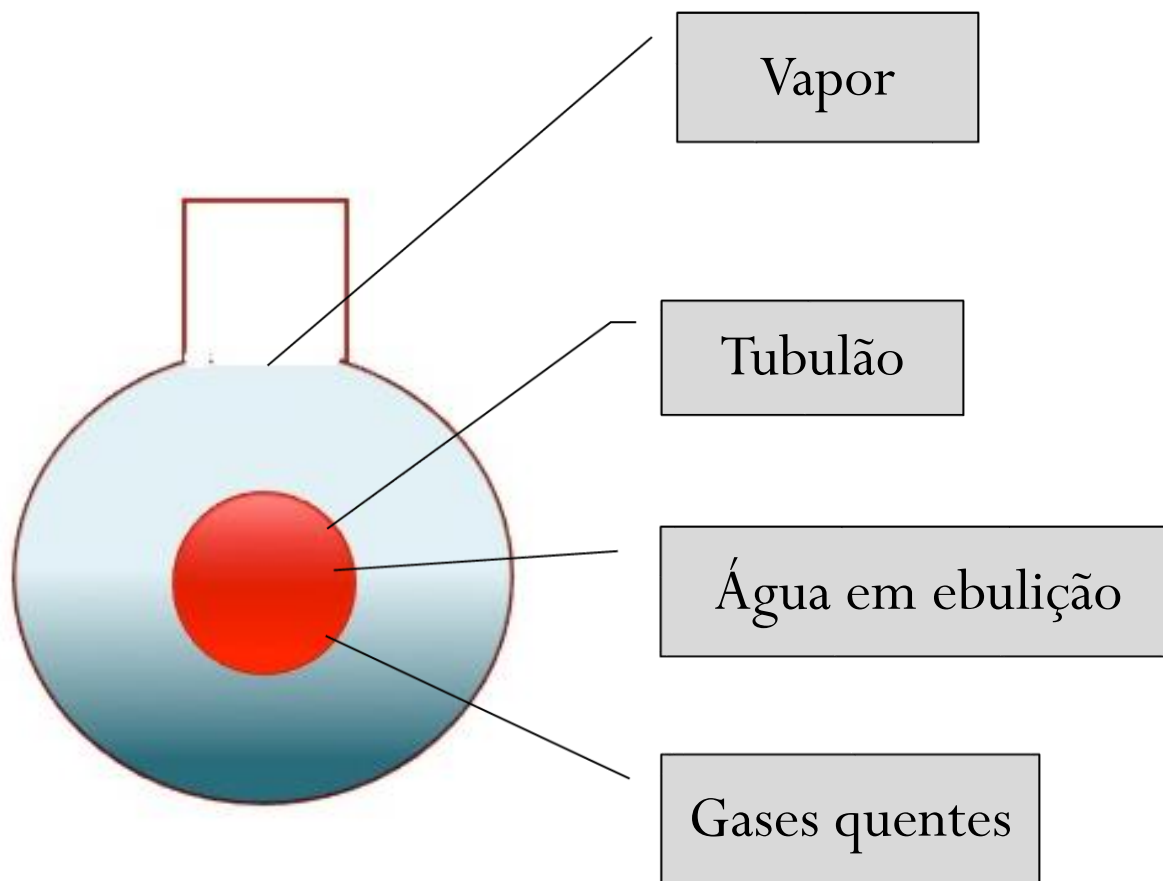
Caldeiras de Cornuália

- Aa caldeiraa Cornuália, um dos primeiros modelos desenvolvidos, é constituída por um tubo horizontal ligando a fornalha ao local de saída de gases. É de funcionamento simples, porém de rendimento muito baixo.
- As suas principais características são:
 - pressão máxima de operação de 10 kgf/cm^2 ;
 - vaporização específica 12 a $14 \text{ kg de vapor/m}^2$; e
 - máximo de 100m^2 de superfície.





Caldeiras de Cornuália



Caldeiras Lancaster

- Aa caldeira aLancaster são de construção idêntica à anterior, porém tecnicamente mais evoluída.
- Pode ser constituída de dois a quatro tubulões internos e suas características são: área de troca térmica de 120 a 140m² e vaporização de 15 a 18 kg de vapor/m².
- Algumas delas apresentam tubos de fogo e de retorno, o que apresenta uma melhoria de rendimento térmico em relação às anteriores.





Caldeiras Lancaster

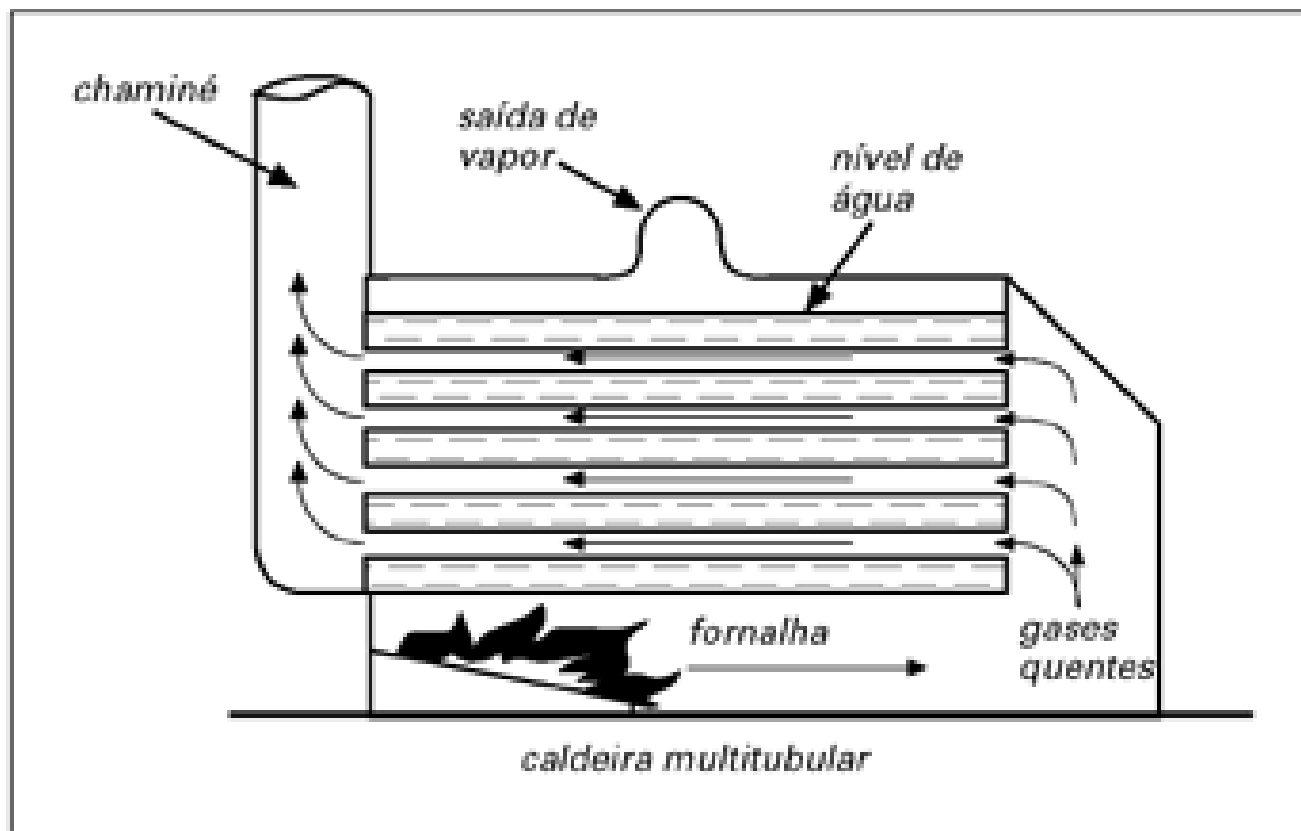


Caldeiras multitubulares de fornalha externa

- Em algumas caldeiras deste tipo a fornalha é constituída pela própria alvenaria, situada abaixo do corpo cilíndrico.
- Os gases quentes provindos da combustão entram inicialmente em contato com a base inferior do cilindro, retornando pelos tubos de fogo.
- Na caldeira multitubular, a queima de combustível é efetuada em uma fornalha externa, geralmente construída em alvenaria instalada abaixo do corpo cilíndrico. Os gases quentes passam pelos tubos de fogo, e podem ser de um ou dois passes. A maior vantagem é poder queimar qualquer tipo de combustível.



Caldeiras multitubulares de fornalha externa

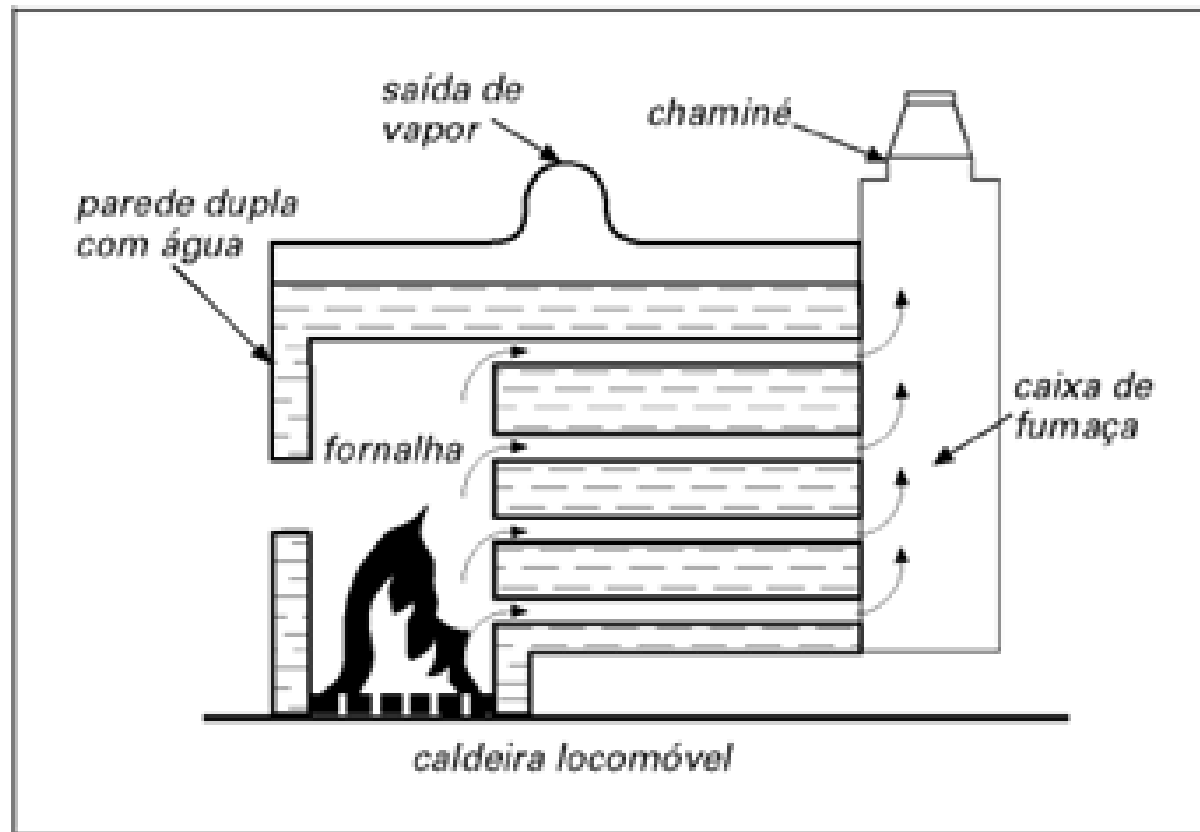


Caldeiras locomóveis

- As caldeiras locomoveis, também do tipo multitubular, têm como principal característica apresentar uma dupla parede em chapa na fornalha, pela qual a água circula.
- A sua maior vantagem está no facto de ser fácil a sua transferência de local e de poder produzir energia eléctrica. É usada em serrações junto à matéria-prima e em campos de petróleo.

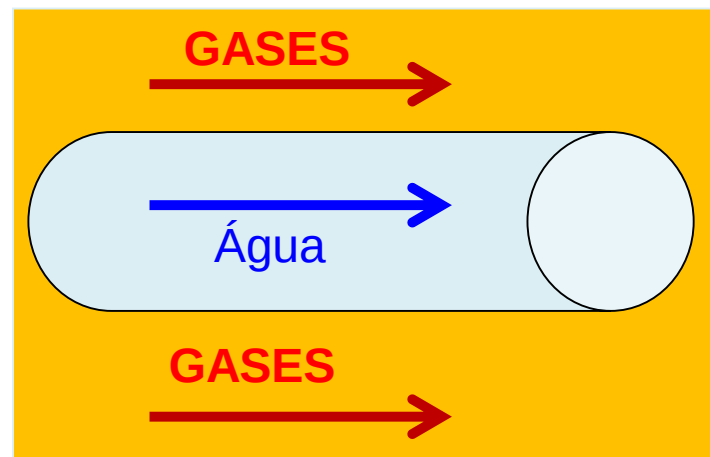


Caldeiras locomóveis



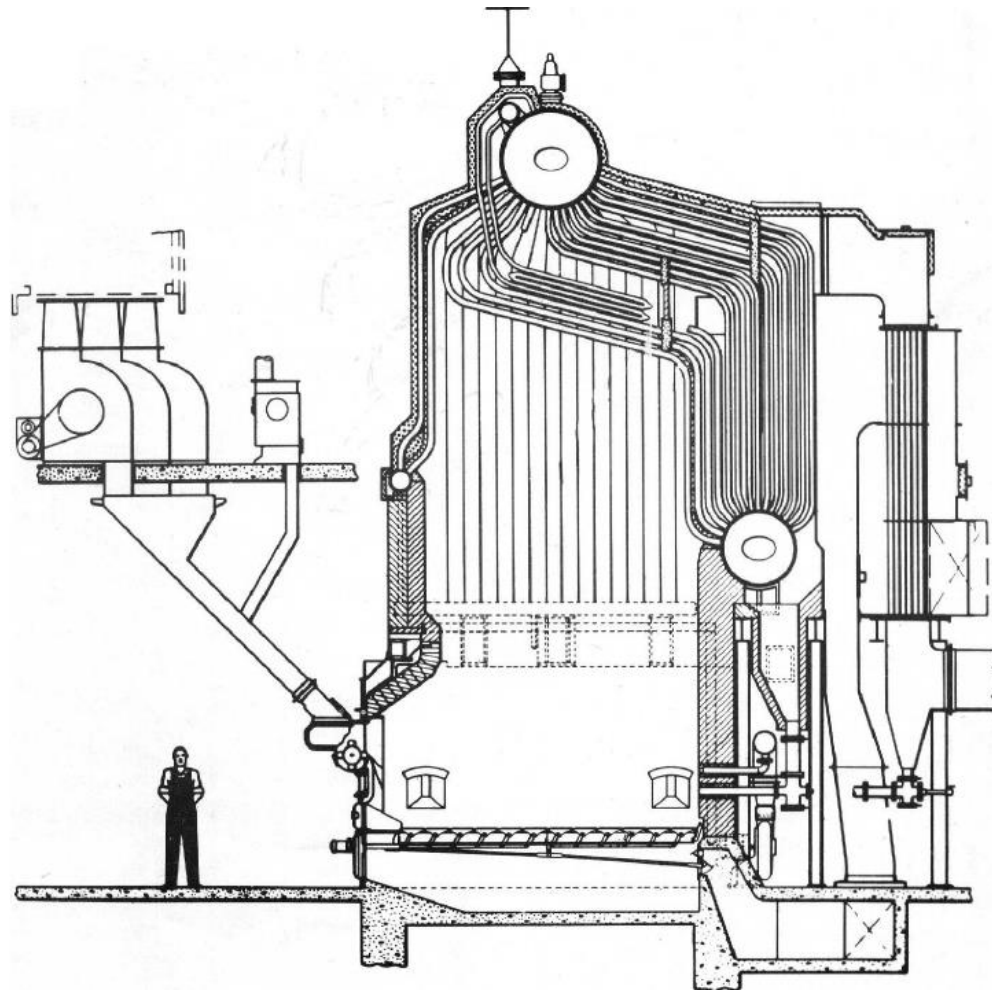
Caldeiras Aquatubulares

- Neste tipo de caldeira, os gases quentes circulam pela parte externa dos tubos e a água se encontra na parte interna dos mesmos, dispostos na forma de paredes de água ou de feixes tubulares.
- São caldeiras mais difíceis de serem construídas e necessitam de maior controle na operação. Suas características operacionais são: Alta produção de vapor, chegando a 750ton/h – normalmente entre 15 e 150ton/h e alta pressão de operação, normalmente entre 90kgf/cm² a 100kgf/cm².



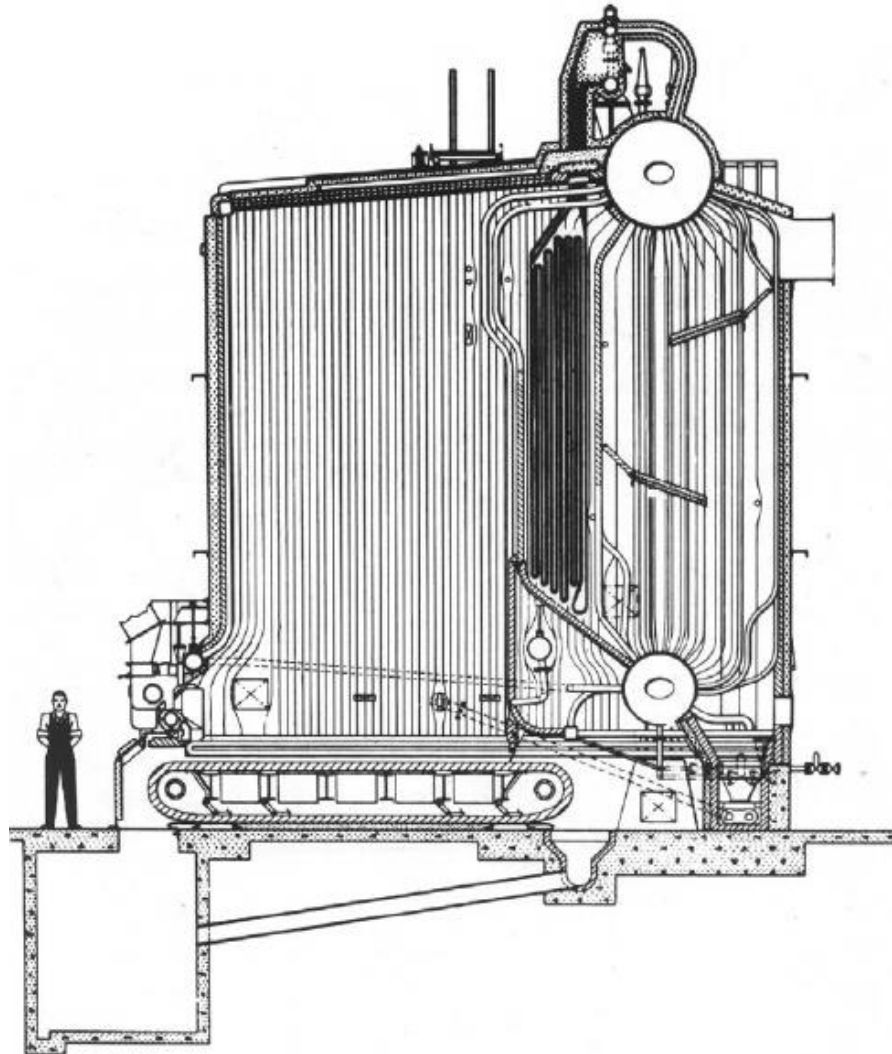


Caldeira Aquatubular





Caldeira Aquatubular



Caldeiras Aquatubulares

- Existem diferentes tipos de caldeiras tubo-de-água, a saber:
- Caldeiras aquotubulares de tubos rectos, podendo, os tambores estarem colocados no sentido longitudinal ou transversal;
- Caldeiras aquotubulares de tubos curvos, que podem apresentar de um a mais de quatro tambores, no sentido longitudinal ou transversal;
- Caldeiras aquotubulares de circulação positiva.

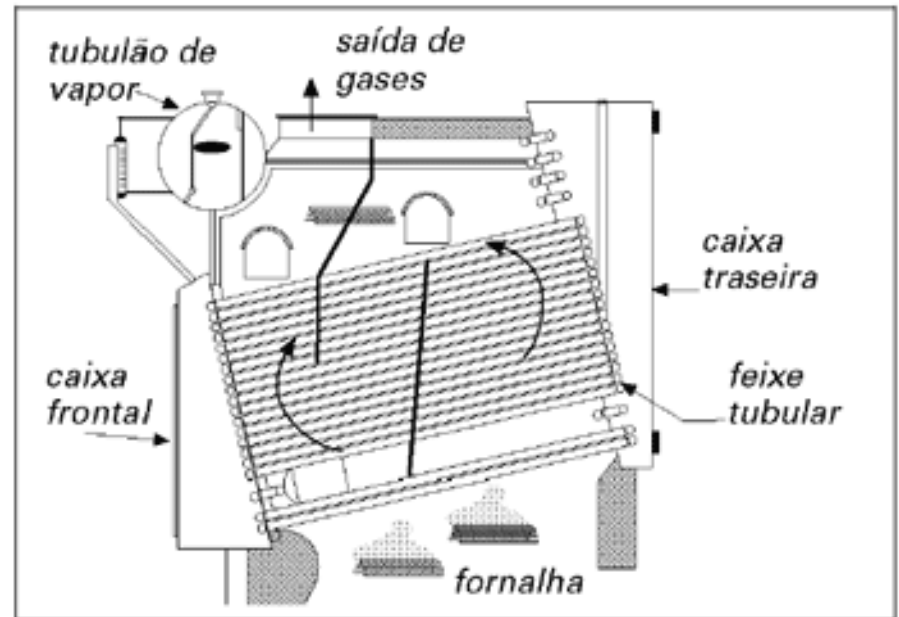
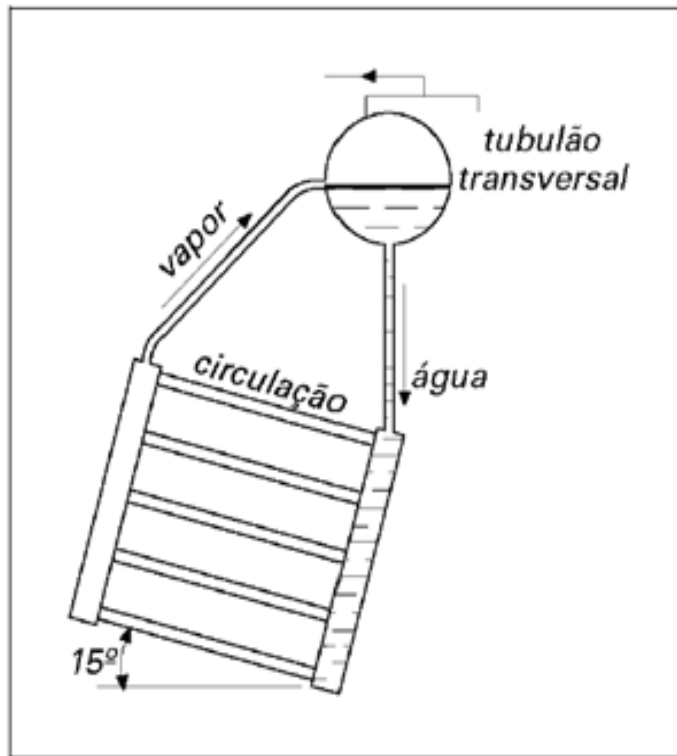


Caldeiras Aquatubulares De Tubos Rectos

- Consiste num feixe de tubos rectos e paralelos que se interligam com o tampo de vapor, através de câmaras. Pelos espaços existentes entre os tubos é que circulam os gases quentes.
- Elas possuem:
 - Feixe Tubular de Transmissão de Calor;
 - Tubulões de Vapor;
 - Formam um Circuito Fechado;
 - Produzem de 3 até 30 t vapor/hora, com pressões até 45 Kgf/cm².



Caldeiras Aquatubulares De Tubos Rectos

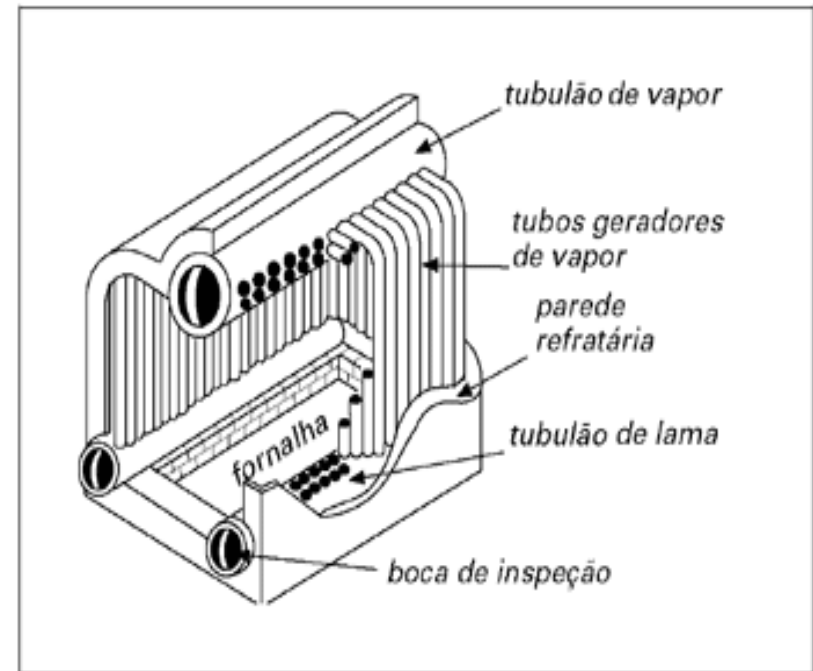
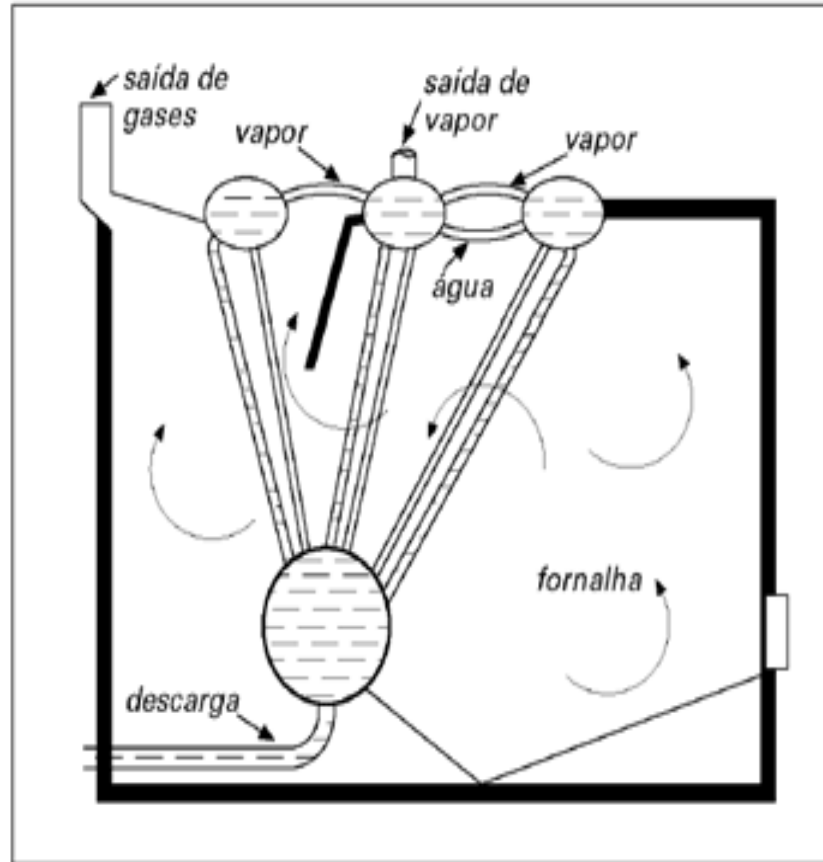


Caldeiras Aquatubulares De Tubos Curvos

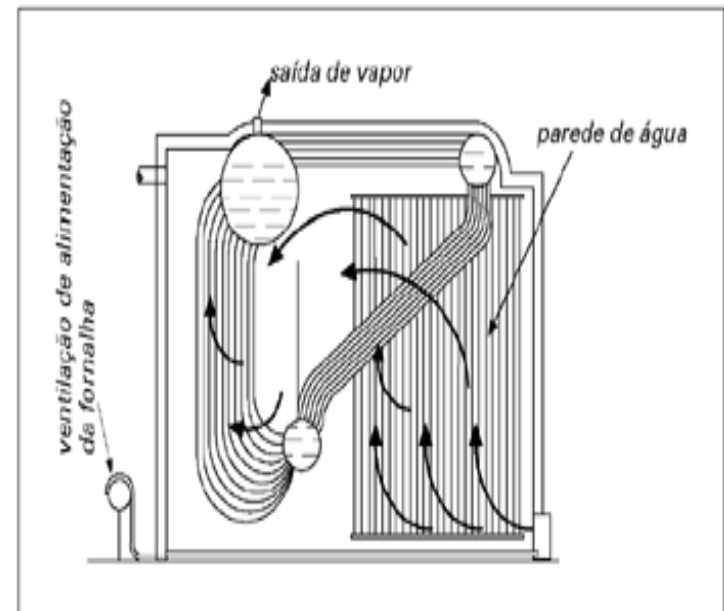
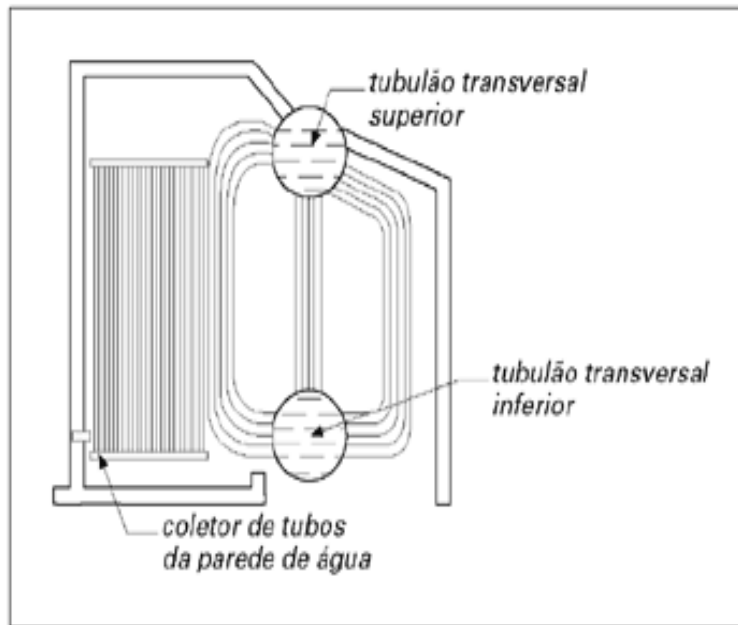
- A principal característica deste tipo, são os tubos curvos que se unem aos tambores por solda ou madrilamento, o que representa grande economia na fabricação e facilidade na manutenção. Além de serem bastantes praticas para limpar, possibilitam a produção de grande quantidade de vapor.
- As primeiras caldeiras deste tipo foram idealizadas por Stirling. Apresentavam um numero de tambores variados, e um grande volume de água. Estas caldeiras:
 - Não têm limite de Capacidade de produção de Vapor;
 - Têm tubos Curvos Interligados aos Tubulões;
 - Possuem de 3 a 5 tubulões;
 - Serviram de modelo para outras caldeiras.



Caldeiras Aquatubulares De Tubos Curvos

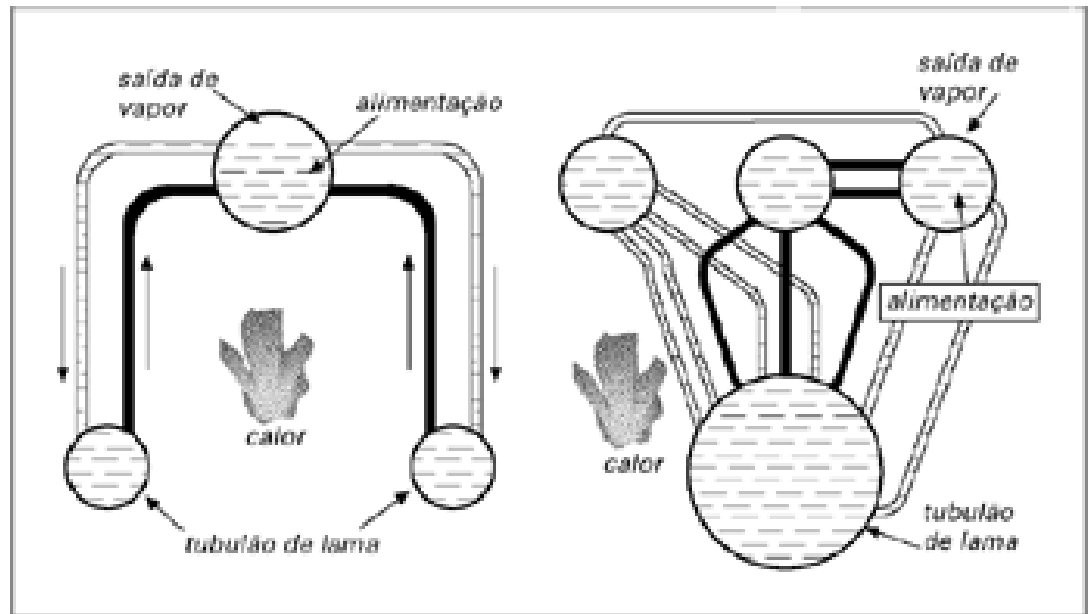


Caldeiras Aquatubulares De Tubos Curvos



Caldeiras Aquatubulares De Circulação Positiva

A circulação de água nas caldeiras aquatubulares, ocorre por diferenças de densidade. Se a circulação for deficiente, poderá ocorrer um superaquecimento e, conseqüentemente, haverá a ruptura dos tubos.



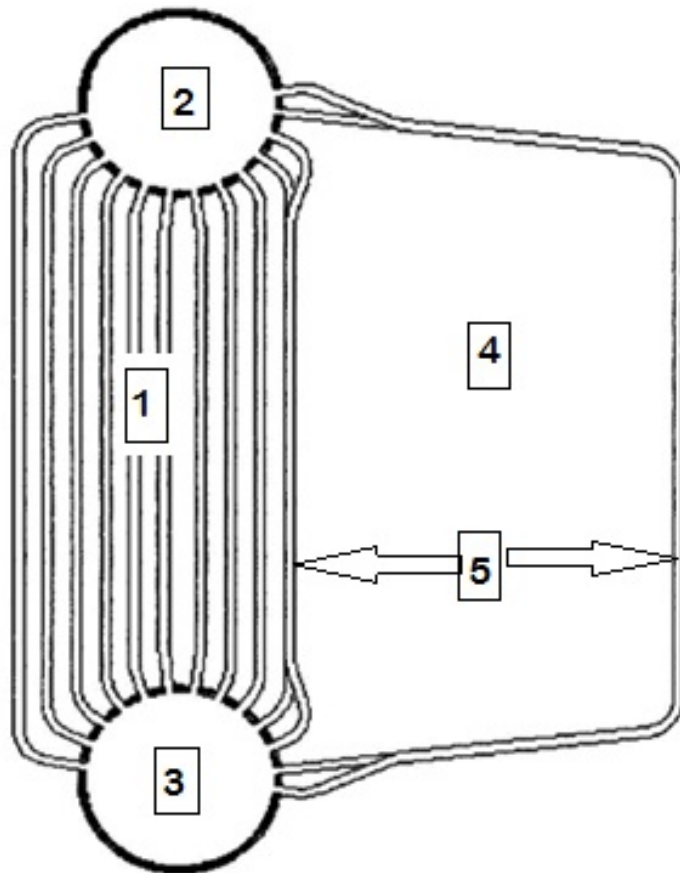
Caldeiras Aquatubulares De Circulação Positiva

- Algumas caldeiras com circulação positiva podem apresentar bombas externas, dependendo da vazão exigida, ou seja, da demanda de vapor para forçar a circulação de água ou vapor, independentemente da circulação natural, isto é, por diferença de densidade.
- **As vantagens das caldeiras de circulação positiva são:**
 - tamanho reduzido;
 - não necessitam de grandes tubulões;
 - rápida geração de vapor;
 - quase não há formação de incrustações, devido à circulação forçada.
- **As desvantagens são:**
 - paradas constantes, com alto custo de manutenção;
 - problemas constantes com a bomba de circulação, quando operando em altas pressões.





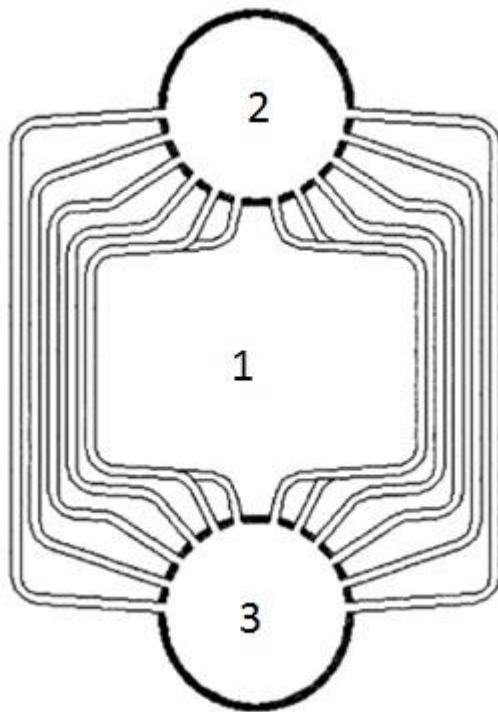
Tubos com Perfil em D



Legenda:

- 1 - Tubos de água conectivos
- 2 - Barrilet de vapor
- 3 - Barrilet de água
- 4 - Fornalha
- 5 - Paredees de água

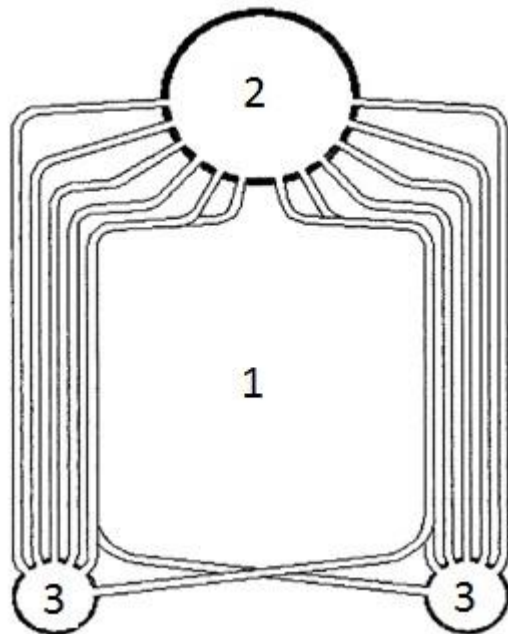
Tubos com Perfil em O



Legenda

- 1 : Fornalha (Câmara de combustão)
- 2 : Barrilet superior
- 3 : Barrilet inferior

Tubos com Perfil em A

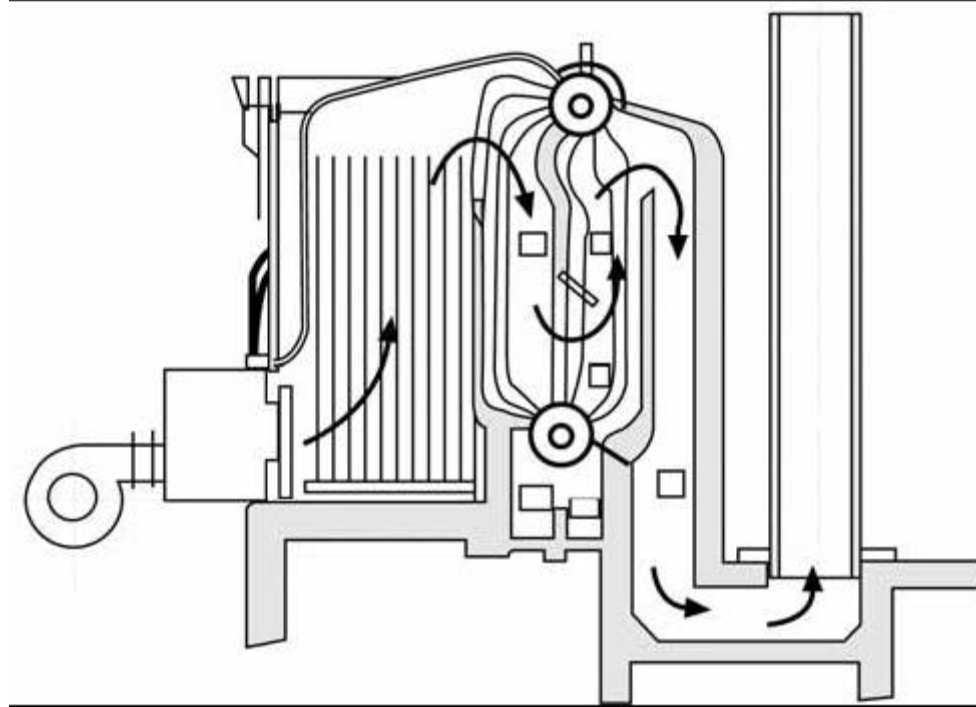


Legenda

- 1 : Fornalha (Câmara de combustão)
- 2 : Barrilete superior
- 3 : Barrilete inferior

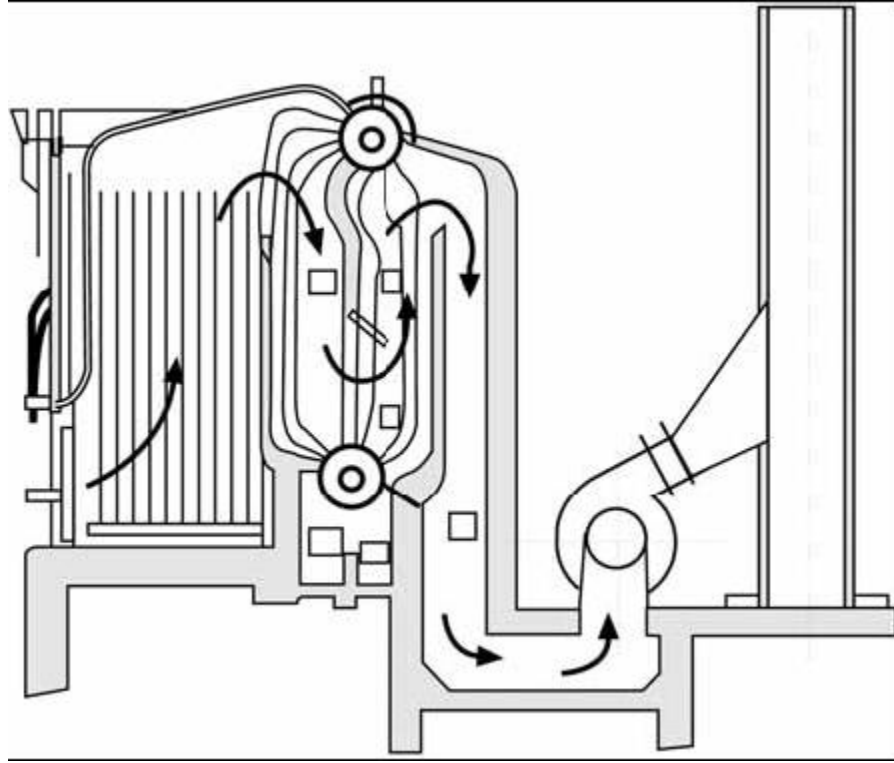


Tiragem Forçada



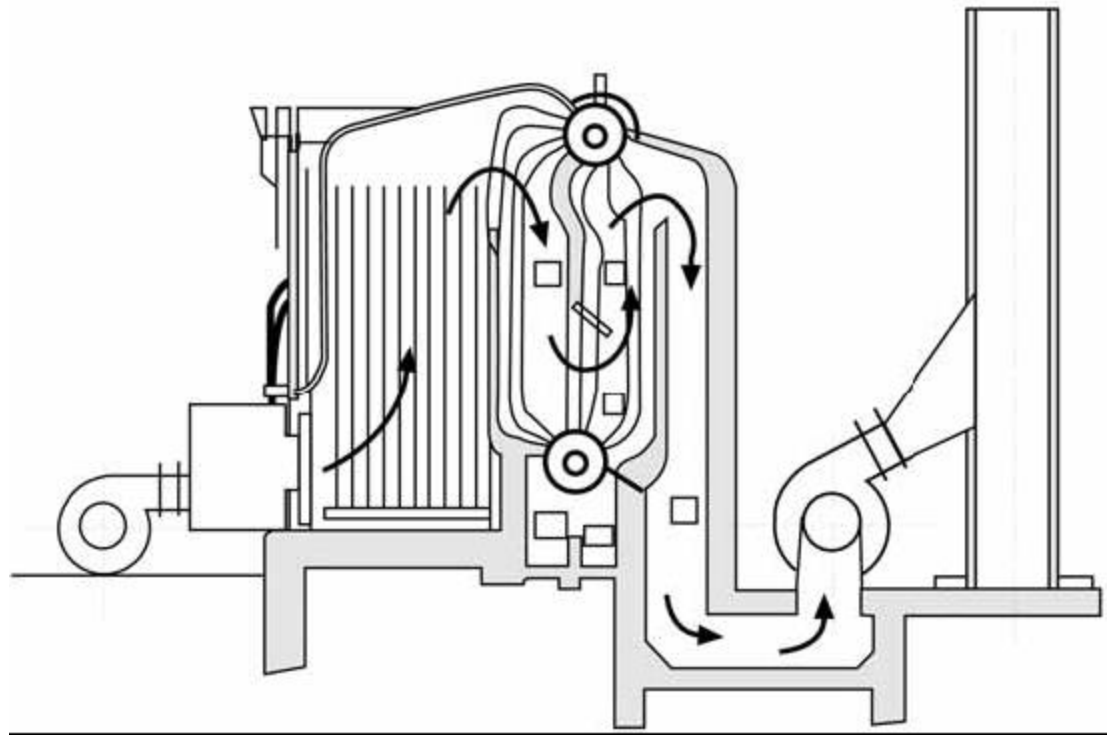


Tiragem Induzida





Tiragem Mista ou Balanceada



Caldeiras Aquatubulares

- **Vantagens e desvantagens das caldeiras aquatubulares**

As principais **vantagens** das caldeiras deste tipo são:

- grandes pressões - 50 -165 bar
- grandes produções
- rapidez de arranque
- fácil adaptação a diferentes tipos de combustível

As principais **desvantagens** das caldeiras deste tipo são:

- grandes dimensões
- sensíveis às variações bruscas de carga
- grandes exigências na qualidade da água de alimentação devido à elevada pressão de funcionamento
- elevado custo
- grande complexidade de montagem



Caldeiras Mistas

- A necessidade de utilização de combustíveis sólidos para caldeiras pequenas fez surgir as caldeiras mistas.
- Basicamente são caldeiras flamotubulares com uma antecâmara de combustão com paredes revestidas de tubos de água. Na antecâmara se dá a combustão de sólidos usando grelhas de diversos tipos e possibilitando o volume de câmara necessários aos combustíveis sólidos, como: lenha em toras, cavacos, etc.

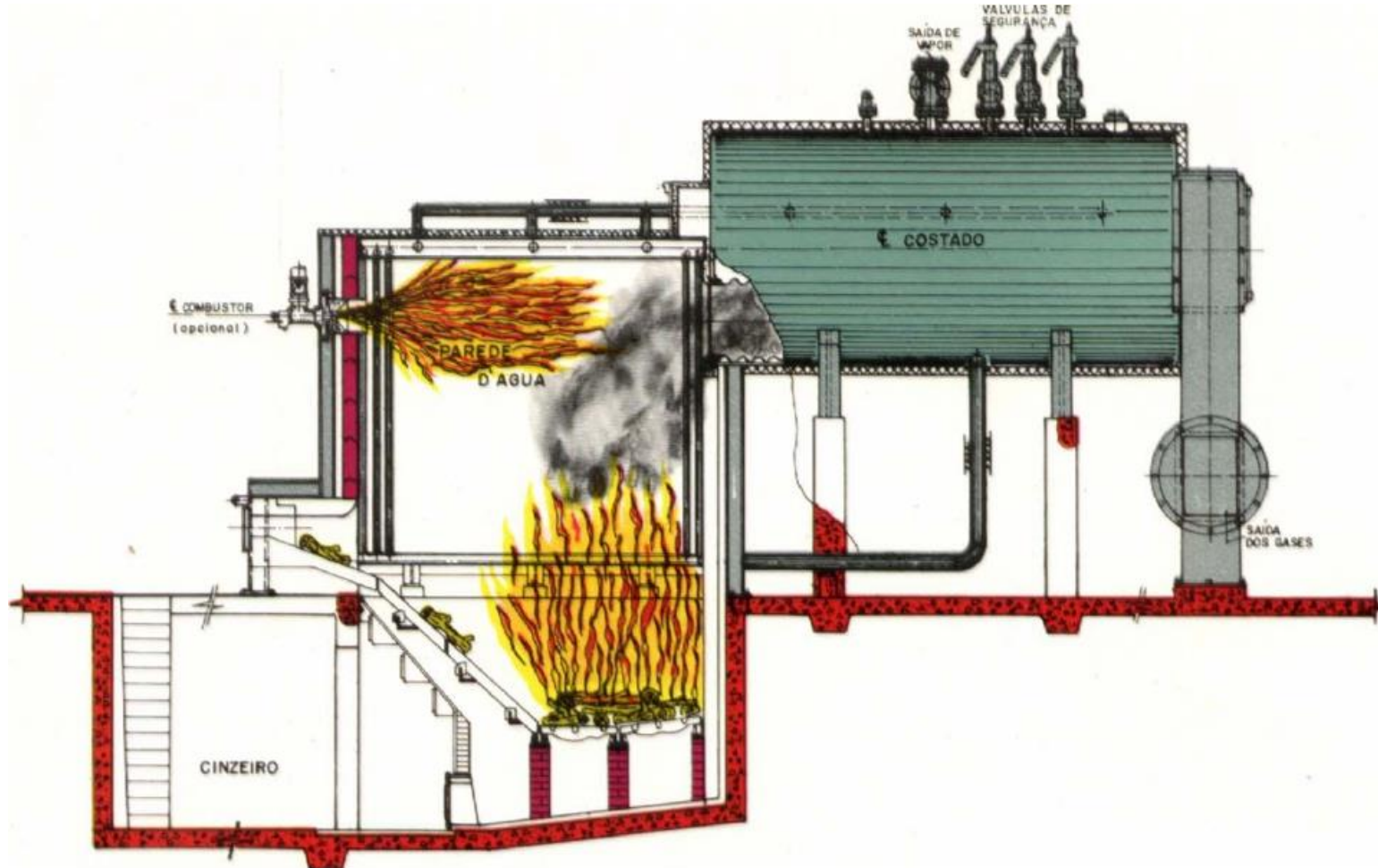




Caldeiras Mistas

- Não possuem todas as vantagens das aquatubulares, como: segurança, maior eficiência térmica, etc. São uma solução prática e eficiente quando se tem disponibilidade de combustível sólido a baixo custo.
- Podem usar combustível líquido ou gasoso, com um queimador apropriado.

Caldeiras Mistas



Caldeiras Eléctricas

- Em áreas onde há suprimento abundante de energia eléctrica, pode-se analisar se é vantajosa a instalação de equipamentos eletrotérmicos, levando-se em consideração o custo da energia eléctrica fornecida.



Caldeiras Eléctricas

As caldeiras eléctricas têm as seguintes vantagens:

- Ausência de poluição ambiente;
- Manutenção simples – apenas bombas;
- A falta de água não provoca danos à caldeira;
- Área reduzida de instalação;
- Não necessita de área para armazenamento de combustível;
- Melhora o fator de carga eléctrica instalada, e com isto reduz o preço médio de kWh consumido na indústria.





Caldeiras Eléctricas





Caldeiras Manuais

- Todas as caldeiras aqui descritas podem ser operadas manualmente. Portanto, caldeiras manuais são aquelas que dependem da total vigilância do operador. Estas caldeiras encontram-se em total desuso.



Caldeiras Semi-automáticas

- Entendemos por caldeiras semiautomáticas aquelas que possuem alguns dispositivos manuais e outros automáticos. Geralmente, são caldeiras manuais antigas que passaram por algumas modificações, e recebem dispositivos automáticos. Portanto, algumas operações são executadas manualmente pelo operador e outras automaticamente. Os dispositivos automáticos mais comumente encontrados nesse tipo de caldeiras são os alimentadores de água e de óleo.

Caldeiras Automáticas

- Caldeiras automáticas são aquelas cujo trabalho do operador é mínimo, cabendo a ele apenas o controle e verificação dos dispositivos. Tudo na caldeira funciona automaticamente: alimentação de combustível e água, o controle da combustão, acendimento, etc. Em certos casos, o automatismo total não é conveniente. É o caso de empresas que utilizam seus entulhos como combustível o que representa grande economia. Exemplo: fábricas de açúcar que queimam o bagaço da cana.

