

DESTILAÇÃO

A Destilação é baseada no fato que **o vapor de uma mistura em ebulição será mais rico nos componentes que têm pontos de ebulição mais baixos.**

Então, quando este vapor é esfriado e condensado, o condensado conterá componentes mais voláteis. Ao mesmo tempo, a mistura original conterá mais do material menos volátil.

As colunas de destilação são projetadas para alcançar esta separação eficazmente. Embora muitas pessoas tenham uma idéia clara sobre “destilação”, alguns aspectos importantes parecem ser esquecidos do ponto de vista industrial:

- ➡ destilação é a técnica de separação mais comum
- ➡ consome quantias enormes de energia, em termos de exigências para esfriar e aquecer,
- ➡ pode contribuir mais que 50% de custos operacionais de uma planta

O melhor modo para reduzir custos operacionais de unidades existentes, é melhorar a eficiência de operação por otimização do processo e de controle. Para alcançar esta melhoria é essencial uma compreensão completa de princípios de destilação e como são projetados sistemas de destilação.

PRINCÍPIOS DE DESTILAÇÃO

A separação de componentes de uma mistura líquida por destilação depende das diferenças em pontos de ebulição dos componentes individuais. Também, dependendo das concentrações dos componentes, a mistura líquida terá características de ponto de ebulição diferentes. Então, processos de destilação dependem das características de pressão de vapor de misturas líquidas.

Pressão de vapor e ebulição

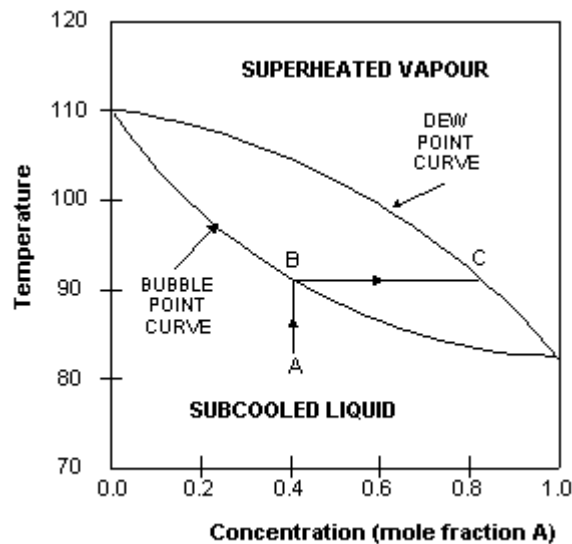
A pressão de vapor de um líquido a uma temperatura particular é a pressão de equilíbrio exercida por moléculas deixando e entrando na superfície líquida.

Alguns pontos importantes relativos a pressão de vapor:

- ➡ líquidos com pressões de vapor altas (líquidos voláteis) ferverão a temperaturas mais baixas
- ➡ a pressão de vapor e conseqüentemente o ponto de ebulição de uma mistura líquida depende das quantias relativas dos componentes na mistura
- ➡ destilação acontece por causa das diferenças na volatilidade dos componentes na mistura líquida

O diagrama de ponto de ebulição

Os diagramas de ponto de ebulição mostram como as composições de equilíbrio dos componentes em uma mistura líquida variam com temperatura a uma pressão fixa.



Considere um exemplo de uma mistura líquida que contém 2 componentes (A e B) - uma mistura binária.

O ponto de ebulição de A corresponde a fração molar de A igual a 1. O ponto de ebulição de B é o qual a fração molar de A é 0. Neste exemplo, A é o componente mais volátil e então tem um ponto de ebulição mais baixo que B. A curva superior do diagrama corresponde a curva do ponto de orvalho enquanto a curva inferior corresponde a curva de ponto de bolha.

- O ponto de orvalho é a temperatura à qual o vapor saturado começa a condensar.
- O ponto de bolha é a temperatura à qual o líquido começa a ferver.

A região sobre a curva de ponto de orvalho mostra a composição de equilíbrio do vapor superaquecido enquanto a região debaixo da curva de ponto de bolha mostra a composição de equilíbrio do líquido subresfriado.

Volatilidade relativa

Volatilidade relativa é uma medida das diferenças em volatilidade entre 2 componentes, e conseqüentemente os pontos de ebulição deles.

Indica quão fácil ou difícil será uma separação particular. A volatilidade relativa de componente 'i' com respeito a componente 'j' é definida como

$$\alpha_{ij} = \frac{\left(\frac{y_i}{x_i} \right)}{\left(\frac{y_j}{x_j} \right)}$$

y_i = fração molar do componente 'i' no vapor

x_i = fração molar do componente 'i' no líquido

Assim se a volatilidade relativa entre 2 componentes é muito perto de um, é uma indicação que eles têm características de pressão de vapor bem parecido. Isto significa que eles têm pontos de ebulição bem parecido e então, será difícil separar os dois componentes por destilação.

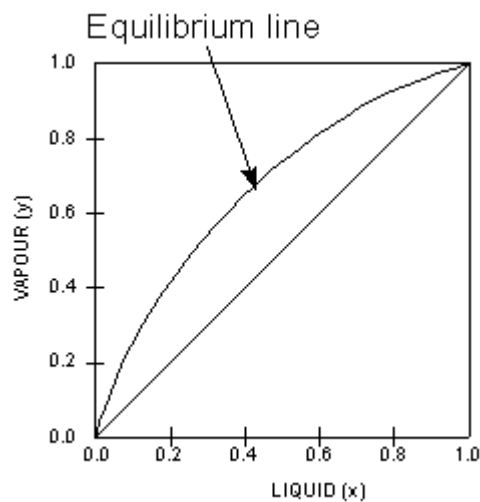
EQUILÍBRIOS VAPOR - LÍQUIDO

Colunas de destilação são projetadas baseadas nas propriedades de ponto de ebulição dos componentes nas misturas a serem separados. Assim os tamanhos, particularmente a altura, de colunas de destilação são determinados pelo equilíbrio vapor-líquido (VLE) para as misturas.

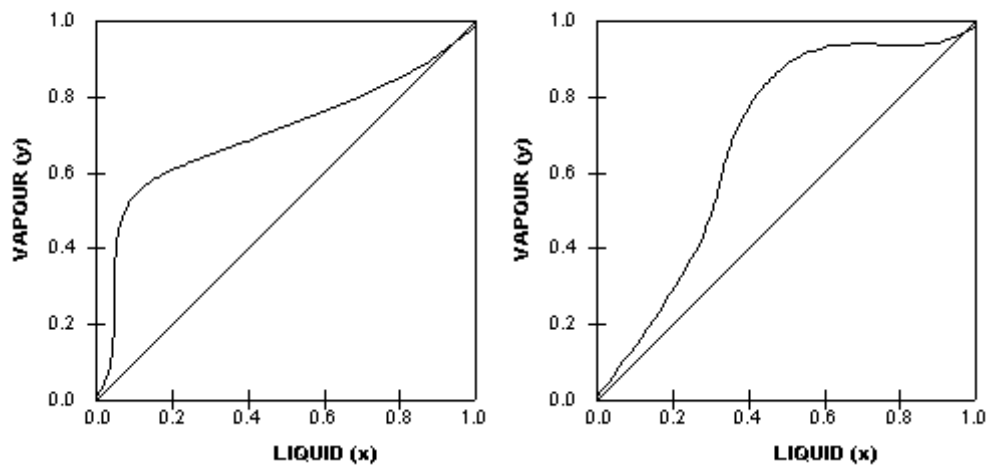
Curvas de equilíbrio vapor-líquido (VLE)

Dados de VLE a pressão constante são obtidos de diagramas de ponto de ebulição.

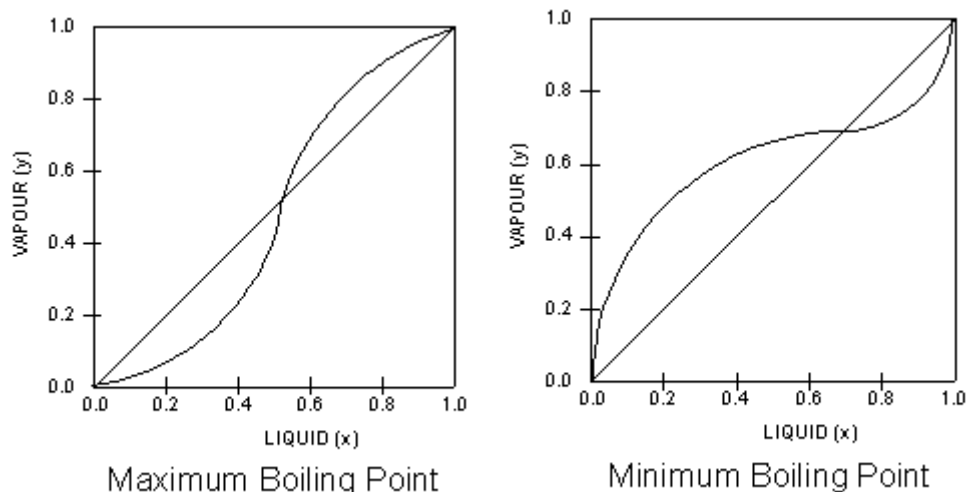
Dados de VLE de misturas binárias são apresentados freqüentemente como um gráfico, como mostrado na figura à direita. O gráfico VLE mostra o ponto de bolha e o ponto de orvalho de uma mistura binária a pressão constante. A linha curvada é chamada a linha de equilíbrio e descreve as composições do líquido e do vapor em equilíbrio a uma dada pressão fixa.



Este VLE particular mostra o diagrama para uma mistura binária que tem um vapor-líquido equilíbrio uniforme que é relativamente fácil de separar. Os próximos dois VLE mostram por outro lado, sistemas não-ideais que apresentarão separações mais difíceis.

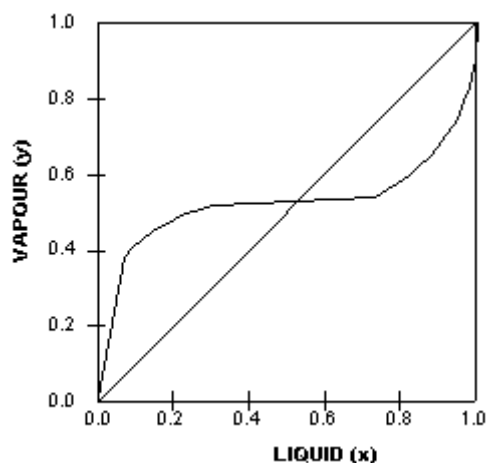


As curvas de VLE mais intrigantes são geradas através de sistemas azeotrópicos. Um azeótropo é uma mistura líquida que quando vaporiza, produz a mesma composição que o líquido. Os dois VLE abaixo, mostram dois sistemas de azeótropos diferentes, um com um ponto de ebulição mínimo e um com um ponto de ebulição máximo. Em ambos os casos, as curvas de equilíbrio cruzam as linhas diagonais, e estes são os pontos azeotrópicos e mostram onde os azeótropos acontecem. Em outras palavras, sistemas azeotrópicos dão origem a diagramas de VLE onde a curva de equilíbrio cruza a diagonal.



Ambos os casos são porém, obtidos de sistemas azeotrópicos homogêneos. Um azeótropo que contém uma fase líquida em contato com vapor é chamado um azeótropo homogêneo. Um azeótropo homogêneo não pode ser separado através de destilação convencional. Porém, destilação a vácuo pode ser usada a pressões mais baixas que pode deslocar o ponto azeotrópico. Alternativamente, uma substância adicional pode ser adicionada para deslocar o azeótropo para uma posição mais favorável.

- ➔ Quando este componente adicional aparecer em quantias apreciáveis no topo da coluna, a operação é chamada destilação azeotrópica.
- ➔ Quando o componente adicional aparecer principalmente no fundo da coluna, a operação é chamada destilação extrativa.



O diagrama VLE da esquerda também é gerado por um sistema azeotrópico, neste caso um azeótropo heterogêneo. Azeótropos heterogêneos podem ser identificados pelo aparecimento de regiões planas no diagrama VLE.

Eles normalmente podem ser separados em 2 colunas de destilação visto que estas substâncias formam duas fases líquidas com composições amplamente discrepantes. As fases podem ser separadas sob condições apropriadas.

TIPOS DE COLUNAS DE DESTILAÇÃO

Há muitos tipos de colunas de destilação, cada uma projetada para executar tipos específicos de separações, e cada projeto difere em termos de complexidade.

Colunas Contínuas e em Bateladas

Um modo de classificar tipos de colunas de destilação é olhar como elas são operadas. Assim nós temos:



Batch (em batelada)



colunas contínuas.

Colunas em batelada

A coluna é carregada com um 'batch' e então o processo de destilação é levado a cabo. Quando a tarefa desejada é alcançada, uma outra alimentação é introduzida.

Colunas contínuas

Colunas contínuas processam um fluxo de alimento contínuo. Nenhuma interrupção acontece a menos que haja um problema com a coluna ou unidades de processo circunvizinhas. Elas são capazes de altos processamentos e são os mais comuns dos dois tipos.

Tipos de Colunas Contínuas

Colunas contínuas podem ser classificadas mais adiante de acordo com:

a natureza do alimento que eles estão processando,

- ➡ coluna binária - alimento contém só dois componentes
- ➡ coluna de multi-componente - alimento contém mais de dois componentes

o número de fluxos de produto que eles têm

- ➡ coluna de multi-produto - coluna tem mais de dois fluxos de produto

onde são as saídas de alimento extras quando estes são usados para ajudar com a separação,

- ➡ destilação extrativa - onde o alimento extra aparece no fluxo de produto de fundo
- ➡ destilação de azeótropos - onde o alimento extra aparece no fluxo de produto de topo

o tipo de enchimento de coluna

- ➡ coluna de bandeja - onde são usadas bandejas de vários tipos para sustentar o líquido e para prover contato melhor entre vapor e líquido, conseqüentemente separação melhor,
- ➡ coluna empacotada - onde em vez de bandejas, enchimentos são usados para aumentar o contato entre vapor e líquido

EQUIPAMENTO BÁSICO DE DESTILAÇÃO E OPERAÇÃO

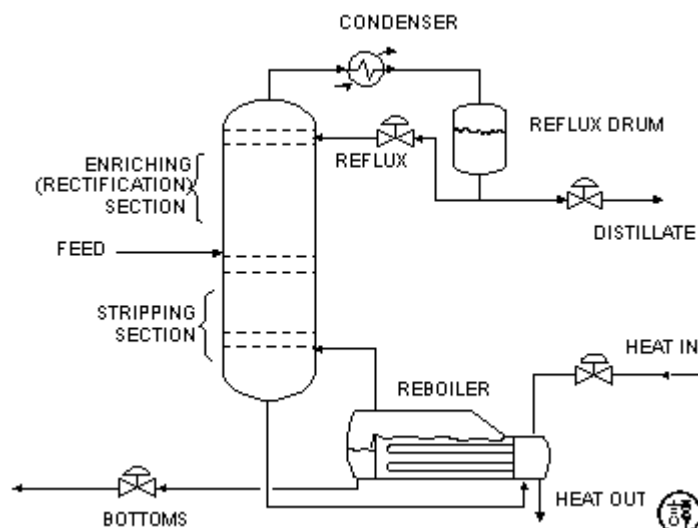
Componentes principais de Colunas de Destilação

Colunas de destilação são compostas de vários componentes cada um dos quais ou são usado para transferir energia térmica ou aumentar a transferência de material.

Uma destilação típica contém vários componentes principais:

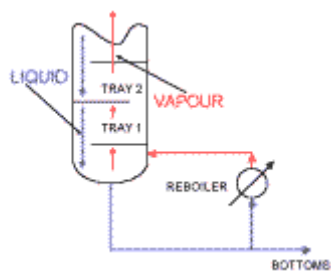
- ➔ uma carcaça vertical onde ocorre a separação de componentes líquidos
- ➔ Partes internas da coluna como enchimentos e/ou pratos/bandejas que são usadas para aumentar as separações de componente
- ➔ um reaquecedor para prover a vaporização necessária para o processo de destilação
- ➔ um condensador para esfriar e condensar o vapor que deixa o topo da coluna
- ➔ um tambor de refluxo para manter o vapor condensado do topo da coluna de forma que líquido possa ser reciclado através da coluna

O casco vertical mantém as partes internas da coluna e, junto com o condensador e o reaquecedor, constitui uma coluna de destilação. Um esquema de uma unidade de destilação típica com um único alimento e dois fluxos de produto são mostrados abaixo:



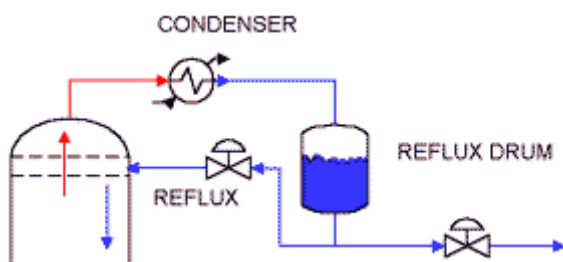
Operação básica e Terminologia

A mistura líquida que será processada é conhecida como a alimentação e é introduzida normalmente em algum lugar perto do meio da coluna em uma bandeja



conhecida como a bandeja de alimento. A bandeja de alimentação divide a coluna em uma seção de topo (enriquecimento ou retificação) e uma seção de baixo (stripping). O alimento flui pela parte inferior da coluna onde é coletado no reaquecedor.

O Calor é provido ao reaquecedor para gerar vapor. A fonte de calor pode ser



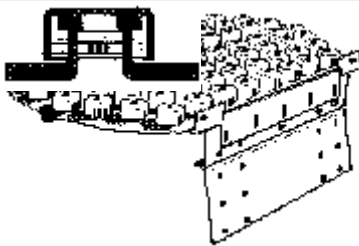
qualquer fluido, embora na maioria das plantas normalmente é o vapor. Em refinarias, a fonte de aquecimento pode ser os fluxos de produção de outras

colunas. O vapor gerado é re-introduzido no fundo da coluna. O líquido removido do reaquecedor é conhecido como o produto de fundo ou simplesmente, fundos.

O vapor sobe pela coluna, e quando sai pelo topo da unidade, é esfriado por um condensador. O líquido condensado é armazenado em um recipiente conhecido como o tambor de refluxo. Parte deste líquido é reciclado através do topo da coluna e isto é chamado o refluxo. O líquido condensado que é separado do sistema é conhecido como o destilado ou produto de topo.

PARTES INTERNAS DA COLUNA

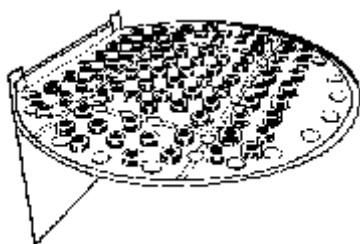
Pratos e bandejas



Os termos bandejas e pratos são usados indistintamente. Há muitos tipos de desenhos de bandejas, mas os mais comuns são:

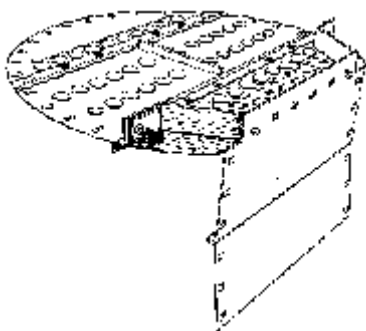
Bandejas de borbulhamento (de campânulas)

Uma bandeja de campânulas tem uma elevação, ou chaminé, em cima de cada buraco, e uma cobertura que cobre a chaminé. A cobertura é montada de forma que há um espaço entre a elevação e a cobertura para permitir a passagem de vapor. O vapor sobe pela chaminé e é dirigido para baixo sendo descarregado por aberturas na cobertura e borbulhado pelo líquido na bandeja.



Bandejas de válvula

Em bandejas de válvula, as perfurações estão cobertas através de coberturas mas não apresentam condutores ascendentes. O vapor flui até a cobertura e é dirigido para fluir horizontalmente no líquido, permitindo uma mistura melhor que em bandejas de peneira.

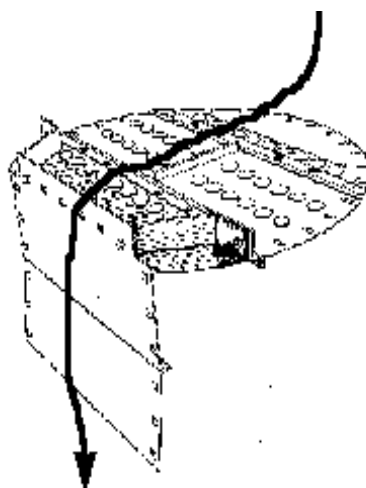
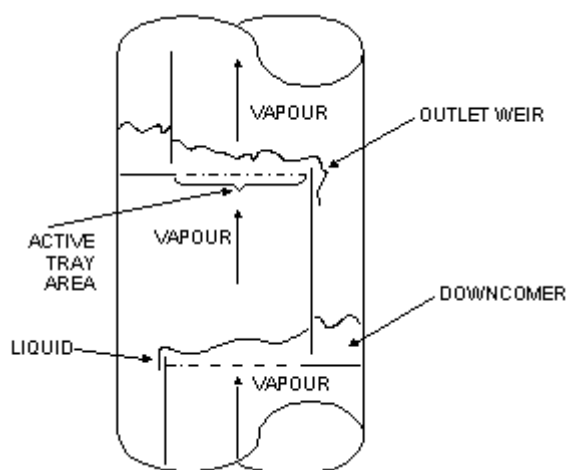
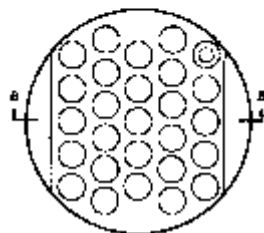


Bandejas tipo Peneira

Bandejas de peneira são simplesmente chapas de metal com buracos. O vapor atravessa diretamente o líquido no prato. O arranjo, número e tamanho dos buracos são parâmetros de projeto.

Por causa da eficiência, gama operacional larga, facilidade de manutenção e fatores de custo, bandejas de válvula e peneira substituem as bandejas de campânulas em muitas aplicações.

As figuras mostram a direção de fluxo de vapor e de líquido por uma bandeja, e por uma coluna.



Cada bandeja tem 2 canais, um em cada lado, chamados de "downcomers". A queda de líquidos ocorre pelos downcomers por gravidade de uma bandeja para a de baixo. Uma represa na bandeja assegura que sempre há algum líquido na bandeja. O vapor flui para cima e é forçado atravessar o líquido, pelas aberturas em cada bandeja. A área que permite a passagem de vapor em cada bandeja é

chamada a área ativa de bandeja.

O espumar do líquido na área ativa de bandeja é devido a passagem de vapor da bandeja como também a evaporação. Como a passagem de vapor mais quente pelo líquido na bandeja, este transfere calor ao líquido. Além disso, algum vapor condensa acrescentando líquido na bandeja.

Porém, o condensado é mais rico nos componentes menos voláteis do que o que está no vapor. Adicionalmente, por causa da contribuição de calor do vapor, o líquido ferve na bandeja, gerando mais vapor. Este vapor que passa para a próxima bandeja na coluna é mais rico nos componentes mais voláteis. Este contato contínuo entre vapor e líquido acontece em cada bandeja na coluna e provoca a separação entre componentes de baixos pontos de ebulição desses com pontos de ebulição mais altos.

Uma bandeja age essencialmente como uma míni-coluna, cada uma realiza uma fração da tarefa de separação. Disto podemos deduzir que quanto mais bandejas existem, melhor o grau de separação e a eficiência de separação global dependerá significativamente do projeto da bandeja. São projetadas bandejas para maximizar contato vapor-líquido considerando a

- distribuição líquida e
- distribuição de vapor

na bandeja. Isto porque melhor contato vapor-líquido significa separação melhor a cada bandeja, traduzindo em maior desempenho de coluna. Menos bandejas serão exigidas para alcançar o mesmo grau de separação. Benefícios auxiliares incluem menor uso de energia e mais baixos custos de construção.

Enchimentos

Enchimentos são dispositivos passivos que são projetados para aumentar a área interfacial para contato vapor-líquido.



É suposto que estes pedaços estranhamente amoldados dão contato vapor-líquido bom quando um tipo particular é colocado junto, sem causar queda de pressão excessiva por uma seção empacotada. Isto é importante porque uma queda de pressão alta significaria que mais energia é exigida dirigir o vapor para cima na coluna de destilação.

Enchimentos versus bandejas

Uma coluna de bandeja que está enfrentando problemas de processamento pode ser melhorada substituindo uma seção de bandejas por enchimentos. Isto é porque:

- ➡ embalagens provêem área interfacial extra para contato de líquido-vapor
- ➡ é aumentada eficiência de separação pela mesma altura de coluna
- ➡ colunas empacotadas são mais curtas que colunas de bandejas

REAQUECEDORES

Há vários tipos de reaquecedores. Eles podem ser considerados trocadores de calor e são projetados para transferir energia para o líquido no fundo da coluna.

Abaixo alguns exemplos de tipos de reaquecedores típicos.

