

CONCEITOS BÁSICOS EM ENGENHARIA QUÍMICA

O QUE SÃO PROCESSOS QUÍMICOS?

Definições básicas

Processos Químicos { **Modos Operacionais**
Vazões
Escoamentos

CONCEITOS BÁSICOS EM ENGENHARIA QUÍMICA

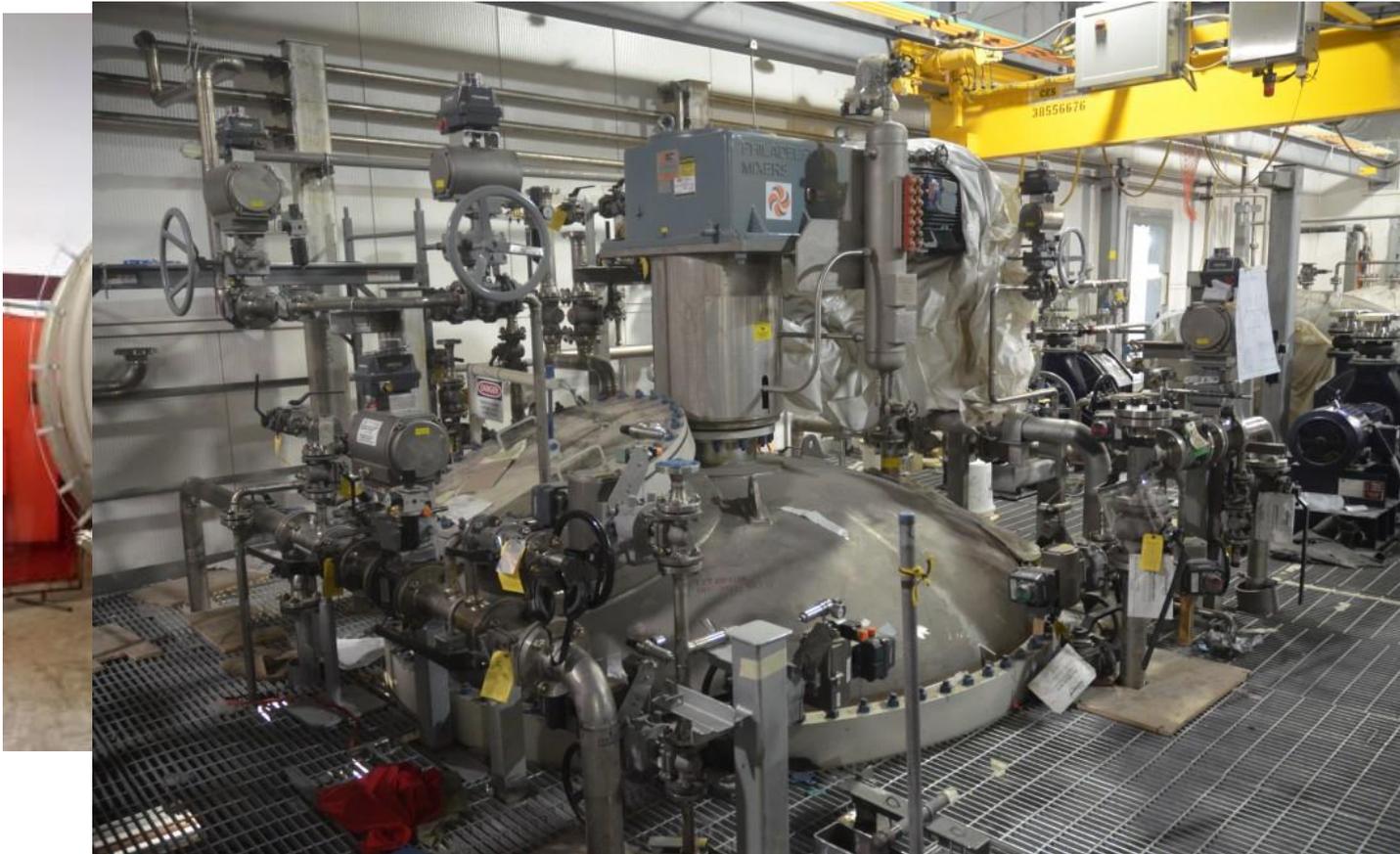
1) Modos Operacionais

Operação Descontínua (Batelada)

Operação Semi-contínua (Batelada alimentada)

Operação Contínua

a) *Operação Descontínua (Batelada)*

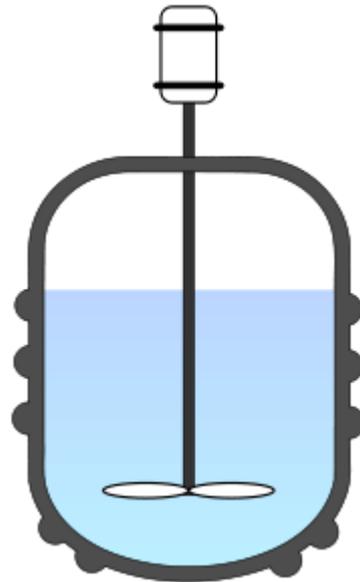


CONCEITOS BÁSICOS EM ENGENHARIA QUÍMICA

a) Operação Descontínua (Batelada)

Modo de operação em que o equipamento é carregado com toda a sua carga necessária (matéria-prima), é efetuado o processamento e são removidos os produtos. Normalmente usada em operações de pequena escala, ou onde o processo corrosivo é muito acentuado, ou ainda por uma outra razão que seja inconveniente conduzir a operação de maneira contínua.

Um sistema operado de maneira descontínua é dito estar em regime transiente (não permanente) ou estado não estacionário.

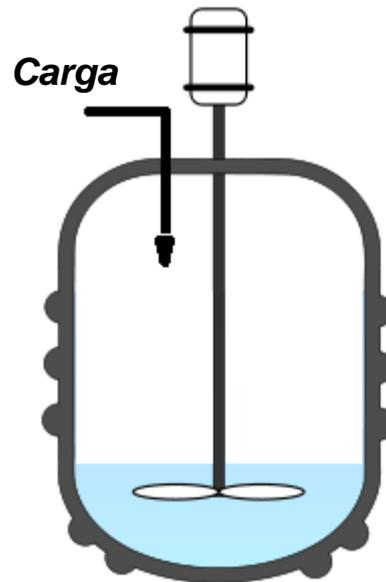


obs.: As variáveis como temperatura e concentração não variam com a posição dentro do reator, mas variam com o tempo.

b) Operação Semi-contínua (Batelada alimentada)

Neste modo operacional, o tanque é parcialmente preenchido com reagente(s) e reagente(s) adicionais são adicionados progressivamente até a composição desejada ser atingida

Um sistema operado de maneira semi-contínua é dito estar em regime transiente (não permanente) ou estado não estacionário.



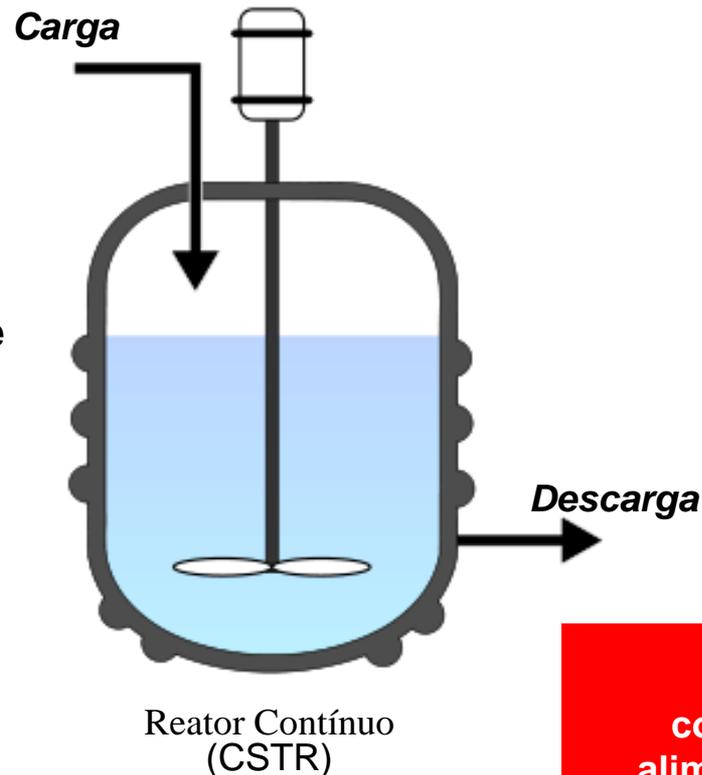
Reator Semi-contínuo
(Batelada alimentada)

obs.: O processo é considerado finalizado quando o volume útil do reator é alcançado.

c) Operação Contínua

Operações contínuas são caracterizadas pela não ocorrência de perturbações ou paradas, principalmente em processos de grande escala de produção. Neste tipo de operação o tempo não é uma variável do processo, exceto na etapa inicial (partida) da operação.

operação contínua, onde as condições operacionais **não variam** com o tempo é dita estar em **regime permanente** ou em **estado estacionário**.



obs.: o reator (CSTR) é continuamente suprido com a alimentação ao mesmo tempo em que igual volume é descarregado, mantendo constante o nível (volume) dentro do tanque.

Vantagens e Desvantagens

Operação Descontínua (Batelada)

Vantagens

- menor investimento de capital
- necessidades de construção e instrumentação mais baratas e simples.

Desvantagens

- altos custos de mão-de-obra e custos de manipulação de materiais envolvidos (enchimento, esvaziamento e limpeza do reator).
- maior tempo morto.

Operação Semi-contínua (Batelada alimentada)

Vantagens

- grandes efeitos de transferência de calor acompanham a reação
- Útil em reações em que altas concentrações de reagentes favorecem a formação de produtos laterais indesejáveis.

Desvantagens

- mais difíceis de analisar do ponto de vista de projeto de reatores porque trata com um sistema aberto em condições não estacionárias,

Operação Contínua

Vantagens

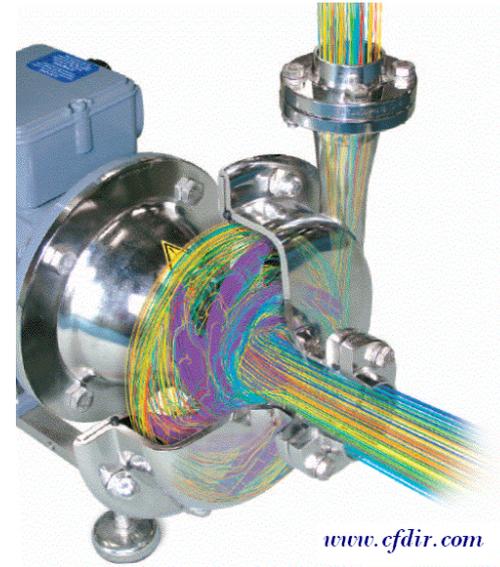
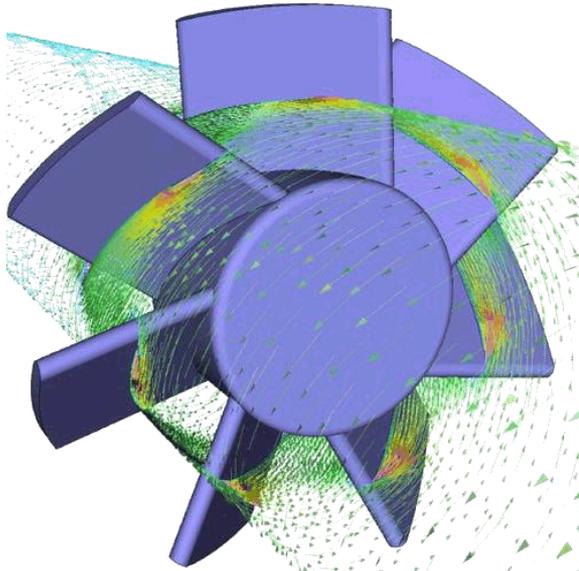
- grande capacidade de processamento requerida.
- menores custos operacionais por unidade do produto.
- Facilidade do controle de qualidade dos produtos devido ao controle automático do processo.

Desvantagens

- maiores investimentos de capital.

2) VAZÕES

- Na indústria, uma grande diversidade de fluidos são processados em equipamentos, tubulações, tanques etc.



Vazão pode ser definida como a razão entre a quantidade de fluido (líquido ou gás) que escoar através de uma tubulação ou duto e o tempo gasto.

Essa quantidade de fluido pode ser em volume (vazão volumétrica), em massa (vazão mássica) ou em quantidade de matéria (vazão molar).

3) ESCOAMENTOS

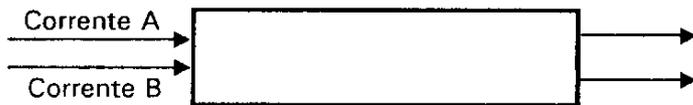
Em operações de transferência de massa ou de energia o contato entre duas correntes de fluidos tanto diretamente (transferência de massa) quanto indiretamente (através de uma superfície de contato)

Transferência ou transporte de massa - contato direto

Transferência ou transporte de energia - contato indireto

Pode ser realizada de duas maneiras:

a) escoamento paralelo (mesma direção)



Escoamento paralelo

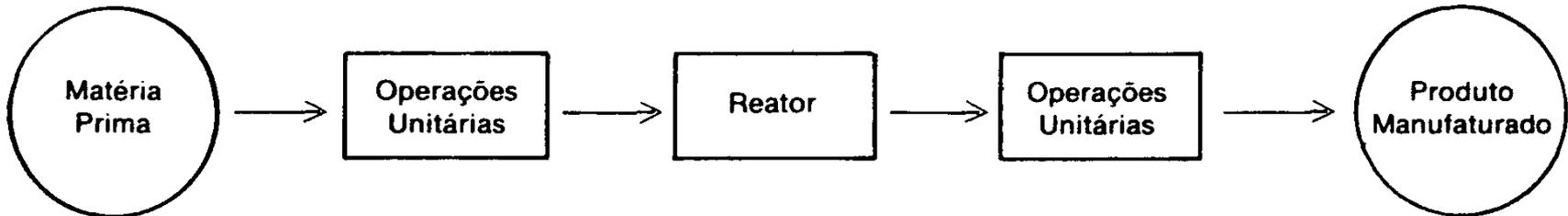
b) Escoamento contracorrente



Escoamento contracorrente

4) PROCESSOS QUÍMICOS

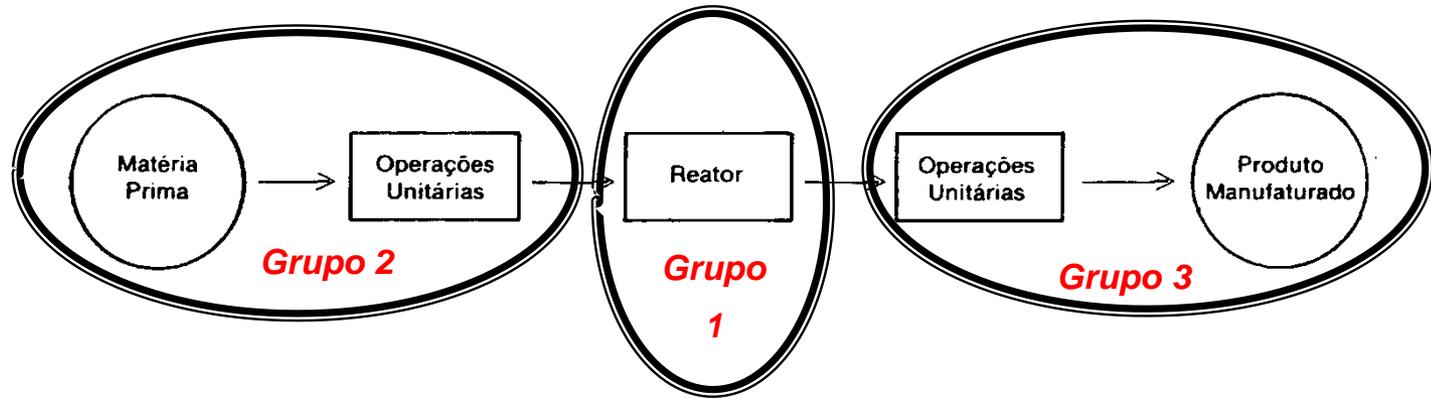
É a sequência de operações de causa e efeito que visa transformar uma matéria prima (ou semi-manufaturada) em um produto químico de interesse econômico e/ou social.



Etapas básicas de um processo químico

ETAPAS DE UM PROCESSOS QUÍMICOS

As etapas de produção de qualquer produto químico pode ser divididas em três grandes grupos:



Divisão das etapas de produção

1- O reator químico

2- Etapas de preparação da carga do reator

3- Etapas de Separação e purificação do efluente do reator

ETAPAS DE UM PROCESSOS QUÍMICOS

Grupo 1

O reator químico ⇒ principal parte de qualquer unidade de produção.

- Transformação de reagentes em produtos.
- Reações de: **Hidrogenação/Nitração/Sulfonação/Oxidação/etc.**
- quando vistas no mesmo enfoque são os: **Processos Unitários da indústria Química.**

Grupo 2

Etapas de preparação da carga do reator ⇒ reagentes passam através de vários equipamentos para ajustar: **pressão, temperatura, composição;**
Afim de alcançar as condições em que ocorrem as reações químicas.

Grupo 3

Etapas de Separação/purificação do efluente do reator ⇒ mistura de Componentes.

Produtos, Contaminantes e Reagentes não reagidos

Devem ser separados em equipamentos apropriados.

Em geral: todas operações antes (Grupo 2) e após o reator (Grupo 3) são chamadas de **Operações unitárias da indústria Química.**

PROCESSO QUÍMICO

Operações unitárias

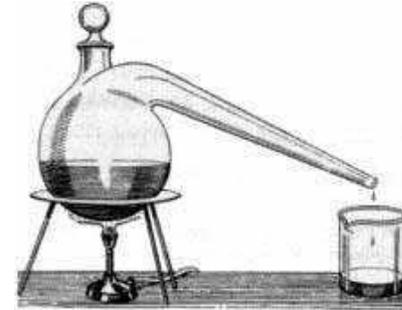
Processos Unitários

Bombeamento (compressores)	Hidrogenação
Aquecimento/resfriamento (trocadores de calor)	Nitração
Agitação e mistura (agitadores)	Nitrificação
Separação (filtração, decantação, centrifugação, absorção, extração, adsorção, secagem, evaporação, destilação, cristalização, etc.)	Sulfonação
	Oxidação
	Fosfatação
	Etc.
Moagem, peneiramento e fluidização.	

DIMENSÕES (Escala) DE UM PROCESSO QUÍMICO

Em função da quantidade de material envolvido em um método de preparação de uma substância química, o processo de produção pode ser em:

A) **Escala de laboratório ou de bancada;**



B) **Escala Piloto**



C) **Escala Industrial (em geral, toneladas por dia)**



5) OPERAÇÕES UNITÁRIAS

As operações unitárias podem ser agrupadas em cinco grandes divisões, a saber:

<i>Mecânica dos Fluidos</i>
<i>Transmissão de Calor</i>
<i>Operações de Agitação e Mistura</i>
<i>Operações de Manuseio de Sólidos</i>
<i>Operações de Separação</i>

A) Mecânica dos fluidos ⇒ Toda planta industrial exige transporte de reagentes e produtos para diferentes locais da unidade fabril.

transporte de
fluidos

(gases ou líquidos)

Engenheiro Químico
precisará determinar

- tamanho das **tubulações**
- tipos de **tubulações**
- acessórios**
- bombas** ou **compressores**



BOMBA CENTRÍFUGA

B) Transmissão de Calor \Rightarrow A maioria das reações químicas não ocorrem a temperaturas ambientes, portanto, **reagentes** e **produtos** precisam ser **aquecidos** ou **resfriados**.

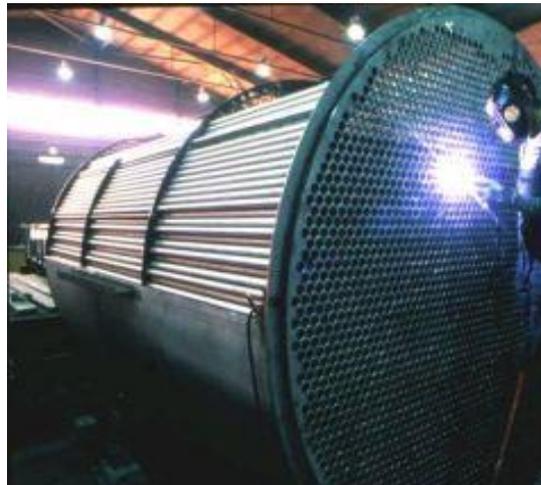
Reações **exotérmicas** \Rightarrow o **calor** gerado deve ser **removido**.

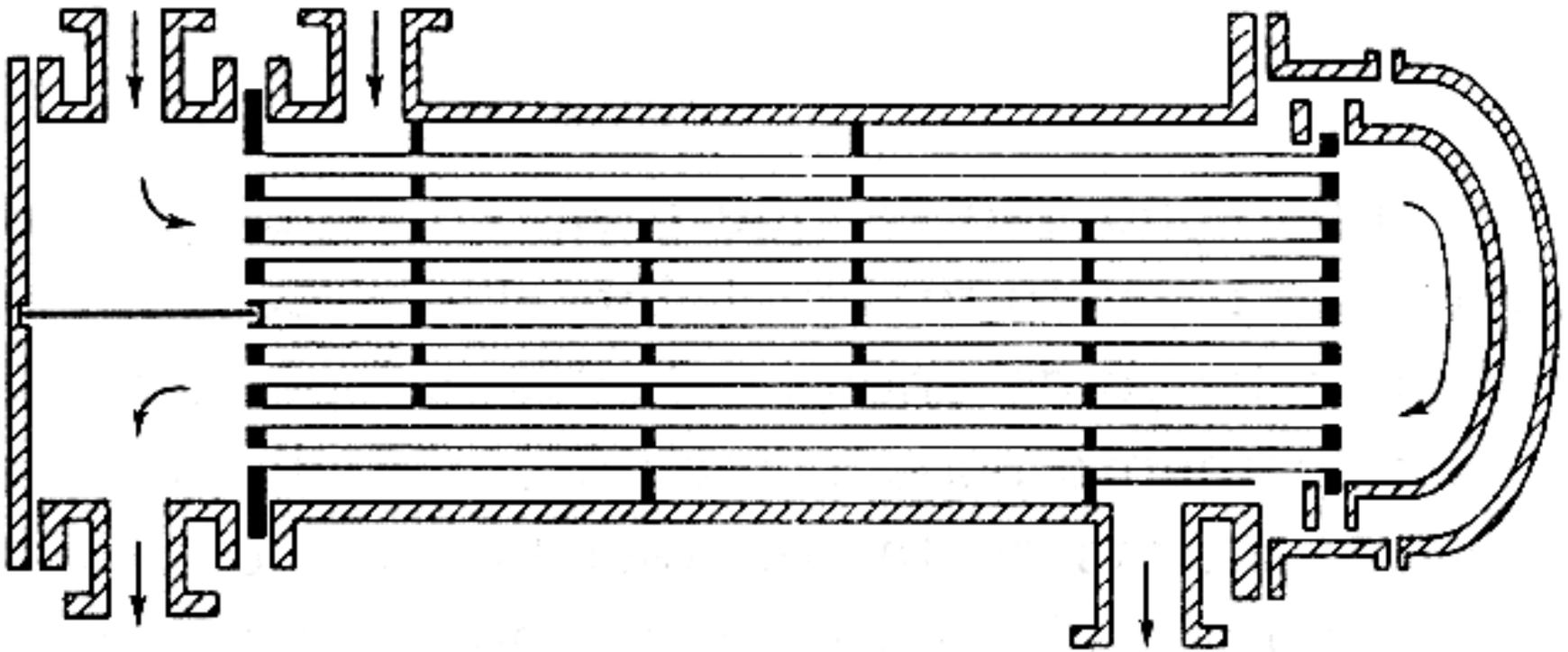
Reações **endotérmicas** \Rightarrow o **calor** deve ser **fornecido**.

retirada ou
fornecimento
de calor

Engenheiro Químico
Deverá ser capaz

-calcular as **taxas de calor** envolvidas
-dimensionar os equipamentos
(trocadores de calor)





Trocador de calor tipo casco e tubo









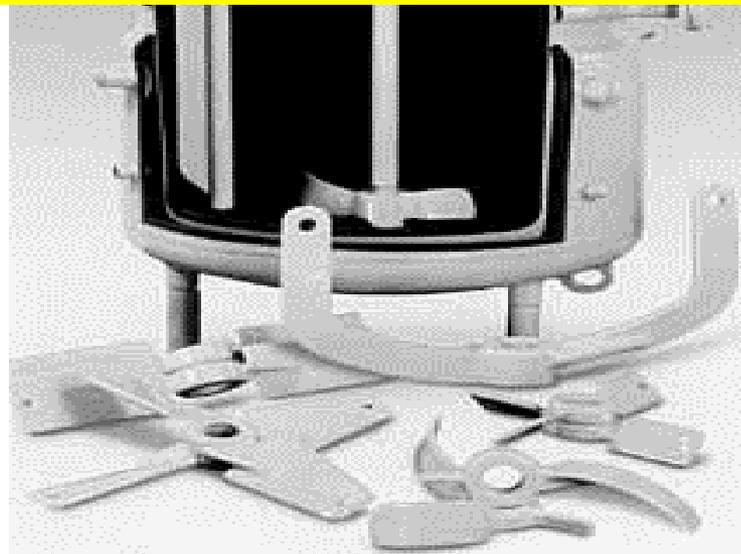
C) Agitação e Mistura ⇒ São operações normais na Engenharia Química para **homogeneizar a composição** da mistura formada por **diferentes componentes**.

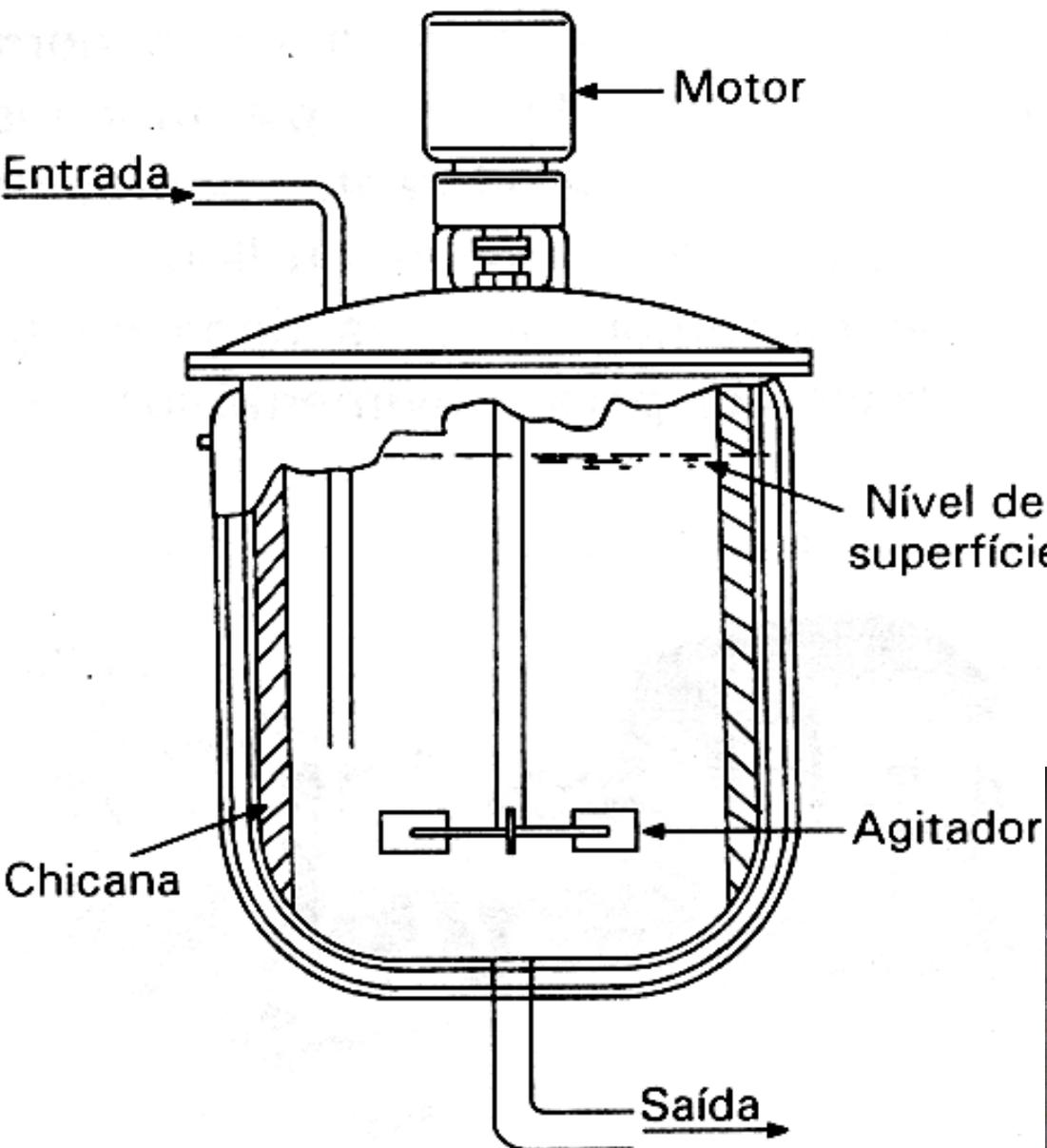


Homogeneidade
do meio
reacional

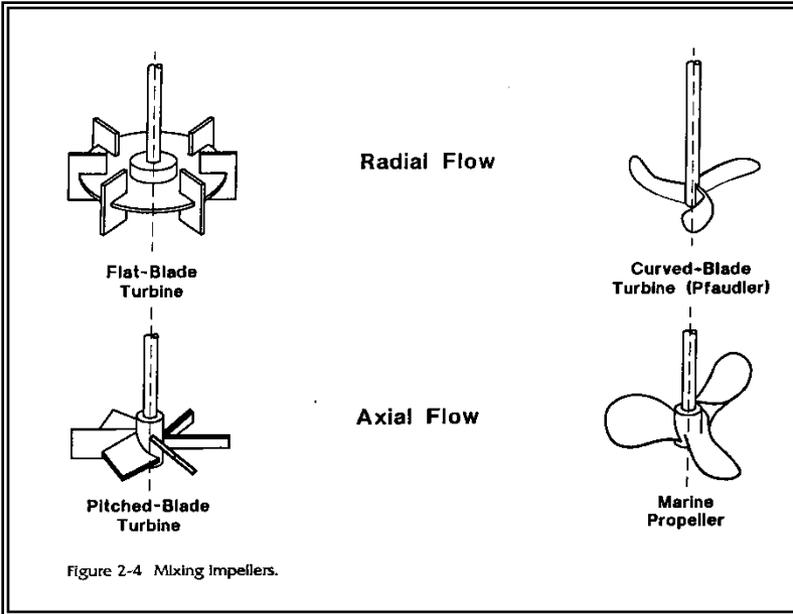
Engenheiro Químico
Deverá ser capaz

-Projetar o melhor sistema de agitação (**uniformidade**)
-dimensionar as condições operacionais (**integridade das condições reacionais**)





Vaso com agitador



D) Operações de Manuseio de Sólidos

- ✓ Moagem
- ✓ Peneiramento
- ✓ Fluidização

E) Operações de Separação ⇒ Maior grupo das operações unitárias, e são as que **mais envolvem cálculos de balanço de massa** (balanço de material) e, em alguns casos, **balanço de energia**.

Este grupo inclui:

processos físicos → envolve a separação de duas fases (sólido-líquido, líquido-líquido)

✓ Filtração

✓ Decantação

✓ Centrifugação

processos em que ocorrem transferência de massa de uma fase para a outra →

por afinidade:

✓ Absorção (do gás para o líquido)

✓ Extração (de líquido para outro líquido)

✓ Adsorção (de uma mistura gasosa/líquida para um sólido)

✓ Secagem, etc.

pela influência da troca de calor:

✓ Evaporação

✓ Destilação

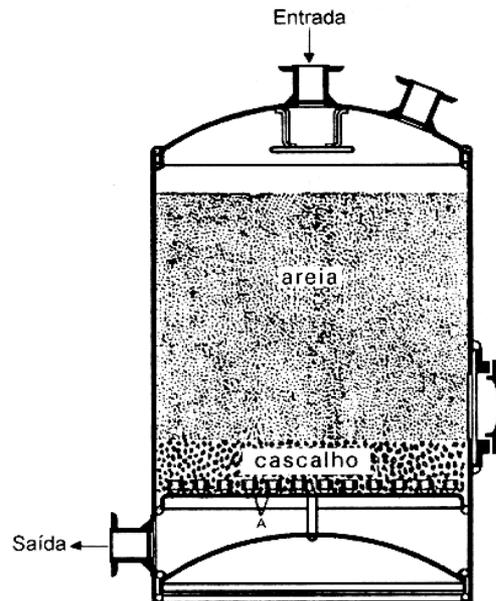
✓ Cristalização, etc.

Análise sucinta de algumas operações unitárias de Separação:

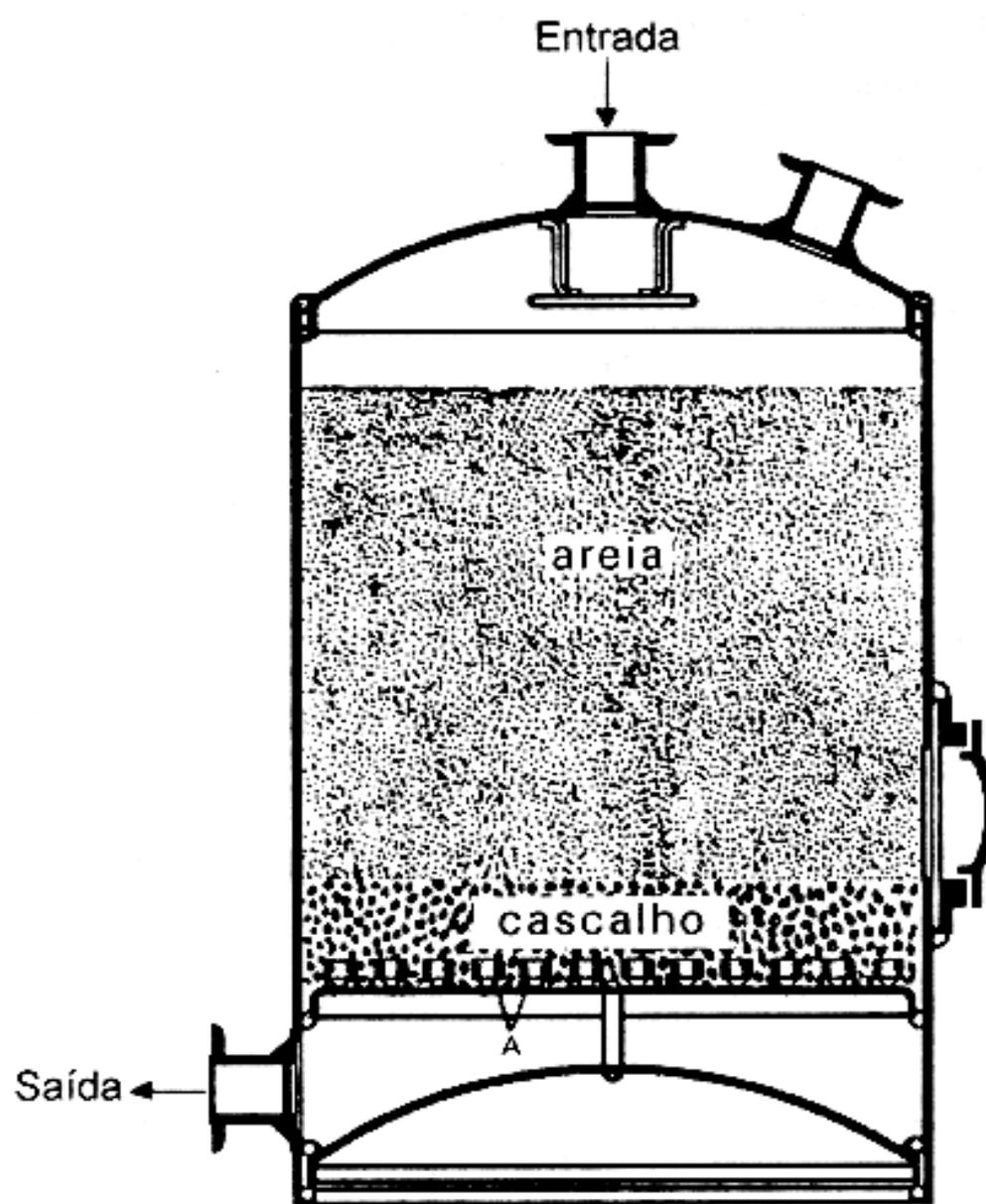
FILTRAÇÃO

Objetivo: Remoção de sólidos de um fluido (gás ou líquido).

Procedimento: O fluido permeia através de um leito contendo material filtrante que retém as partículas sólidas dispersas no fluido.



Filtro de areia

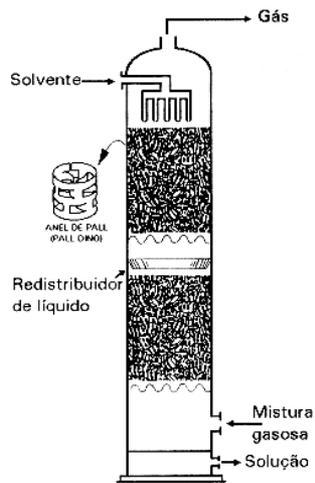


Filtro de areia

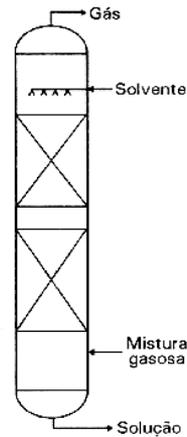
ABSORÇÃO

Objetivo: Remoção de um ou mais componentes a partir de uma mistura gasosa, através do contato direto com um líquido ou uma solução que tenha afinidade por estes componentes que se deseja remover.

Procedimento: uma corrente gasosa (ex.: ar e acetona) é alimentada continuamente pela parte inferior de uma torre contendo no interior um leito de recheios (anéis de Rashing ou de Pall). Em contracorrente escoam um líquido solvente (ex.: água). Como consequência o ar efluirá no topo com um teor menor de acetona, e no fundo da torre, uma solução aquosa de acetona.

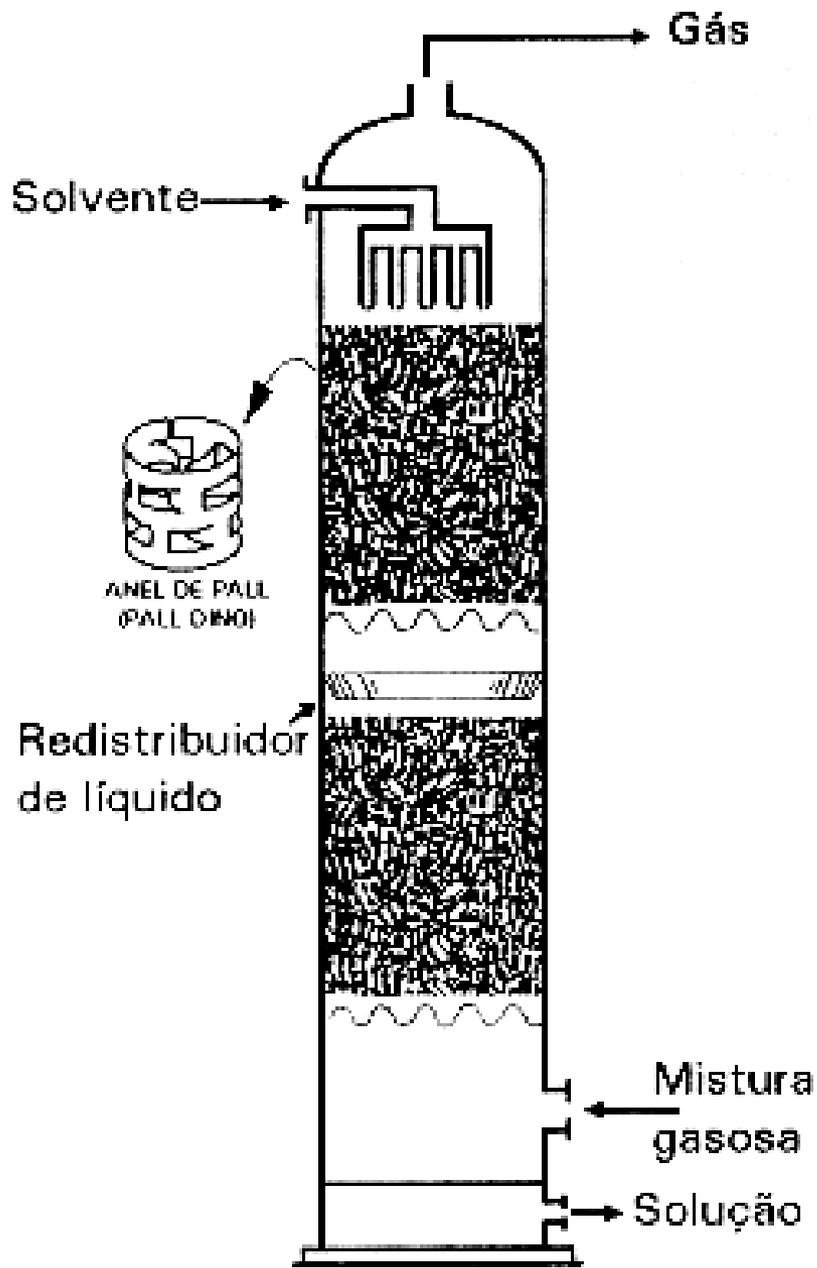


Torre ou coluna absorvedora

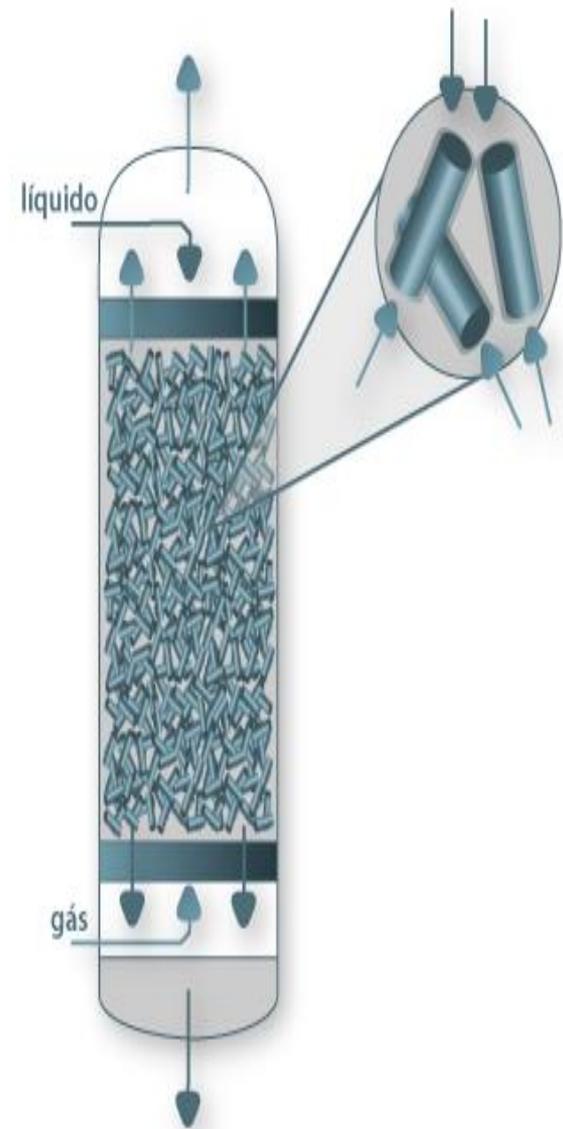


Representação esquemática





Torre ou coluna absorvedora



Representação esquemática

EXTRAÇÃO

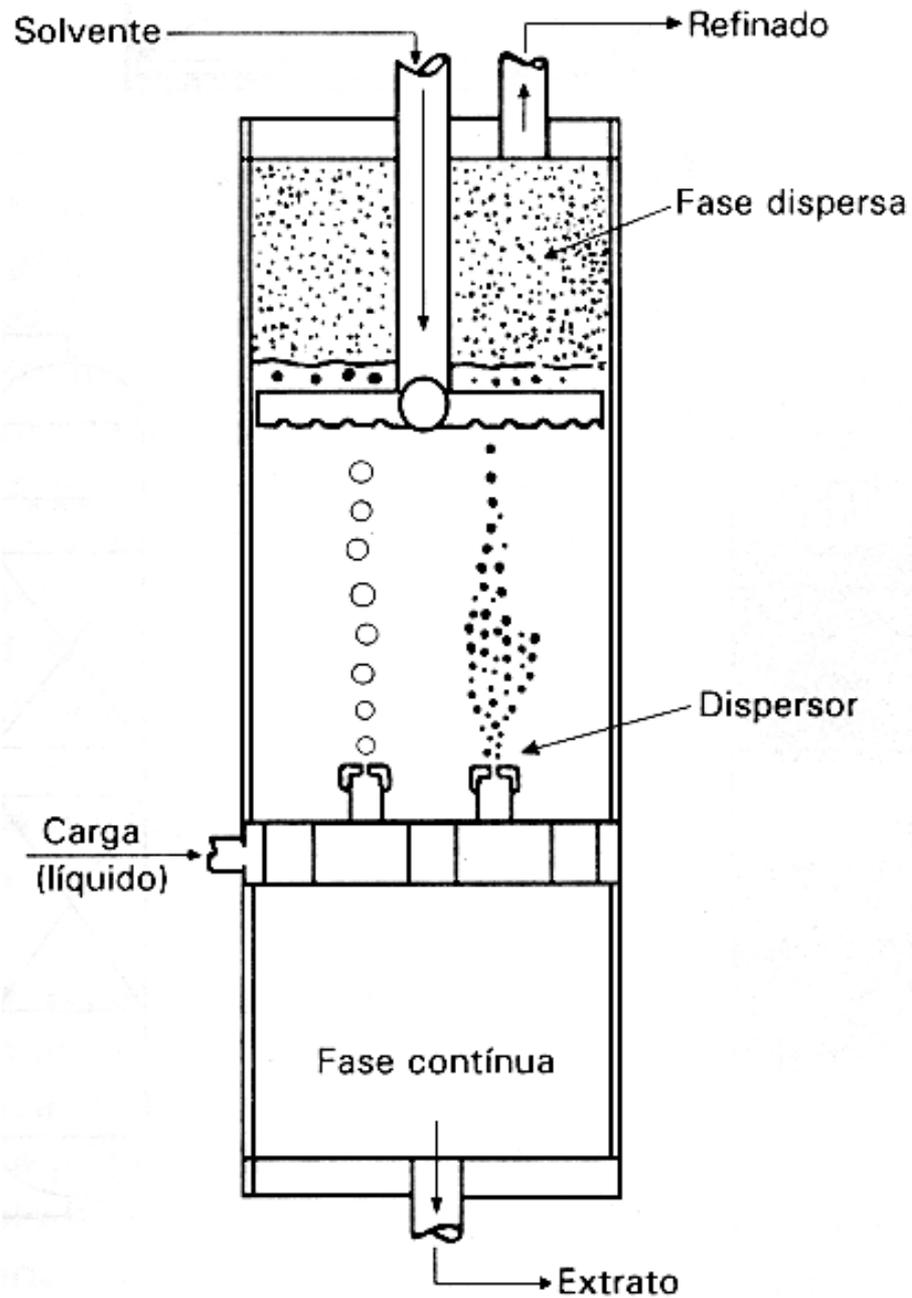
Objetivo: Remoção de um ou mais componentes (solutos) a partir de uma mistura de líquidos (carga), através do contato direto com um líquido (solvente) que é imiscível com a mistura original.

Procedimento: Uma corrente líquida (solvente) é adicionada pelo topo da coluna onde ocorre o contato entre este solvente e a carga (correntes imiscíveis). Este contato íntimo remove parcialmente os componentes desejados da carga.

Duas correntes são efluentes do processo:

- uma rica em solvente contendo parte do soluto(s) (extrato);
- e outra contendo o restante da carga e parte do solvente (refinado).





Coluna de extração do tipo dispersão

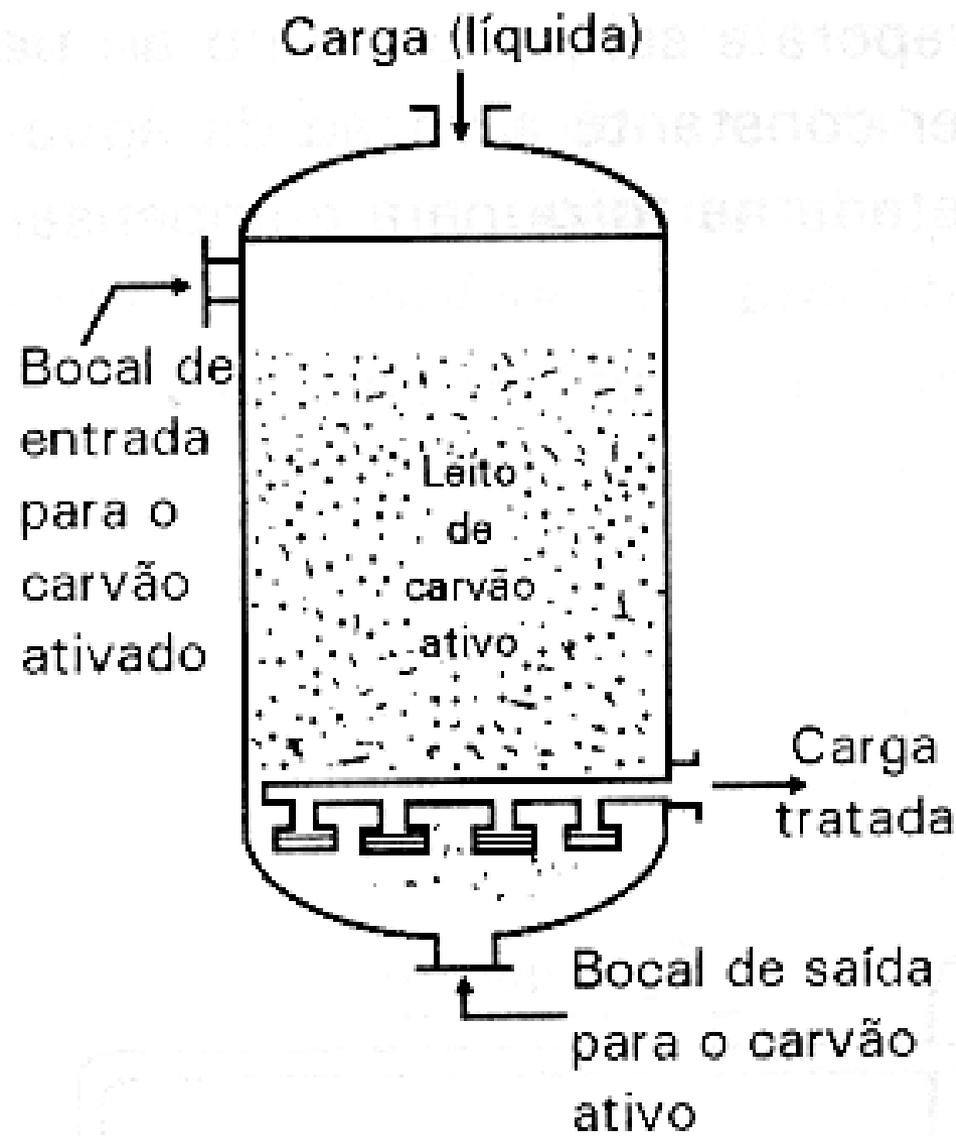
ADSORÇÃO

Objetivo: Remoção de um ou mais componentes a partir de uma mistura de líquidos ou gases, através do contato direto com um sólido.

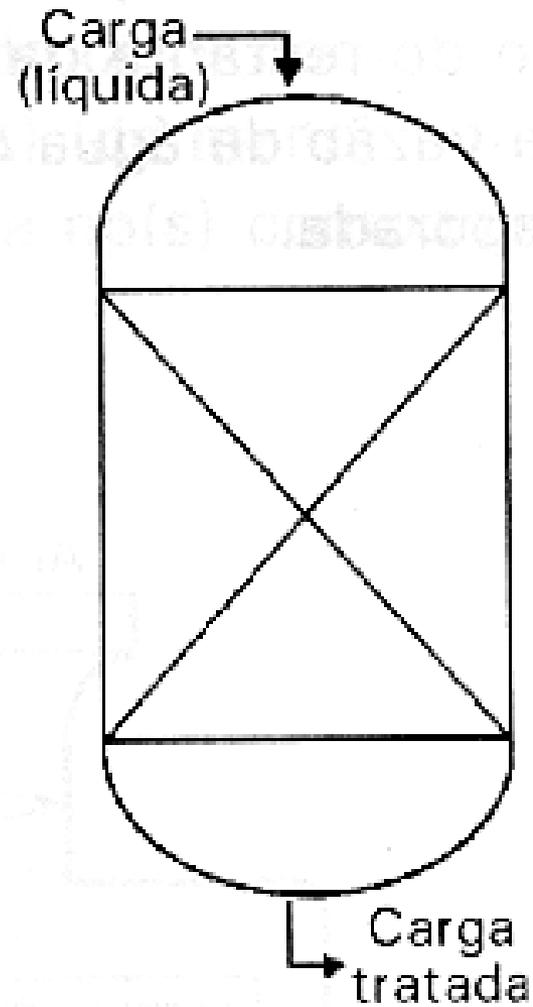
Procedimento: A carga a ser tratada escoa através dos espaços vazios entre as partículas do sólido adsorvente, presente no interior do tanque. O material a ser removido adsorve na superfície e nos poros do no sólido até a saturação. Neste momento a carga sólida é removida e substituída.

Ex.: Vapores de benzeno sendo removidos a partir de outros gases. Parte do benzeno é adsorvida no sólido, e o ar com menor teor em benzeno eflui pelo topo do vaso.





Adsorvedor de carvão ativo



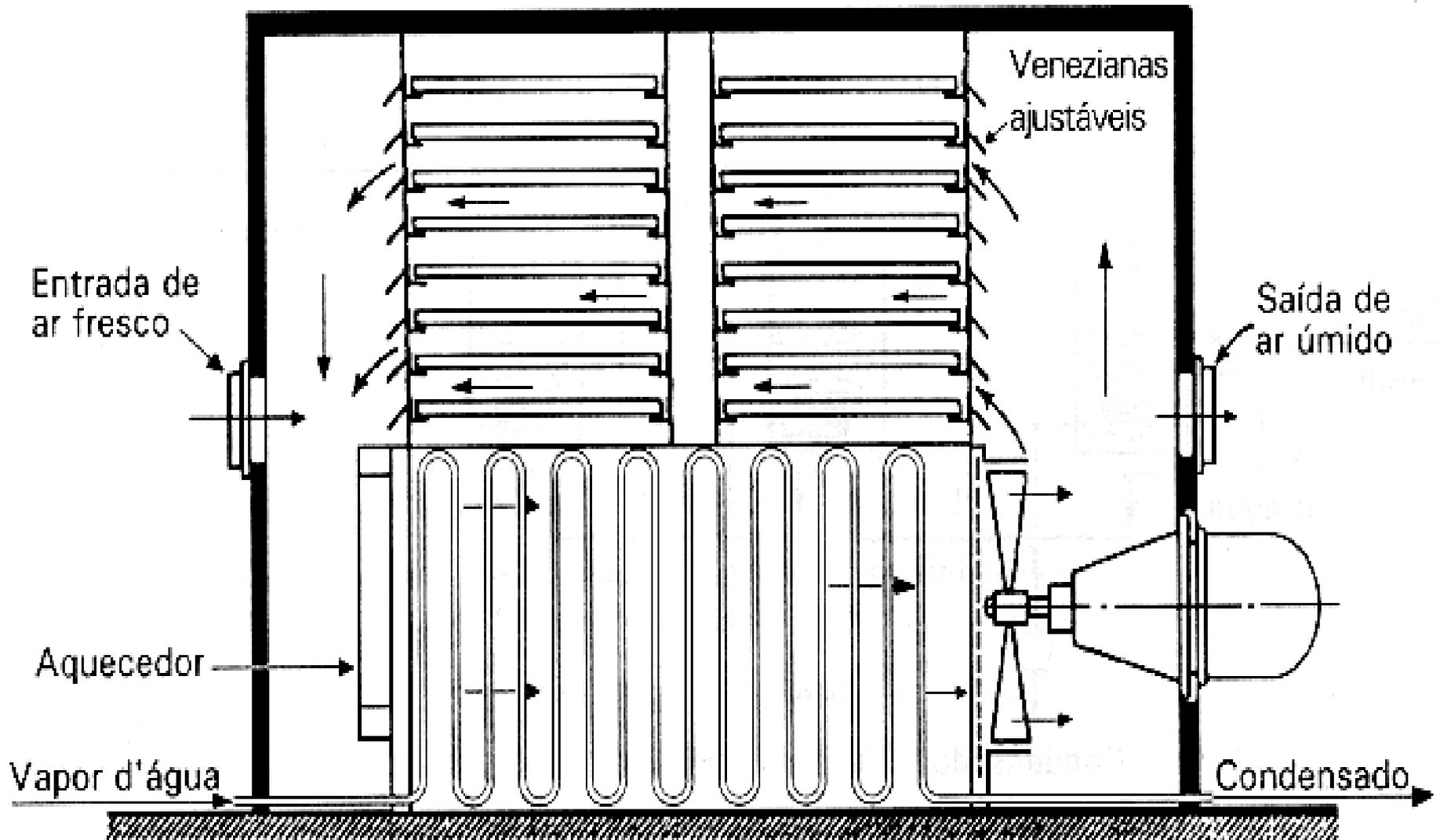
Representação esquemática

SECAGEM

Objetivo: Redução do teor líquido (normalmente água) de um sólido úmido.

Procedimento: Normalmente utiliza-se a recirculação de ar sobre a superfície do sólido a secar, promovendo o carreamento da água em forma de vapor.



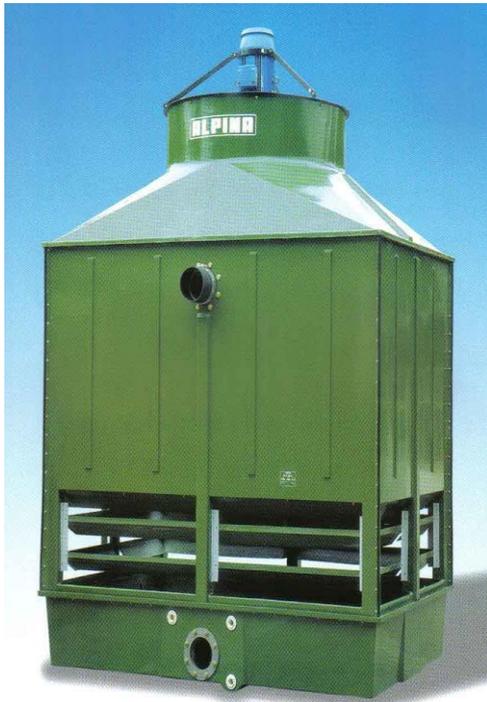


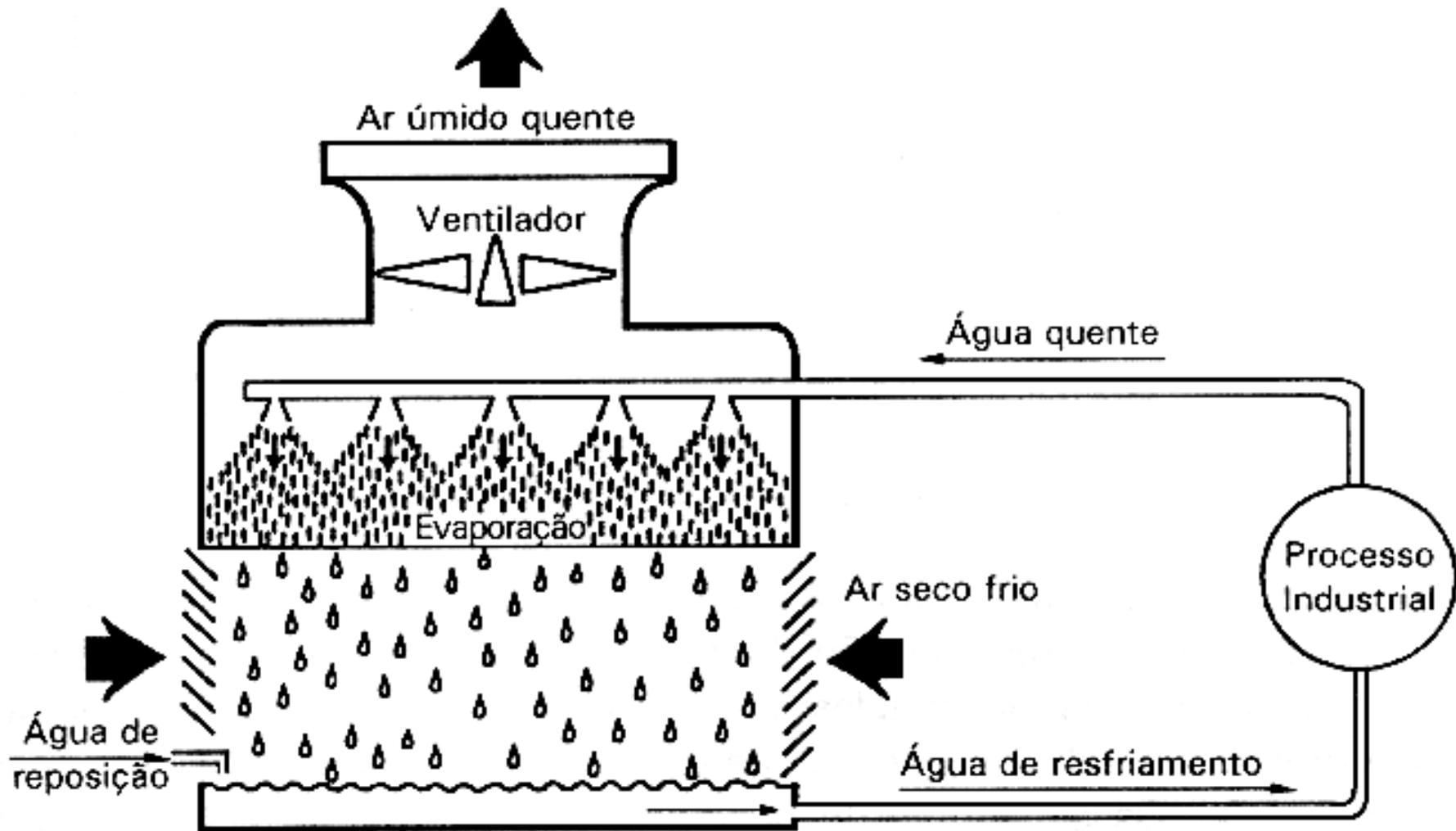
Secador de bandejas descontínuo com aquecimento a vapor d'água

UMIDIFICAÇÃO

Objetivo: Controlar a umidade de um ambiente através da evaporação da água para o ar.

Procedimento:. Em uma torre de resfriamento uma corrente de água sai fria do aparelho e é aquecida na planta industrial (H_2O utilizada para resfriamento) que por sua vez, retorna a torre de resfriamento. Na torre a água quente é pulverizada entrando em contato com o ar succionado por ventiladores. Parte desta água se evapora e sai juntamente com o ar, resfriando o restante da água.





Torre de resfriamento de água (representação esquemática)

DESTILAÇÃO

Objetivo: Separar uma mistura (líquida, parcialmente líquida ou vapor) em duas outras misturas em função das diferenças de volatilidade, utilizando calor como agente de separação.

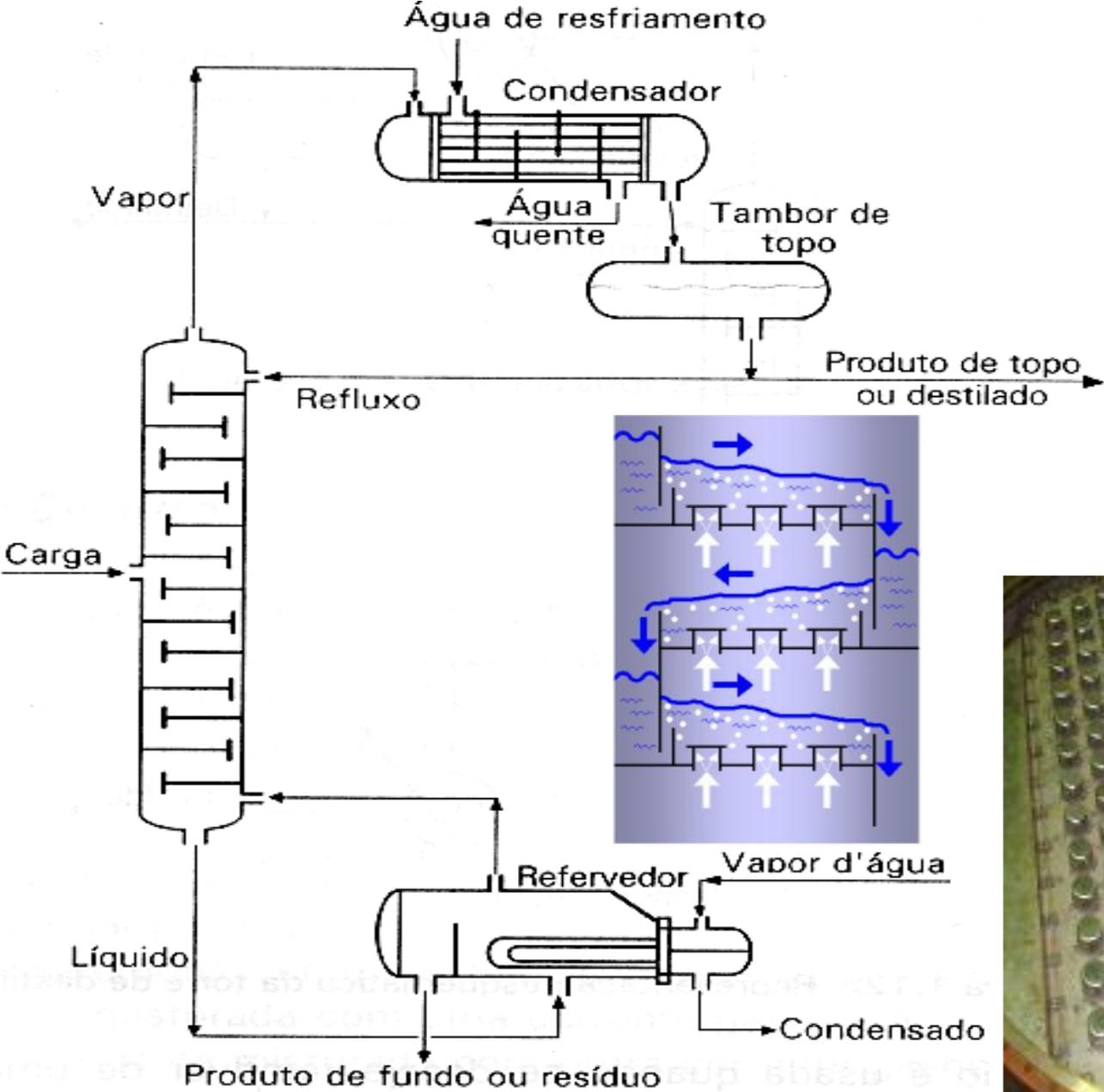
Procedimento:, Em um aparelho chamado refeedor um líquido com maior energia (vapor d'água ou óleo térmico) fornece calor ao líquido a destilar. Este líquido é vaporizado total ou parcialmente e é encaminhado para a torre de destilação.

O vapor que consegue atravessar a coluna é direcionado a um condensador e o líquido condensado armazenado no tambor de topo. Parte do produto de topo retorna a coluna de destilação formando um fluxo descendente.

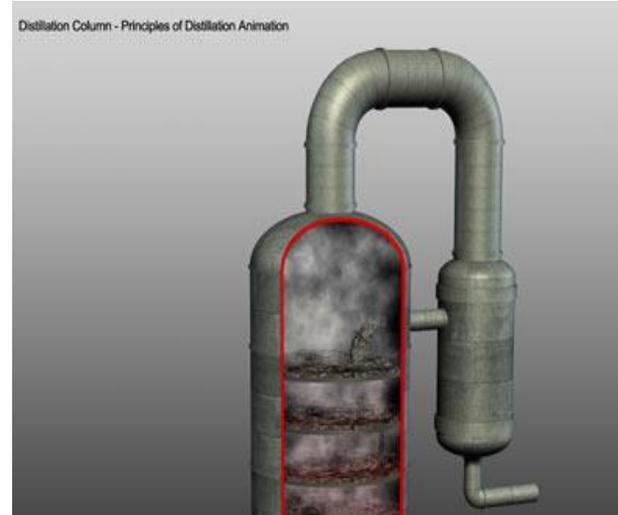
A mistura rica no componente de menor ponto de ebulição é chamada de destilado (produto de topo) e a mistura rica no componente menos volátil é chamada de resíduo (produto de fundo).



Coluna de Destilação



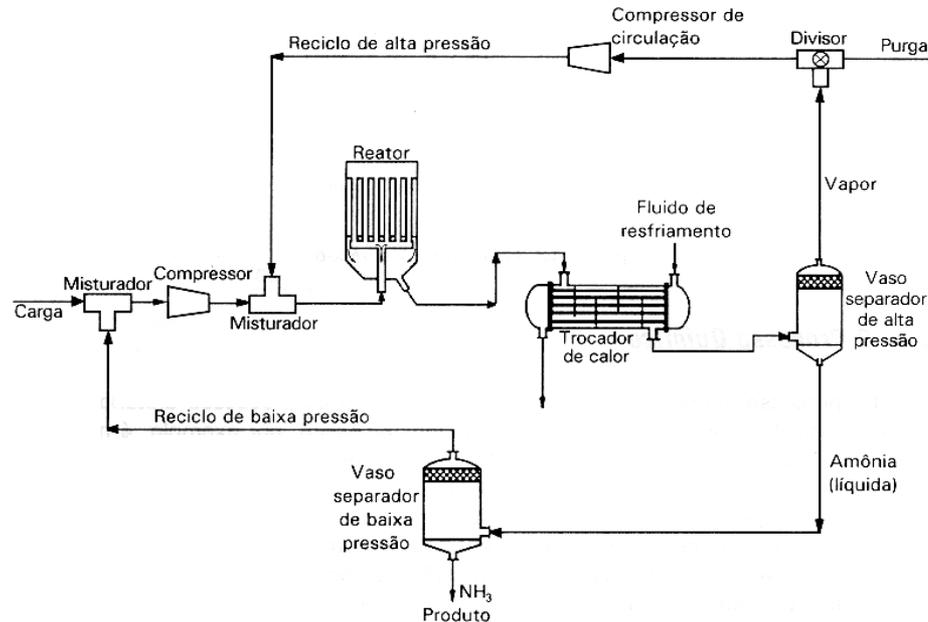
Torre ou coluna de destilação



6) PROCESSO QUÍMICO - FLUXOGRAMAS

Um processo químico é formado por um conjunto de processos unitários interligados por uma seqüência lógica.

Exemplificando:



Processo de produção de amônia

Carga: corrente contínua de entrada composta de N₂/H₂ /impurezas (inertes).

Misturador 1: a carga é fornecida a uma vazão constante e misturada com uma corrente gasosa de reciclo de baixa pressão.

Misturador 2: a carga é misturada com uma corrente gasosa de alta pressão.

Obs.: as correntes de reciclo são compostas de parte dos componentes da carga que não reagiram (aumento do rendimento do processo).

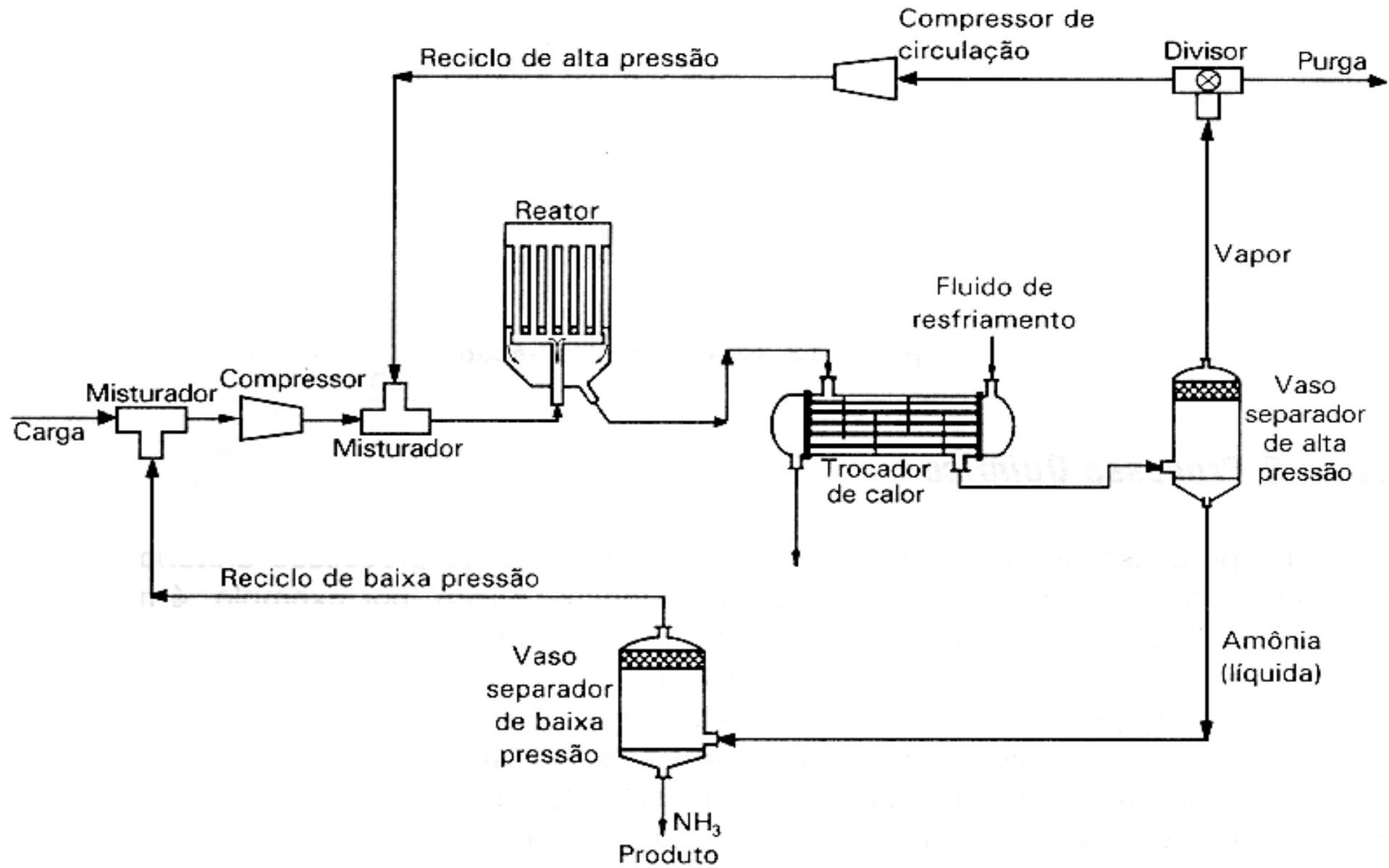
Reator: ocorre a reação exotérmica: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ na presença de um catalisador.

Trocador de calor: os gases efluentes do reator (amônia, gases não reagidos e inertes) são resfriados para a liquefação da amônia.

Separador de alta pressão: separar por diferença de densidades a amônia liqüefeita dos demais efluentes.

Separador de baixa pressão: remoção dos gases dissolvidos na fase líquida (amônia) gerando amônia pura.

Divisor: separar parte dos gases inertes (purga) a fim de evitar altas conc. de inertes no reator.



Processo de produção de amônia

Carga: corrente contínua de entrada composta de N_2/H_2 /impurezas (inertes).

Misturador 1: a carga é fornecida a uma vazão constante e misturada com uma corrente gasosa de reciclo de baixa pressão.

Misturador 2: a carga é misturada com uma corrente gasosa de alta pressão.

Obs.: as correntes de reciclo são compostas de parte dos componentes da carga que não reagiram (aumento do rendimento do processo).

Reator: ocorre a reação exotérmica: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ na presença de um catalisador.

Trocador de calor: os gases efluentes do reator (amônia, gases não reagidos e inertes) são resfriados para a liquefação da amônia.

Separador de alta pressão: separar por diferença de densidades a amônia liquêfeita dos demais efluentes.

Separador de baixa pressão: remoção dos gases dissolvidos na fase líquida (amônia) gerando amônia pura.

Divisor: separar parte dos gases inertes (purga) a fim de evitar altas conc. de inertes no reator.

Concluindo...

Outra forma de representar um processo é através do diagrama de fluxos ou diagrama de blocos como se segue:

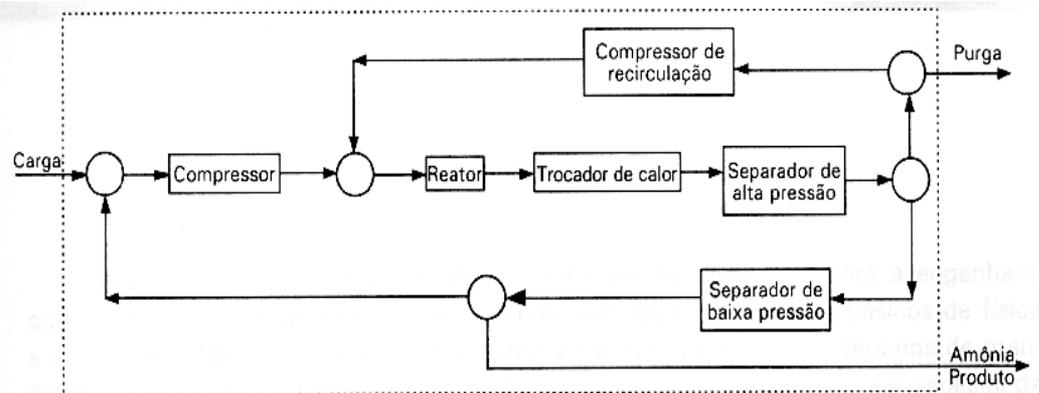
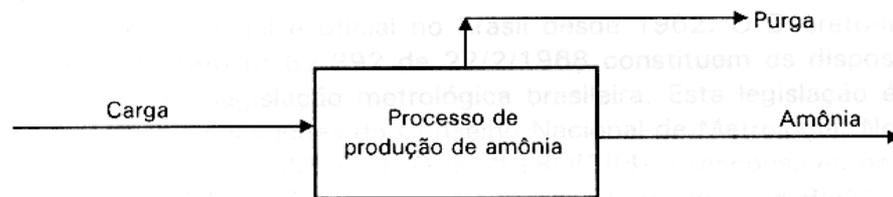


Diagrama de blocos do processo de produção de amônia

Quando não é desejado indicar os processos unitários envolvidos uma planta de produção pode ser representada conforme abaixo:



Caixa-preta do processo de produção de amônia