

PHA3525– Uso Racional e Reúso de Água

**Aula 8 – Geração de Efluentes na
Indústria e Técnicas de
Tratamento.**

Geração de Efluentes

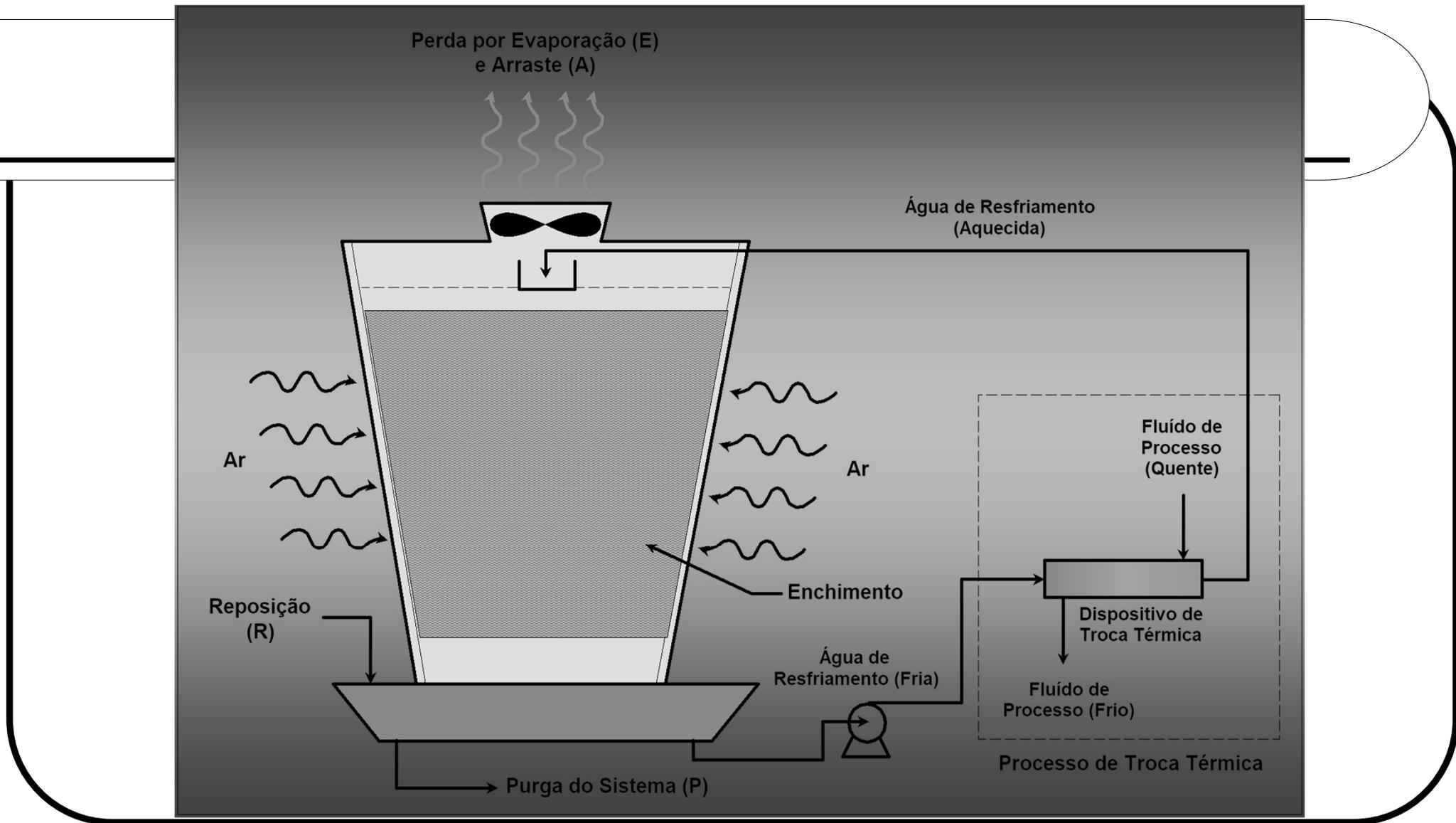
- Qualquer atividade que envolva a utilização de água tem potencial de geração de efluentes:
 - Processos de tratamento de água;
 - Processos industriais diversos e atividades auxiliares.
- Estes efluentes devem ser gerenciados de forma a não causarem problemas ao meio ambiente.

Efluentes Gerados nos Processos de Tratamento de Água

- Todo processo de tratamento de água gera efluentes:
 - Operações de contralavagem de filtros;
 - Regeneração dos leitos de resina de troca iônica;
 - Concentrados dos processos de separação por membranas;
 - Limpeza química das membranas e demais componentes dos sistemas de tratamento;
 - Atividades de manutenção em geral, onde ocorrem operações de lavagem.

Geração de Efluentes em Sistemas de Refrigeração Semiabertos

- O principal efluente do sistema de refrigeração refere-se à purga do sistema;
- Esta purga visa manter sob controle a composição da água de resfriamento;
- A purga é necessária devido à evaporação de uma parcela de água que circula no sistema.



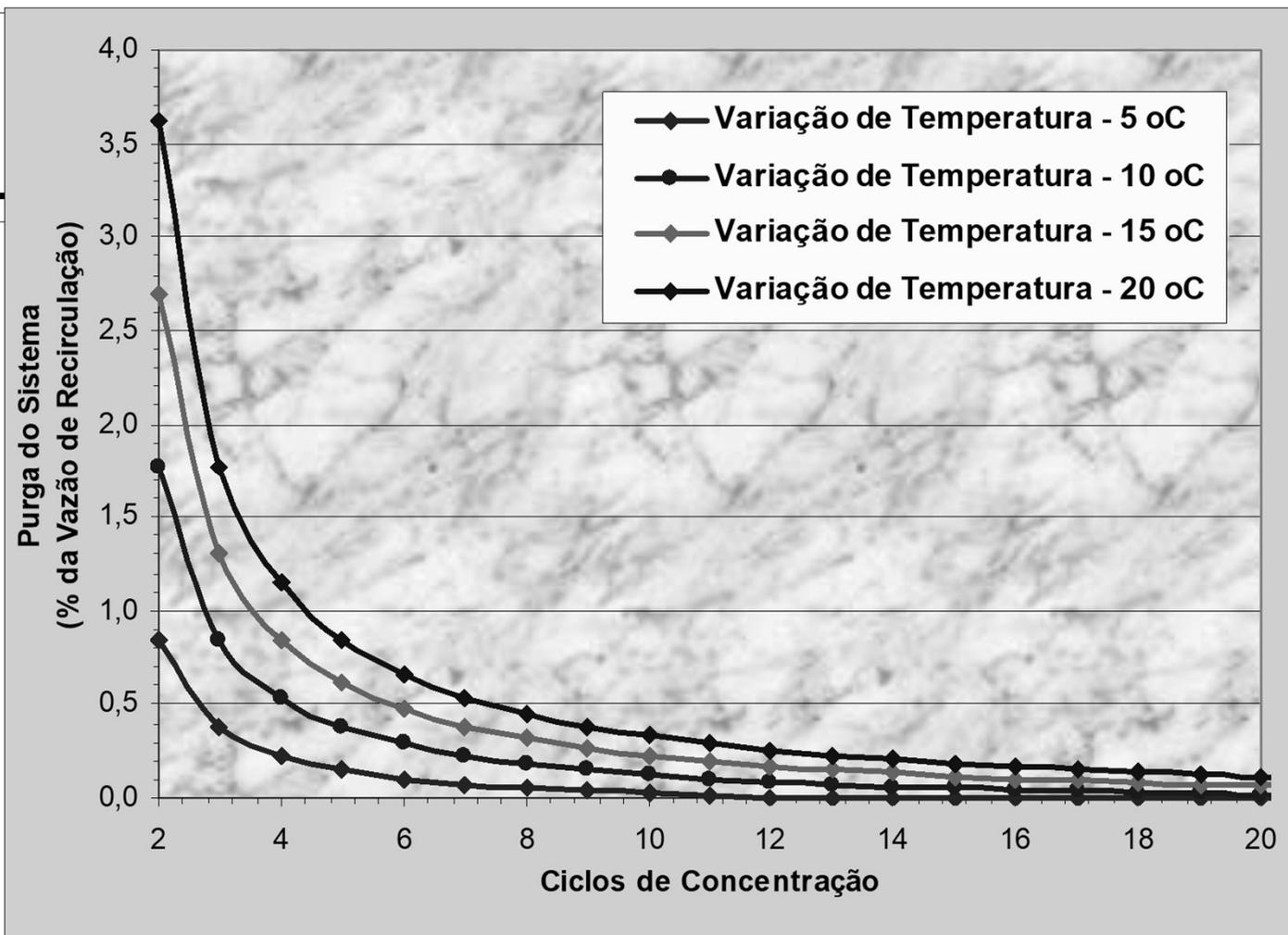
Representação de um Sistema de Resfriamento Semi-aberto

Relações Importantes no Sistema de Resfriamento

$$P + A = \frac{E}{N - 1}$$

$$N = \frac{0,173 * \Delta t}{P + 0,08} + 1$$

- P = purga do sistema, em % da vazão de circulação
- A = Arraste, em % da vazão de circulação
- E = Evaporação, em % da vazão de circulação
- N = Ciclos de concentração.



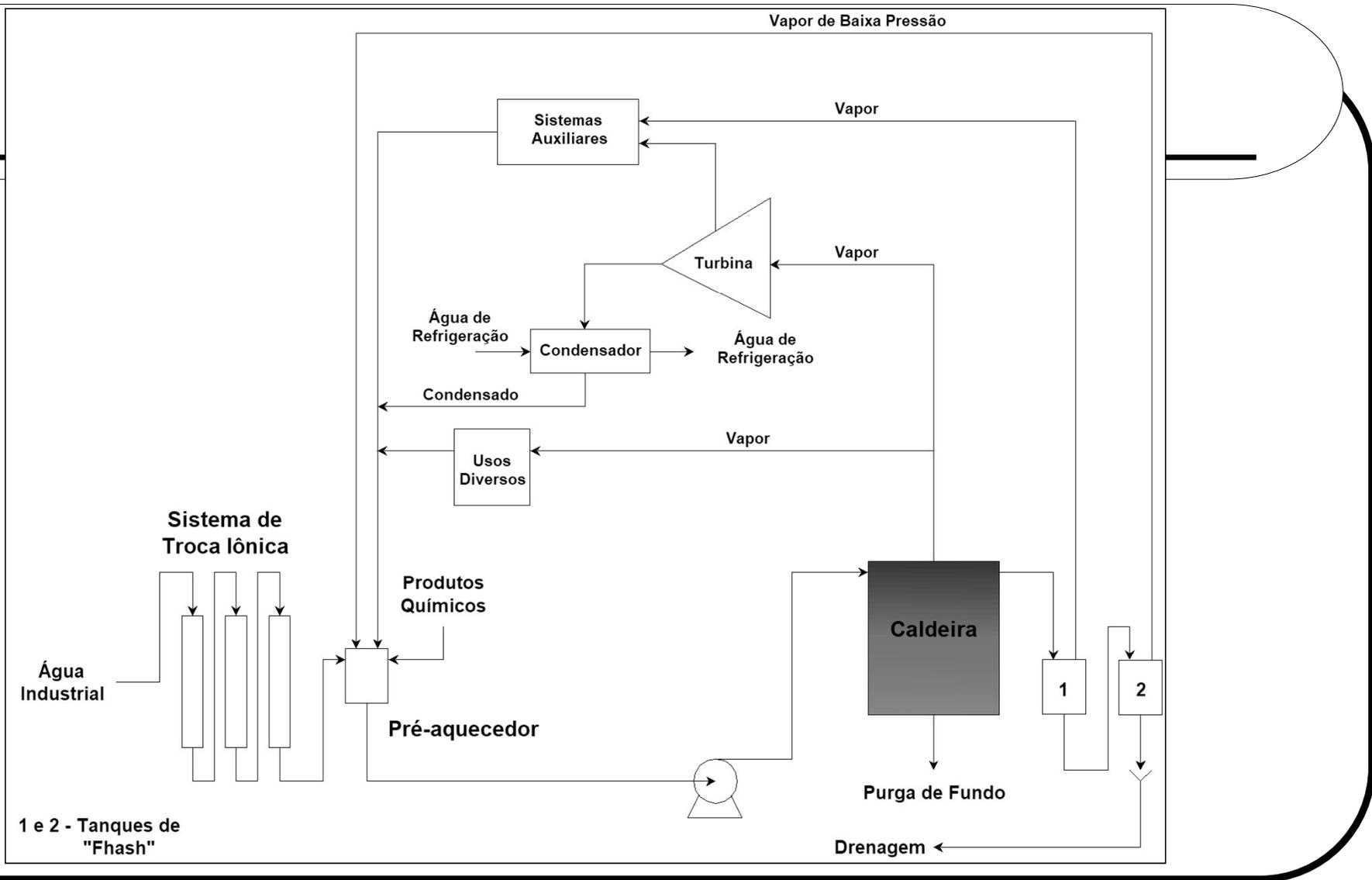
Variação da purga do sistema de resfriamento em função dos ciclos de concentração

Geração de Efluentes em Sistemas de Refrigeração Semiabertos

- Principais contaminantes dos efluentes gerados nos sistemas de resfriamento:
 - Compostos inicialmente presentes na água de reposição, cuja concentração é proporcional ao ciclo de concentrações;
 - Produtos químicos utilizados para o controle de qualidade da água.

Efluentes Gerados em Sistemas de Produção de Vapor

- No caso do sistema de geração de vapor, os efluentes gerados referem-se:
 - Drenagem das linhas de vapor;
 - Purga para manter a concentração de sais no interior da caldeira;
 - Efluentes originados na limpeza química do sistema.



Representação esquemática de um sistema para produção de vapor

Efluentes Gerados nas Demais Atividades Industriais

- Todas atividades nas quais a água é utilizada geram efluentes;
- A vazão e composição desses efluentes depende:
 - Ramo de atividade da indústria;
 - Capacidade de produção;
 - Tecnologias utilizadas;
 - Capacitação dos profissionais.
- A obtenção desses dados deve ser feito por meio de avaliações de campo.

Neutralização

- Ajuste do pH do efluente para um valor aceitável 5 a 9;
- Tem por objetivo reduzir a reatividade e corrosividade do efluente;
- Utiliza-se um ácido ou um álcali;
- É uma operação intermediária ou complementar ao tratamento;

Filtração

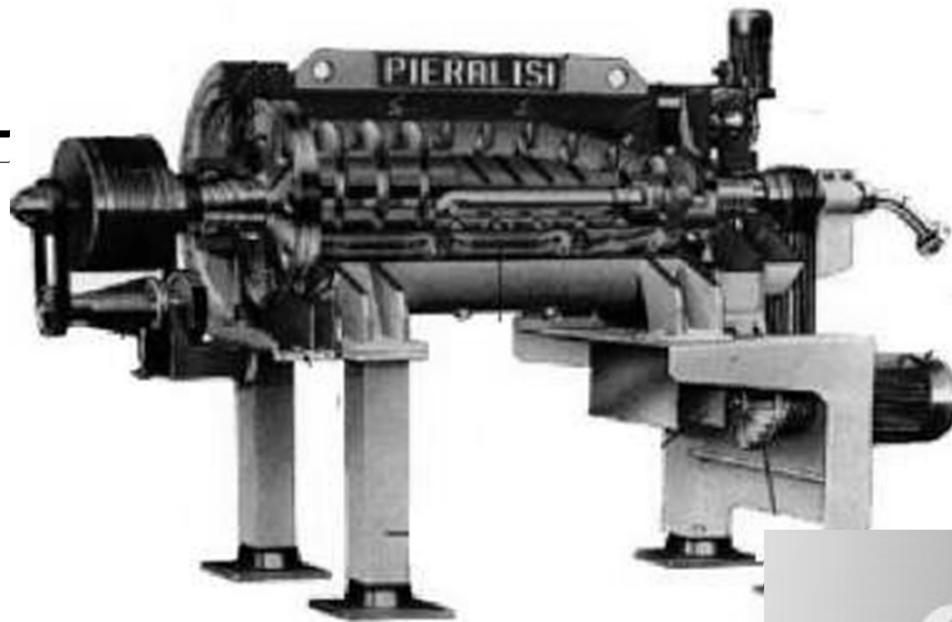
- É utilizado para separação de substâncias insolúveis presentes em uma corrente líquida;
 - Os sistemas de filtração disponíveis são:
 - Filtros cartucho → Baixa concentração de sólidos (<0,01%) e baixa vazão;
 - Filtros com meio granular → Baixa concentração de sólidos e vazão elevada;
 - Filtros à vácuo
 - Filtros prensa
 - Prensas desaguadoras
- } Concentração de sólidos elevada (> 0,5%)



Filtro Prensa

Centrifugação

- Utilizado para a separação dos componentes de uma mistura;
- Além da separação de sólidos também é possível separar líquidos de diferentes densidades;
- A separação resulta da força centrífuga criada pela rotação em alta velocidade;
- O material com maior densidade migra para a periferia do dispositivo;
- A concentração de sólidos deve ser superior a 0,5%.



**Representação de um
Separador Centrífugo
Contínuo**



Precipitação Química

- Conversão de substância dissolvidas em insolúveis, por meio da alteração do equilíbrio químico;
 - Reação química entre substâncias em solução, formando um composto insolúvel.
 - Alterar o equilíbrio de solubilidade de forma a não mais favorecer a permanência dessa substância em solução;
 - Adição de compostos que irão reagir entre si formando um precipitado, o qual irá arrastar ou adsorver a substância a ser removida (co-precipitação).
 - Alteração da temperatura de uma solução saturada, ou próxima à saturação, no sentido de diminuir a solubilidade da substância presente.

Processos usuais de precipitação química

Composto Químico Utilizado	Compostos Removidos	pH	Vantagens	Desvantagens
Hidróxido de Cálcio (Cal)	As; Cd; Cr(III); Cu; Fe; Mn; Ni; Pb e Zn. Eficiência de Remoção: - > 99,0 % para Cr; Cu; Pb e Fe; - 98,6 % para o Zn; e - 97,0 % para o Ni	9,4	- Comumente utilizado - Efetivo - Econômico - O lodo é desidratado facilmente.	- Gera um grande volume de lodo. - Interferência com agentes complexantes quando da estabilização da lama de hidróxidos. - Dosagem excessiva pode reduzir a qualidade de efluentes - A lama gerada não é adequada para a recuperação do metal.
Hidróxido de Sódio (Soda Caustica)	As; Cd; Cr(III); Cu; Fe; Mn; Ni; Pb; Zn e Ag. Eficiência de remoção: - > 99 % para o Cd; Cr; Pb; Ni; e Zn; - 98 % para o Cu; - 76% para a Ag	9 a 11	- Gera um menor volume de lodo - Apresenta uma excelente eficiência de neutralização. - O lodo é adequado para a recuperação de metais.	- Mais caro que o óxido de cálcio. - Necessita de equipamentos de grande porte para a separação dos sólidos, em função do material precipitado ser muito fino.

Processos usuais de precipitação química

Composto Químico Utilizado	Compostos Removidos	pH	Vantagens	Desvantagens
Óxido ou Hidróxido de Magnésio	As; Cd; Cr(III); Cu; Fe; Mn; Ni; Pb e Zn.	8 a 9	<ul style="list-style-type: none"> - Efetivo para o tratamento de efluentes com baixa concentração de metais ($\leq 50\text{mg/l}$). - Pequeno volume de lodo; - Fácil desidratação do lodo. - Mais eficiente quando realizado em bateladas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reagente de custo bastante elevado. - Deve-se utilizar uma quantidade de três a quatro vezes superior à estequiométrica, para elevar o pH para valores entre 8 e 9.
Sulfetos solúveis. (Sulfeto de Sódio)	As; Cd; Cr(III); Fe; Mn; Pb; e Zn. Eficiência de remoção: <ul style="list-style-type: none"> - 82% para o Pb; - 88% para o Cr; - 93% para o Zn; - 95% para o Cd; - 98% para o Cu e Ni; 	9	<ul style="list-style-type: none"> - A solubilidade dos sulfetos metálicos é menor que a dos hidróxidos. - Os cromados não requerem a etapa de redução: - Não é afetado pela maioria dos agentes quelantes. - Lodo adequado para a recuperação dos metais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pode ocorrer a geração de gás sulfídrico em condições ácidas. - O efluente tratado pode apresentar excesso de sulfeto após o tratamento. - A formação rápida de precipitado pode dificultar a precipitação.

Oxidação ou Redução Química

- Envolve a alteração do estado de oxidação de dois elementos químicos;



- Na reação, o estado de oxidação do cianeto é elevado de **-1** para **+1**, enquanto o do permanganato diminui de **-1** para **-2**;
- Têm por objetivo diminuir a toxicidade de uma determinada corrente líquida;
- Podem ser utilizados para compostos orgânicos, metais e alguns compostos inorgânicos.

Principais agentes oxidantes utilizados para o tratamento de efluentes

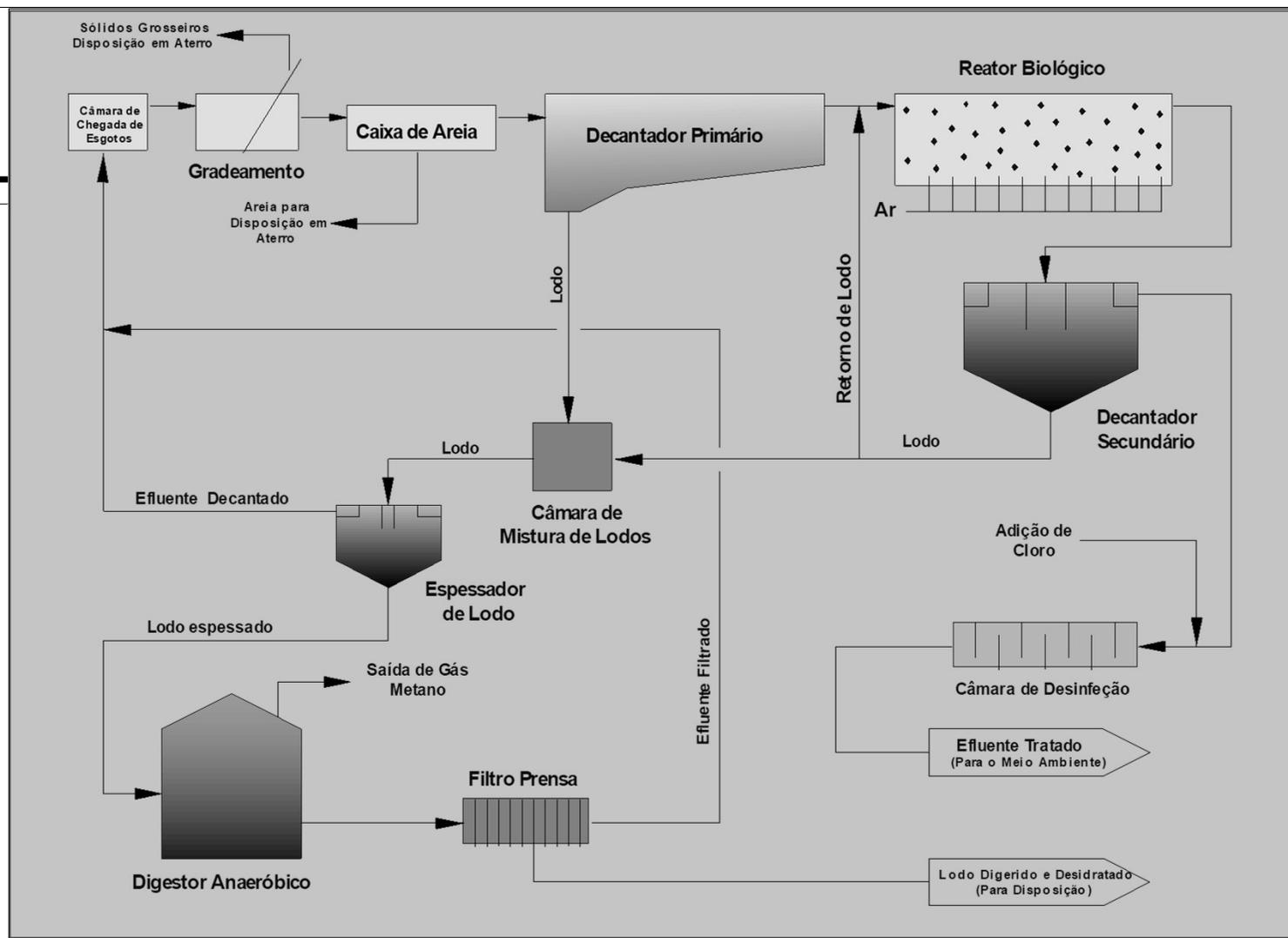
Oxidante	Reação Parcial	Potencial de Oxidação Eo (Volts).
Flúor	$F_2 + 2 H^+ + 2 e^- \Rightarrow 2 HF (aq)$	3,060
Ozônio	$O_3 + 2 H^+ + 2 e^- \Rightarrow O_2 + H_2O$	2,070
Peróxido de Hidrogênio	$H_2O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \Rightarrow 2 H_2O$	1,770
Permanganato	$MnO_4^- + 4 H^+ + 2 e^- \Rightarrow MnO_2 + 2 H_2O$	1,695
Cloro	$Cl_2 + 2 e^- \Rightarrow 2 Cl^-$	1,359
Dicromato	$Cr_2O_7^{2-} + 14 H^+ + 6 e^- \Rightarrow 2 Cr^{3+} + 7 H_2O$	1,330

Aplicação dos agentes de oxidação para o tratamento de efluentes

Oxidante	Contaminante
Ozônio	Sulfeto; Odores; Cianetos; Compostos orgânicos.
Ar	Sulfitos Sulfetos Íons ferrosos (muito lentamente)
Cloro gás	Sulfeto; Mercaptanas.
Cloro gás em meio alcalino	Cianeto (CN).
Dióxido de cloro	Cianeto; Pesticidas {Diquat e Paraquat.}
Hipoclorito de sódio	Cianeto Chumbo
Hipoclorito de cálcio	Cianeto

Aplicação dos agentes de oxidação para o tratamento de efluentes

Oxidante	Contaminantes
Permanganato de potássio Permanganato	Cianeto; Odores; Chumbo; Fenol; Pesticidas {Diquat/Paraquat;} Compostos orgânicos contendo enxofre; Formaldeído; Manganês.
Peróxido de Hidrogênio	Fenol; Cianeto; Compostos contendo enxofre; Chumbo



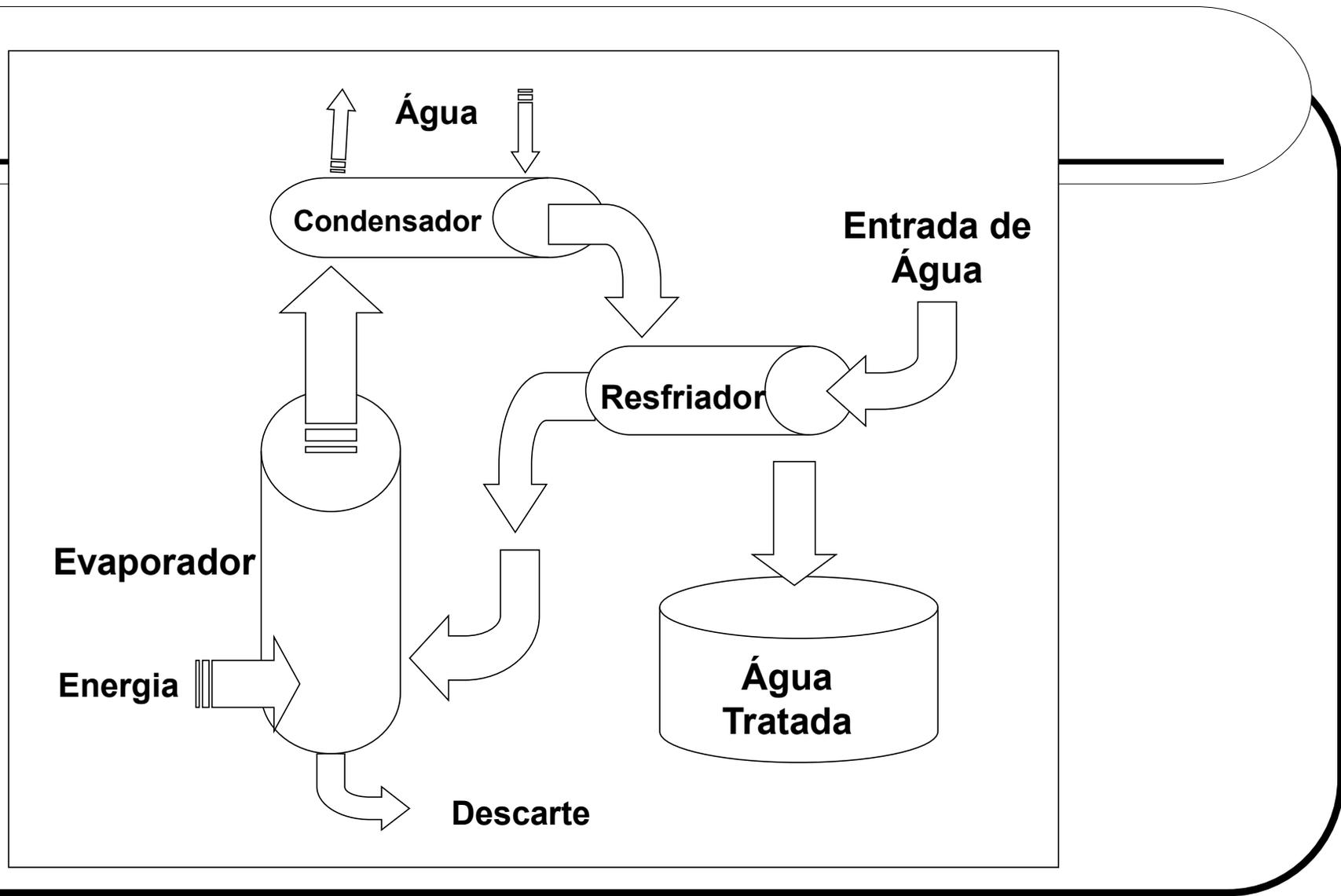
Representação esquemática do processo de tratamento de esgotos por lodos ativados

Adsorção em Carvão Ativado

- Qualquer forma de carvão amorfo que tenha sido tratado para apresentar alta capacidade de adsorção;
- É um processo físico-químico, através do qual o composto que se deseja remover é mantido na superfície do carvão;
- Geralmente é utilizado para a remoção de compostos orgânicos;
- Após a saturação do carvão, este deve ser regenerado ou substituído.

Processo de Separação Térmica

- Consiste na separação dos contaminantes da água por meio da utilização de energia térmica;
- Evaporação → Conversão da fase líquida, geralmente água em vapor para separação dos contaminantes solúveis ou em suspensão;
 - O fator de descontaminação pode variar de 10^4 a 10^6 ;
 - Alguns dispositivos são capazes de promover a cristalização dos sais presentes;
- Destilação → Separação de líquidos com diferentes pontos de ebulição;



Representação Esquemática do Processo de Evaporação

- Vídeo de evaporador de filme fino;
 - <https://www.youtube.com/watch?v=jRieOgIKdMQ>
- Vídeo de evaporador de filme fino descendente:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=aQsK9VK6L5k>