

TRATAMENTO QUÍMICO EM SISTEMAS DE GERAÇÃO DE VAPOR

TEMAS ABORDADOS



- Balanço de Massa
- Balanço Térmico
- Tratamento Químico
 - ✓ Conceitos Principais
 - ✓ Tipos de Tratamento
 - ✓ Parâmetros de Controle e Monitoramentos
 - ✓ Quantificação de Benefícios

OBJETIVOS DA CALDEIRA

A caldeira é um equipamento para produção de vapor sob pressão, a partir da água, por aplicação de calor à elevadas temperaturas.

O combustível (principalmente óleo combustível e gás natural) é queimado e o calor libertado pela combustão é transferido para gerar vapor.

O vapor, então gerado, é utilizado no trabalho mecânico de uma máquina a vapor, numa reação química (como fonte de calor), na geração de eletricidade através de turbina, etc.

O controle adequado da água é imprescindível para a operação com segurança de uma caldeira

BALANÇO DE MASSA



$$\checkmark Q_A = P + B$$

$$\checkmark Q_A = Q_R + Q_c$$

$$\checkmark N = \frac{[Cl^-]_{B_W}}{[Cl^-]_A}$$

Onde: Q_A : Vazão de alimentação de água (m³/h)

P: Produção nominal de vapor (ton/h)

B: Blow-Down (descarga) (m³/h)- de fundo ou de nível

Q_R : Vazão de Reposição de água (m³/h)

Q_c : Vazão de retorno de condensado (m³/h)

$[Cl]_{B_W}$: Concentração de cloreto na água da caldeira (ppm)

$[Cl]_A$: Concentração de cloreto na água de alimentação (ppm)

N: Ciclo de Concentração da caldeira

Obs.: Descarga de fundo: geralmente descontínua

Descarga de nível : geralmente contínua

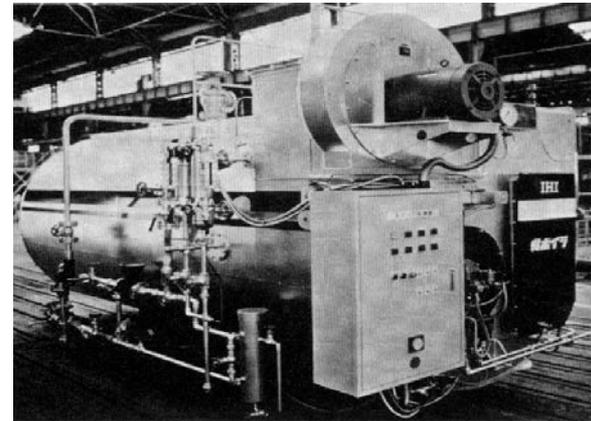
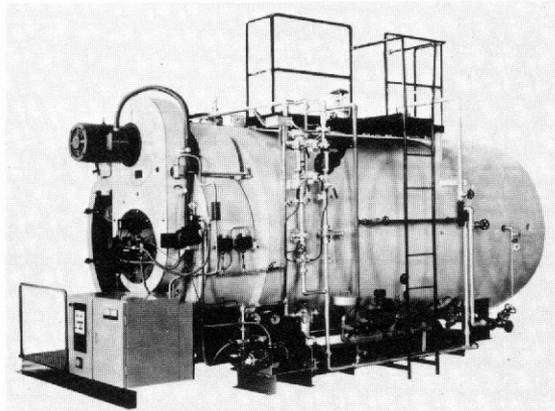
O estabelecimento do ciclo de concentração ótimo é função da qualidade da água de alimentação, do nível de pressão de operação da caldeira e do regime de operação da mesma

TIPOS DE CALDEIRA

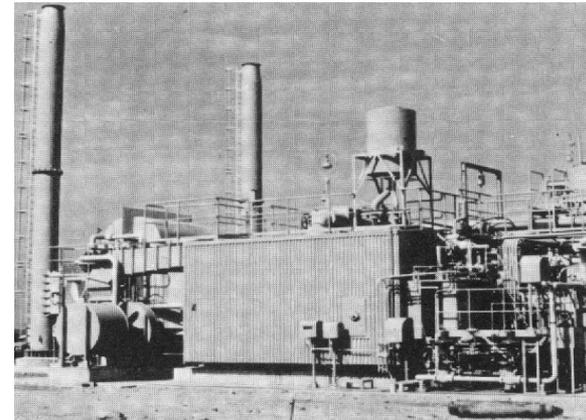
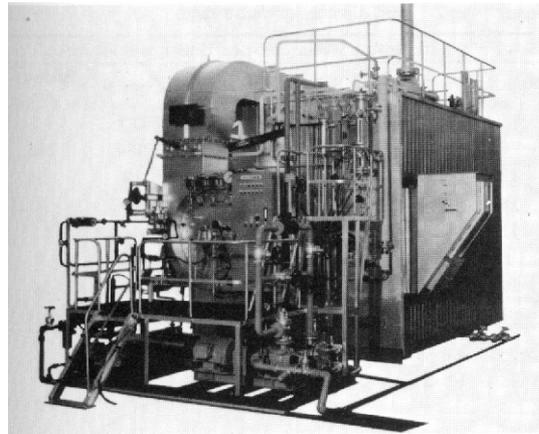
- Fogotubular
- Aquatubular
- Elétrica
- Recuperação de Calor
- Única Passagem

TIPOS DE CALDEIRA

Fogotubular caldeiras de baixa pressão ($< 20 \text{ kgf/cm}^2$) – Tubos: Fogo



Aquatubular caldeiras de baixa ($< 20 \text{ kgf/cm}^2$) Média ($20 \sim 75 \text{ kgf/cm}^2$) e alta pressão ($> 75 \text{ kgf/cm}^2$) – Tubos: Água



QUAIS OS PRINCIPAIS OBJETIVOS DO TRATAMENTO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE VAPOR ?

- **Promover a integridade e a seguridade operacional da caldeira e dos processos envolvidos.**
- **Viabilizar a maximização da vida útil do sistema, através do adequado controle de corrosão.**
- **Reduzir o custo com óleo combustível, mediante a redução da espessura de incrustação.**
- **Redução dos custos de produção e manutenção.**

COMO PRATICALIZAR A OPERAÇÃO SEGURA E EFICAZ DE UMA CALDEIRA ?

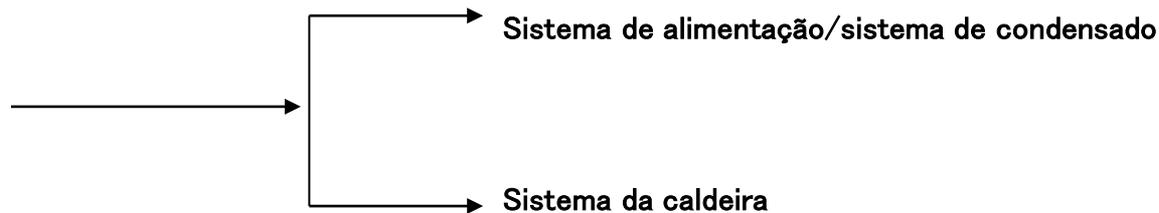
- **Remoção das impurezas da água de alimentação que originam a corrosão e incrustação, por meios químico e equipamentos específicos.**
- **Controlar e especificar o tipo de água de alimentação, conforme a pressão de operação da caldeira.**
- **Conhecimento profundo das condições operacionais do sistema de caldeira e do utilização de vapor.**
- **Aplicar a Tecnologia adequada e Serviços de Assistência Técnica com filosofia preventiva.**
- **Controlar rigorosamente a qualidade da água da caldeira e o ciclo de concentração, de acordo com o nível de pressão da mesma e o tipo de água de alimentação utilizada.**
- **Controlar o processo de corrosão das linhas de retorno de condensado.**

TRATAMENTO DE ÁGUA DE CALDEIRAS

TRATAMENTO	OBJETIVOS
Primário	<ul style="list-style-type: none">✓ Remover as impurezas da água bruta para condicionar a água de alimentação da caldeira.✓ O tratamento é realizado basicamente por meios mecânicos (decantador, filtro, aerador, abrandador, desmineralizador, osmose reversa, polidor de condensado, desaerador, etc).
Secundário (Interno)	<ul style="list-style-type: none">✓ Remover e controlar as impurezas da água mediante a aplicação de produtos químicos na caldeira e retorno de condensado.✓ Principais produtos: Sequestrantes de oxigênio, agentes controladores de pH, eliminadores de dureza, dispersantes, etc.✓ Especificar a qualidade da água da caldeira, condensado e ciclo de concentração.
Terciário	<ul style="list-style-type: none">✓ Limpeza regular da caldeira.✓ Hibernação da caldeira.

NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CALDEIRA

- ✓ A água de alimentação de uma caldeira contém substâncias que acarretam incrustação, como cálcio, magnésio e sílica, bem como materiais que induzem corrosão, como oxigênio dissolvido e dióxido de carbono. Portanto, é necessário um tratamento apropriado da água para proteger os tubos/balões das caldeiras destas substâncias.
- ✓ Geralmente, os métodos de tratamento são classificados em 02 sistemas:



SISTEMAS	OBJETIVOS
Água de Alimentação/Condensado	✓ Enviar água a mais pura possível para o sistema da caldeira. Em outras palavras, tem a finalidade de remover o fator causador de corrosão (oxigênio dissolvido) por desaeração e elevar o pH no sistema com amina volátil, a fim de diminuir a corrosão pelo oxigênio dissolvido e dióxido de carbono no condensado.
Água da Caldeira	✓ Remover dureza e sólidos em suspensão com o uso de dispersantes e posterior eliminação de resíduos pela purga

NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CALDEIRA

- A tabela 01 apresenta as substâncias contínuas na água bruta, os respectivos problemas e a metodologia de tratamento utilizada.

- A tabela 02 apresenta os problemas originados pela água e as respectivas conseqüências. Os problemas podem ser resumidos em:
 - Problemas de Incrustação
 - Problemas de Corrosão
 - Problemas de Arraste

NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CALDEIRA

“TABELA 01”

IMPUREZAS	PROBLEMAS	MÉTODO DE TRATAMENTO
Dureza-Cálcio	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Depósitos no interior dos balões ou nas superfícies de troca térmica. ✓ Pode causar expansão e rompimento dos tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Água abrandada. ✓ Aplicar produtos químicos na caldeira. ✓ Controlar qualidade da água da caldeira.
Sílica (SiO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Depósitos no interior dos balões ou nas superfícies de troca térmica. ✓ Pode causar expansão e rompimento dos tubos de evaporação. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desmineralização. ✓ Aplicar produtos químicos na caldeira. ✓ Controle da qualidade da água de caldeira.
Alcalinidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Decomposição pela ação do calor na caldeira tornando a água excessivamente alcalina. ✓ O CO₂ gerado pela decomposição térmica provoca o abaixamento do pH na linha do condensado com corrosão progressiva. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aplicar produtos químicos na caldeira. ✓ Controle da qualidade da água da caldeira. ✓ Uso de amina volátil. ✓ Abrandamento por um tratamento de alcalinização.
Ferro	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Perda da eficiência de troca dos íons pela resina. ✓ Corrosão secundária na caldeira. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Oxidação e filtração. ✓ Coagulação e sedimentação. ✓ Desmineralização. ✓ Uso de inibidor de corrosão.

NECESSIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CALDEIRA

Sólidos Totais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Causa problemas de arraste ✓ Contaminação das resinas. ✓ Causa entupimento nas tubulações e precipitação na caldeira. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Controle de qualidade da água da caldeira. ✓ Filtração. ✓ Desmineralização ✓ Coagulação.
Óleos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Causa espuma na água da caldeira com problemas de arraste. ✓ Incrustação na área de troca térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Filtração com carvão ativado. ✓ Tratamento de separação por flotação.
Gases Dissolvidos (O ₂ e CO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Corrosão do sistema de alimentação, da caldeira e do condensado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desaeração. ✓ Uso de eliminador de oxigênio ✓ Uso de Amina Volátil

QUAIS OS PRINCIPAIS PROBLEMAS ADVINDOS DA APLICAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA INADEQUADO ?

“TABELA 02”

PROBLEMAS	CONSEQUÊNCIA	CAUSAS
Incrustação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incrustação por dureza da água ou sílica (são os principais componentes que aderem no interior dos tubos e na área de troca térmica). ✓ Causa expansão e explosão dos tubos de evaporação. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mau funcionamento ou dificuldade no controle da qualidade da água de alimentação. ✓ Pouco e ineficiente controle da água da caldeira. ✓ Método de adição de produto químico incorreto. ✓ Tecnologia inadequada.
Corrosão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gases dissolvidos corroem a linha de alimentação, de condensado e área de troca térmica. ✓ Corrosão por óxidos metálicos que aderem à área de troca térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tratamento incompleto na remoção de oxigênio ou neutralização com amina (condensado). ✓ Reutilização do dreno que contém muitos componentes causadores de corrosão. ✓ Caldeira parada.
Arraste	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Deterioração da pureza do vapor. ✓ Diminuição da eficiência da caldeira. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abrupto aumento da carga ✓ Reduzido controle da qualidade de água da caldeira. ✓ Deficiência no separador de arraste.



Magnetita (protetor)

✓ **Corrosão originada pelo O₂ dissolvido na água de alimentação**

✓ Quebra do filme de magnetita

✓ Formação de célula local
 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ (anodo)

✓ $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$

✓ $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow[\text{pH Alto}]{\text{S/O}_2} \text{Fe}_3\text{O}_4$

✓ $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{C/O}_2} \text{Formação de tubérculos}$

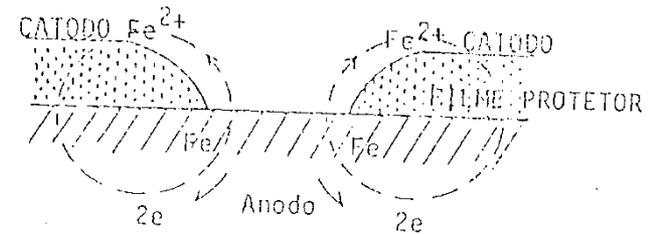


Fig. 04 - Aparecimento de célula local devido à quebra do filme protetor.

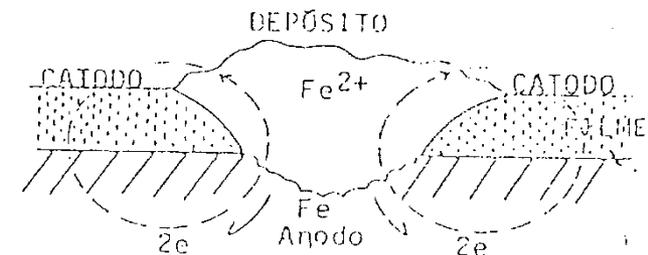
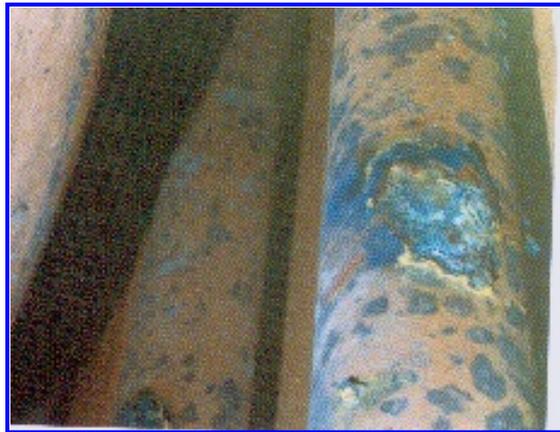


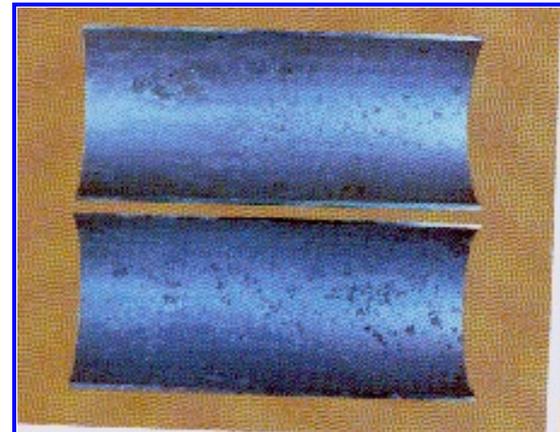
Fig. 05 - Formação de concentração diferencial de oxigênio.

CONTROLE DE CORROSÃO

- ✓ Problemas de Corrosão: - Água de alimentação
 - Caldeira
 - Sistema de Condensado



Caldeira Cilíndrica



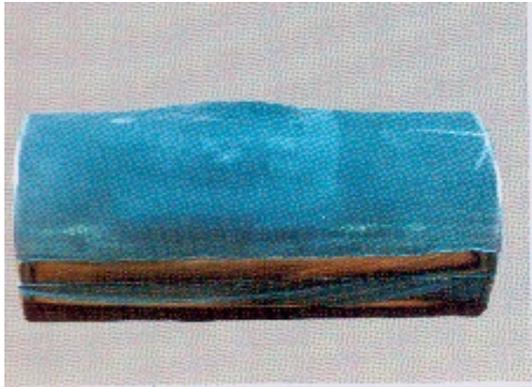
Caldeira Aquatubular



Linha de Condensado

✓ Corrosão causada pela entrada de produtos de corrosão

Se produtos de corrosão, tais como óxidos de cobre, se formarem nas linhas de alimentação ou condensado, estes serão arrastados para dentro da caldeira, depositar-se-ão no fundo dos balões e também nas curvas dos tubos e ainda, se houver oxigênio dissolvido, haverá uma célula de aeração diferencial e conseqüente processo corrosivo.

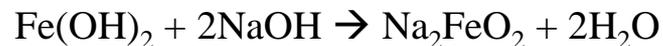


Exemplos de acidente originado por superaquecimento

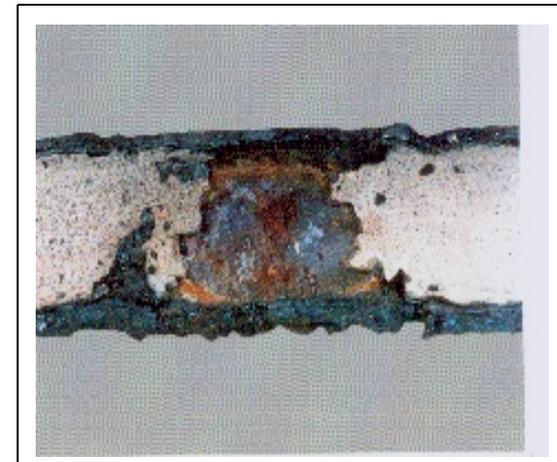
✓ Corrosão Alcalina

Se existir um superaquecimento localizado, a água da caldeira vai concentrar-se extremamente e a alcalinidade irá aumentar.

Com a elevação do pH, o hidróxido de ferro formará o ferrito de sódio que tem alta solubilidade na água.



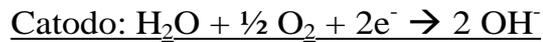
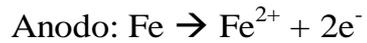
Portanto, pode-se concluir que para controlar a corrosão na caldeira deve-se controlar o pH, eliminar o oxigênio dissolvido da água de alimentação, evitar a presença de óxidos metálicos e controlar o teor de sólidos dissolvidos.



CONTROLE DE CORROSÃO

✓ Sistema de Água de Alimentação

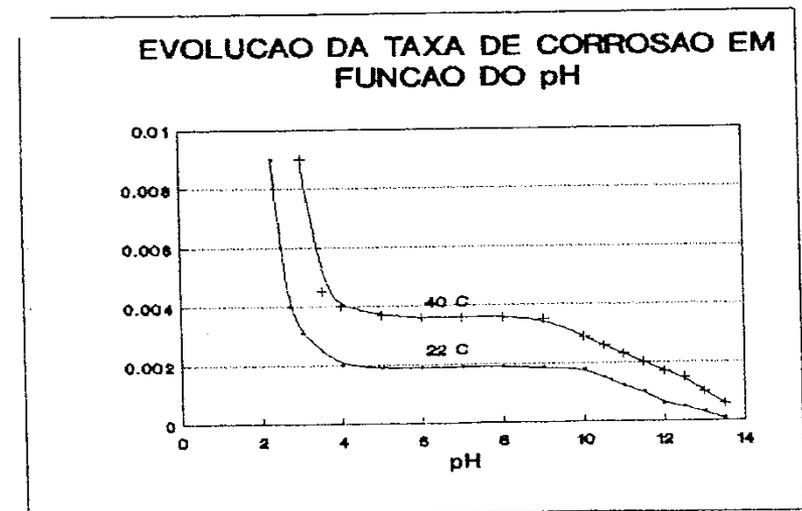
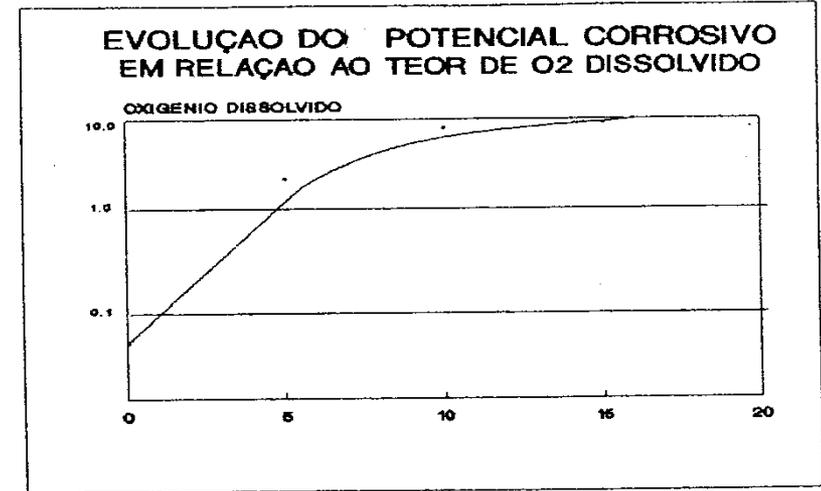
- Reação Eletroquímica – Mecanismo (Meio Neutro)



Fatores que promovem o deslocamento do equilíbrio da reação

Oxigênio dissolvido

Redução do pH



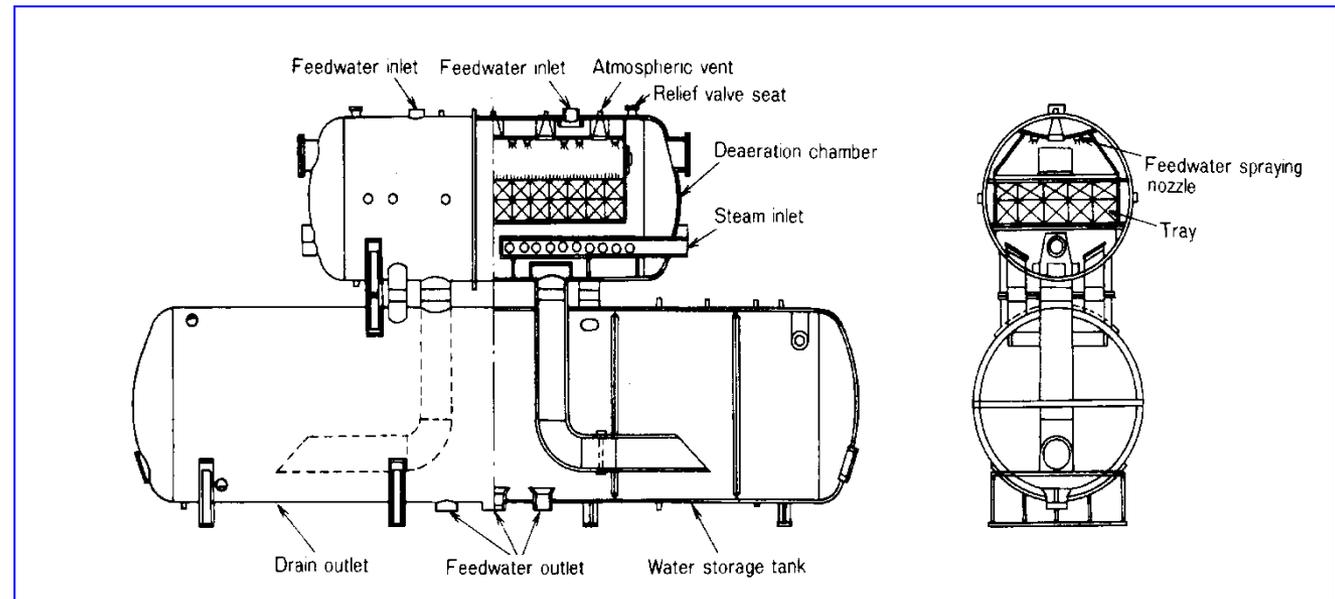
SOLUÇÕES

- ✓ Redução do pH Dosagem de NaOH ou Na₂CO₃
- ✓ Remoção de oxigênio dissolvido

Produto Químico

- ✓ Hidrazina
- ✓ Sulfito de sódio
- ✓ DEHA
- ✓ Hidroquinona
- ✓ Outros

Desaerador mecânico



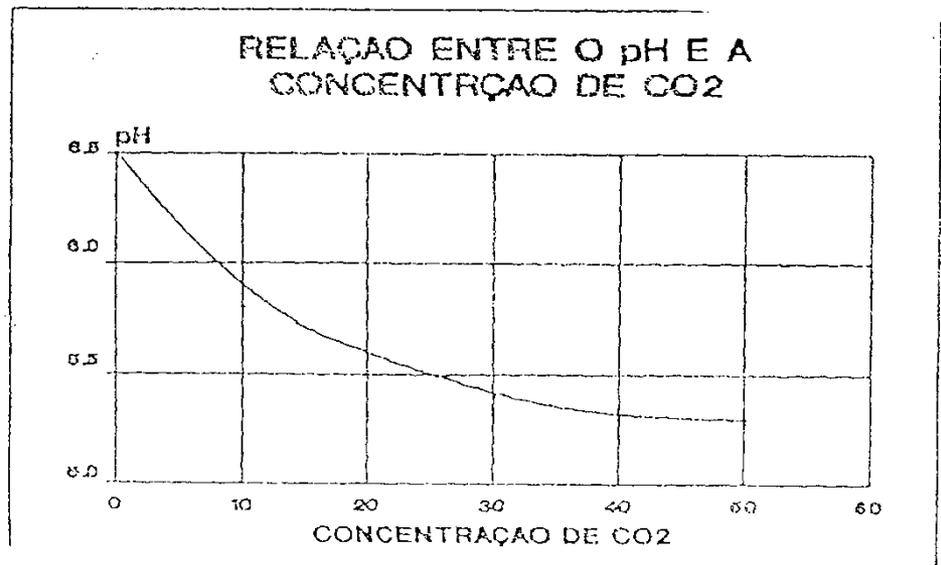
AGENTES SEQUESTRANTES DE OXIGÊNIO

- ✓ A escolha do agente sequestrante deve ser efetuada com base na Pressão da Caldeira e na análise técnica e econômica do tratamento

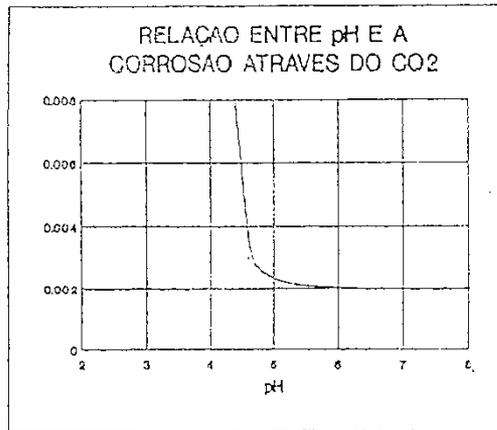
AGENTE SEQUESTRANTE (MECANISMOS)	APLICAÇÃO	DOSAGEM	DESVANTAGENS	LIMITAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sulfito de sódio (Na_2SO_3) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caldeiras com pressão máxima de 65 kgf/cm² ✓ Recomendada a aplicação de agente estabilizador para evitar-se decréscimo da concentração de sulfito na solução do produto. 	8 g para 1 ppm O ₂ dissolvido	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limitação de temperatura. ✓ Geração de sólidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Decomposição para SO_2^- e S^{2-} em temperatura superior a 285°C.
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidrazina $\text{N}_2\text{H}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{N}_2\text{H}_4 + 6 \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \underline{4 \text{Fe}_3\text{O}_4} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$  Magnetita = película protetora $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{Fe}_2\text{O}_3$ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caldeiras de baixa, média e alta pressão. 	1 ppm N ₂ H ₄ para 1 ppm O ₂ (Recomenda-se a dosagem em excesso de N ₂ H ₄).	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilização em hospitais, indústrias farmacêuticas, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Decomposição para NH₃ em temperatura superior a 220°C. ✓ Na presença de liga de cobre a dosagem em excesso deve ser evitada.

CORROSÃO NA LINHA DE CONDENSADO

- ✓ A ação tampão do pH do condensado é reduzida porque as substâncias dissolvidas são diminutas. O valor do pH se tornará rapidamente menor se o dióxido de carbono (CO_2) estiver presente, causando assim corrosão progressiva no sistema.



Relação entre o pH e a Corrosão Através do CO₂



Soluções

Aplicação de produto para neutralizar o CO₂ gerado pela decomposição térmica da alcalinidade.

Controlar adequadamente o pH do condensado;
A faixa de controle do pH é função da qualidade da água de alimentação e da metalurgia do sistema.



CARACTERÍSTICAS DAS PRINCIPAIS AMINAS VOLÁTEIS

AMINAS VOLÁTEIS	RAZÃO DE DISTRIBUIÇÃO	mg/l REQUERIDA PARA NEUTRALIZAR 1 mg/l CO ₂
Amônia	7 – 10	0,4
Ciclohexilamina	2 – 4	2,3
Alkanol	2 – 3	2,7
Morfolina	0,4 – 0,6	2,0

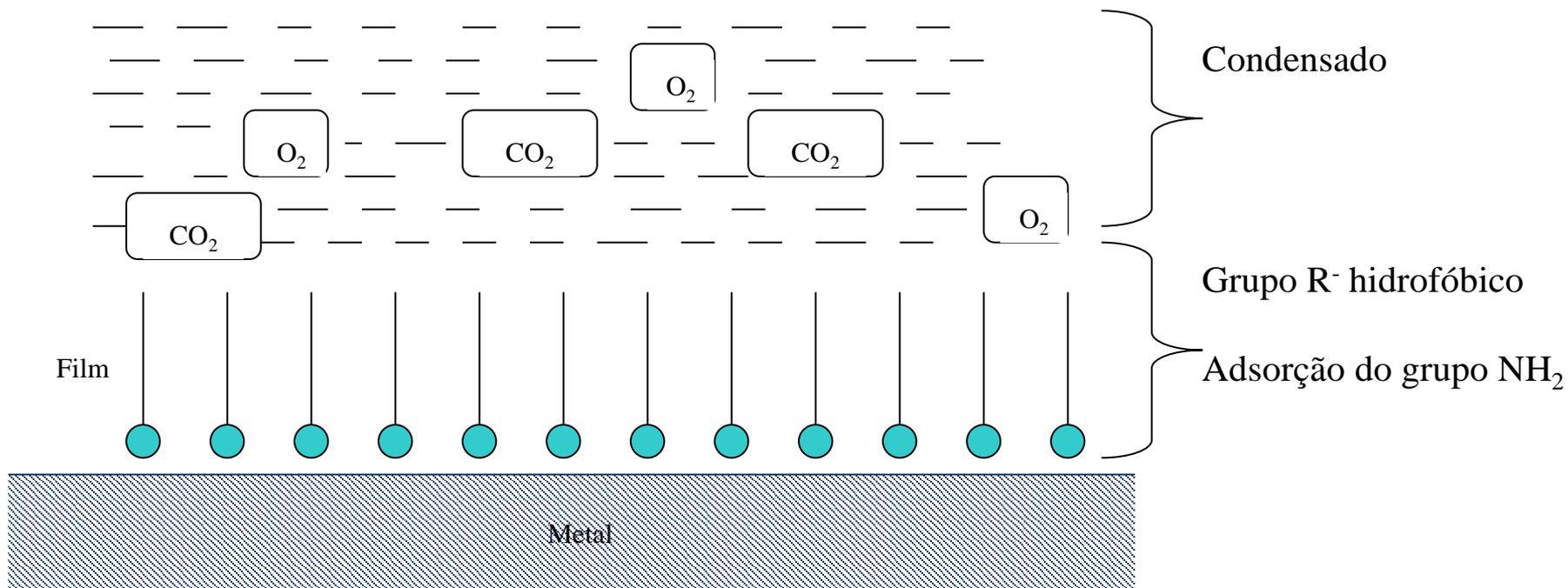


Razão de distribuição:

$$\frac{\text{concentração no vapor}}{\text{concentração no condensado (zona de condensação)}}$$

A escolha da amina é função da razão de distribuição necessária, metalurgia do sistema e da extensão da linha de condensado

MECANISMO DE ADSORÇÃO DE AMINAS



Adsorção de aminas fílmicas na superfície metálica

Mecanismo:

- ✓ Redução da solubilidade de sais na superfície de troca térmica da caldeira.

Problemas:

- ✓ Redução da eficiência da caldeira
- ✓ Aumento de consumo de óleo combustível
- ✓ Ruptura ou explosão dos tubos (superaquecimento).

PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS GERADORES DE INCRUSTAÇÃO

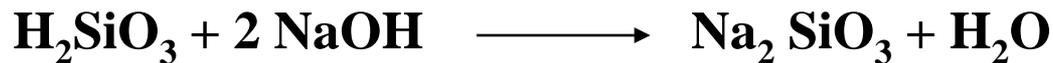
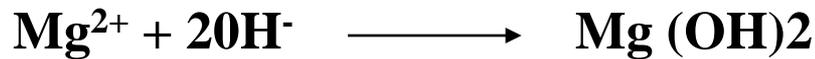
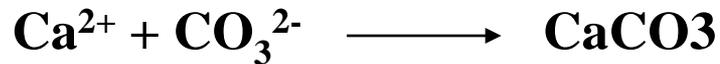


➤ Silicatos de magnésio, de cálcio

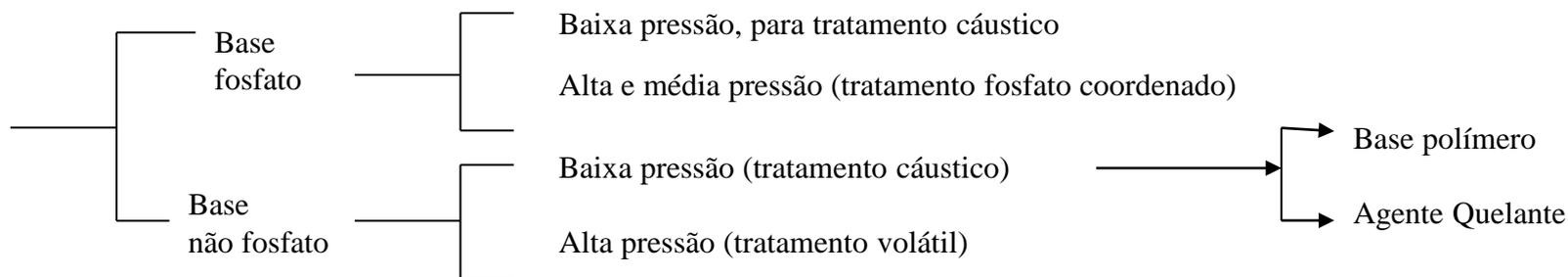
➤ Óxidos de ferro

INCRUSTAÇÃO	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (kcal/hm°C)
Carbonato	0,4 – 0,6
Silicato	0,2 – 0,4
Sulfato	0,5 – 2,0
Fosfato	0,5 – 0,7
Magnetita	1
Aço Carbono	40 – 60
Cobre	320 – 360

- ❖ Adequação da qualidade das águas de alimentação e caldeira com base na pressão de operação da caldeira.
- ❖ Especificação adequada do ciclo de concentração.
- ❖ Aplicação de redutor de dureza (a base de fosfato)
- ❖ Aplicação de dispersante
- ❖ Controle, analítico rigoroso da qualidade das águas



FUNÇÃO	PRODUTO QUÍMICO	
	NOME	MOLECULAR FÓRMULA
Controle de pH e alcalinidade. Controle da alcalinidade da água de alimentação para prevenir incrustação e corrosão.	Hidróxido de sódio Carbonato de sódio Fosfato Trissódico Fosfato monossódico Hexametáfosfato de sódio Ácido fosfórico Tripolifosfato de sódio	NaOH Na ₂ CO ₃ Na ₃ PO ₄ NaH ₂ PO ₄ (NaPO ₃) ₆ H ₃ PO ₄ Na ₅ P ₃ O ₁₀
Redutor de dureza (prevenção de formação de incrustação mediante a conversão de dureza em precipitado insolúvel).	Hidróxido de sódio Fosfato de sódio Fosfato de potássio Polifosfato de sódio	NaOH Na ₃ PO ₄ K ₃ PO ₄
Dispersante de lama. Facilitar o descarte pelo blow down, para prevenir incrustação.	Polímero sintético Tanino Lignina	
Removedor de oxigênio. Prevenir corrosão	Sulfito de sódio Hidrazina Sacarose DEHA	Na ₂ SO ₃ N ₂ H ₄
Prevenir a formação de espuma.	Surfactante	
Neutralização e formação de filme (prevenir corrosão causada pelo CO ₂ na linha de condensado).	Amônia Morfolina Ciclohexilamina Alquilamina	NH ₃ C ₄ H ₈ ONH C ₆ H ₁₁ NH ₂ RNH ₂ (R=C ₁₀ ~ C ₂₂)



Arraste é o fenômeno que ocorre quando sólidos dissolvidos e suspensos na água da caldeira entram para a linha de vapor juntamente com o vapor. Se existe arraste, a pureza do vapor decresce, e algumas vezes pode-se ter expansão ou explosão do superaquecedor. Os seguintes itens abaixo são considerados como causadores de arraste:

- ⑩✓ Excesso de concentração de sais na água de caldeira;**
- ⑩✓ Condição inadequada do separador de vapor (fatores mecânicos estruturais);**
- ⑩✓ Alta variação do nível da água ou variação de carga térmica.**

Os arrastes de natureza mecânica poderão ser evitados por uma das seguintes maneiras ou pela associação de algumas delas:

- **Demanda de vapor igual ou inferior à capacidade de geração da caldeira.**
- **Limpeza química conduzida corretamente quando a capacidade de geração de vapor da caldeira for sensivelmente diminuída pela incrustação.**
- **Disciplina no uso de vapor, evitando aberturas instantâneas de diferentes pontos de consumo.**
- **Aumento da câmara de vapor, quando a mesma encontra-se subdimensionada, com o abaixamento do nível de água e diminuição da carga de trabalho da caldeira.**
- **Uso de purificadores de vapor, tais como ciclones, chicanas, etc...**

OS ARRASTES DE NATUREZA QUÍMICA PODERÃO SER EVITADOS POR UM DOS SEGUITES PROCEDIMENTOS



- Evitar contaminação de óleo saponificável;
- Evitar contaminação de matéria orgânica;
- Limitar a salinidade da água, conforme o tipo e pressão da caldeira;
- Diminuir os valores de alcalinidade e fosfatos
- Diminuir a concentração dos sólidos em suspensão, principalmente os decorrentes do tratamento com fosfato, com um programa de descargas de fundo adequado, a fim de eliminar a maior parte da lama;
- Evitar a utilização de polieletrólitos sintéticos de peso molecular elevado, que funcionam como agentes de flotação;
- Limitar os valores de sílica na água da caldeira, em conformidade com a sua pressão de trabalho.

- 1) Prevenção contra incrustações pela água**
- 2) Incremento do ciclo**
- 3) Recuperação de Condensado**
- 4) Aproveitamento do calor do “blow down” contínuo**
- 5) Eliminação de vazamentos nas linhas de vapor/condensado**

O que Ocorre?

P e T reduzem tanto quanto a pressão atmosférica (vapor residual é condensado)

Penetração de oxigênio através de todas as brechas existentes (válvulas de vapor, bocas de visita etc.).

A corrosão se inicia na seção de vapor ou vapor-água, e se perpetua por toda a superfície da caldeira, quanto maior a velocidade de difusão do ar na água da caldeira.

Como estabelecer as contra-medidas?

Relação com o período que o equipamento vier a permanecer parado, suas características construtivas e temperatura ambiente.

➤ **Preservação úmida: Indicada para os casos onde há dificuldade em drenar-se completamente a água da caldeira, ou há imprevisibilidade para a partida da caldeira, ou há possibilidade da água vir a congelar-se;**

➤ **Preservação seca: Adequada para regiões com temperaturas reduzidas ou para longos períodos de conservação.**

- Caldeiras paradas geralmente apresentam maior concentração de óxido de ferro (“mill scale”), principalmente às preservadas a seco.
 - ⇒ pré-lavagem com água e N_2H_4 ~ 1,0 ppm (inibidor acúmulo de lama e S.S.)
- Na partida, a possibilidade de entrada de ar no sistema é elevada.
 - ⇒ dosagem elevada de N_2H_4 (+ 20% que o valor máximo indicado)
 - ⇒ máximo controle da água de alimentação
- Em turbinas, é possível a redissolução das incrustações de sílica, conseqüentemente aumentando a sílica no condensado.
 - ⇒ drenagem do condensado “contaminado” + controle da sílica na caldeira (“sílica purge”).

- ❖ **As dosagens de manutenção são efetuadas com base na vazão de alimentação da caldeira.**
- ❖ **Recomenda-se a dosagem do agente seqüestrante de oxigênio antes do desaerador, visando o controle corrosivo do mesmo.**
- ❖ **As dosagens devem ser contínuas e via bombas dosadoras.**
- ❖ **Alternativas de automação do tratamento químico, incluindo o controle do ciclo de concentração e dosagem dos produtos químicos são disponíveis.**

MONITORAMENTOS

- ❖ **A realização de análises das águas de caldeira, alimentação e retorno de condensado é fundamental para o sucesso do tratamento químico. A frequência é função do nível de pressão e qualidade da água de alimentação.**
- ❖ **A inspeção criteriosa, quando da abertura de uma caldeira, é extremamente importante para a avaliação do tratamento e a implementação de contra-medidas se necessárias.**
- ❖ **Recomenda-se a análise química dos depósitos e verificação da espessura dos tubos.**
- ❖ **Os métodos das análises devem ser criteriosamente estudados, eliminando-se as possíveis interferências. Análise de hidrazina deve ser processada no campo (evitar a volatilização da mesma).**