




Módulo 3

Reuso de Água de Utilidades


Renato Mello
Engenheiro de Produção - UERJ
Especialista de Qualidade Assegurada


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

Tópicos


- 1 - CONCEITOS, IMPLANTAÇÃO, MONITORAMENTO E OPERAÇÃO
- 2 - SISTEMAS DE RESFRIAMENTO
- 3 - CALDEIRAS
- 4 - CONDENSADORES
- 5 - APLICAÇÕES
- 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

1 - CONCEITOS, IMPLANTAÇÃO, MONITORAMENTO E OPERAÇÃO



- Gestão de utilidades: nova área de negócios, em franca expansão
- visa uma completa interação homem, comunidade e ambiente tecnológico
- vem demonstrando grande crescimento e interesse no setor empresarial brasileiro
- elo e suporte da cadeia de valores das empresas

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL


 **1 - CONCEITOS, IMPLANTAÇÃO, MONITORAMENTO E OPERAÇÃO** 



- passa não apenas a controlar atividades de manutenção predial e instalações, gerenciamento de utilidades, condicionamento de ar e sistemas prediais
- Diferencial: gerenciamento de resíduos, espaços ergonômicos, segurança, limpeza, estacionamento, conveniências, jardinagem, manutenção da imagem corporativa, projetos específicos para atendimento legal e todas as atividades indiretas que alavancam o posicionamento estratégico das empresas.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL


 **2 - SISTEMAS DE RESFRIAMENTO** 



- composto basicamente por compressores, trocadores de calor e equipamentos destinados ao afastamento de energia térmica
- utiliza elementos refrigerantes como gases, ar ou água (no caso de torres de resfriamento)
- os padrões de qualidade exigidos para essa água de alimentação são menos exigentes quando comparados com os padrões de potabilidade

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **2 - SISTEMAS DE RESFRIAMENTO** 


- Desta forma, o reuso de água nesses sistemas de resfriamento possibilita a preservação de mananciais de abastecimento de água para consumo humano.
- o reuso da água para essa finalidade constitui em uma estratégia ambiental e economicamente eficaz, possibilitando a minimização da poluição resultante do lançamento de efluentes no ambiente, redução da captação de água, equacionamento e redução de custos associados às cobranças e multas por parte dos órgãos fiscalizadores ambientais



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **2 - SISTEMAS DE RESFRIAMENTO** 


Estudo de caso realizado por Mancuso & Manfredini (2005):



→ foi concluído que o reuso de água em torres de resfriamento possibilita uma redução da captação de água superficial em termos de 25%, tornando cerca de 5.000 m³/mês de água disponível para usos mais nobres, como o consumo humano por exemplo.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **3 - CALDEIRAS** 

- As caldeiras (“boilers” do inglês) são equipamentos destinados basicamente à produção de vapor através do aquecimento da água
- As caldeiras podem ser classificadas de acordo com o tipo, podendo ser: flamotubulares ou aquotubulares.
- Nas flamotubuladoras, os gases quentes passam por dentro de tubos, ao redor dos quais está a água a ser aquecida e evaporada. Os tubos são montados à maneira dos feixes de permutadores de calor, com um ou mais passos dos gases quentes através do mesmo. Esses tipos de caldeiras são empregados apenas para pequenas capacidades e quando se quer apenas vapor saturado de baixa pressão.


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **3 - CALDEIRAS** 

- Já as do outro tipo, as aquatubulares, são mais empregadas e as mais importantes. Essas possuem circulação de água por dentro dos tubos e gases quentes envolvendo-os. São usadas para instalações de maior porte e na obtenção de vapor superaquecido.

Caldeiras flamotubulares:

- Também chamadas de “caldeiras de tubos de fogo” ou “tubos de fumaça”, “fogatubulares” ou ainda “gás-tubulares”, são aquelas em que os gases provenientes da combustão circulam no interior dos tubos e a água a ser aquecida ou vaporizada circula pelo lado de fora.


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **3 - CALDEIRAS** 

- Este tipo de caldeira é o de construção mais simples, podendo ser classificada quanto à distribuição dos tubos, que podem ser tubos verticais ou horizontais.


Caldeiras de Tubos Verticais:



- Nessas caldeiras, os tubos são colocados verticalmente num corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas, chamadas espelhos.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **3 - CALDEIRAS** 


- 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 está 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 combustível, entre outros



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **3 - CALDEIRAS** 

Caldeiras de Tubos Horizontais:


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



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **3 - CALDEIRAS** 

Caldeiras de Tubos Horizontais:


- **Caldeiras de Cornuália:** é constituída de um tubulão horizontal ligando a fornalha ao local de saída de gases. Possui um funcionamento simples, no entanto seu rendimento é muito baixo.
- **Caldeiras Lancaster:** sua construção é semelhante às de Cornuália, só que mais evoluída tecnicamente. Pode ser constituída de dois a quatro tubulões internos e algumas delas apresentam tubos de fogo e de retorno, o que representa uma melhoria de rendimento térmico em relação às anteriores.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **3 - CALDEIRAS** 

Caldeiras de Tubos Horizontais:

- **Caldeiras Multitubulares:** nesse tipo, a queima de combustível é efetuada em uma fornalha externa e os gases quentes passam pelos tubos de fogo. A maior vantagem desse tipo de caldeira é a possibilidade de queima de qualquer tipo de combustível.
- **Caldeiras Locomóveis:** essa também é do tipo multitubular; têm como principal característica apresentar uma dupla parede em chapa na fornalha, pela qual a água circula. O fato de ela ser de fácil transferência de local e de poder produzir energia elétrica é sua principal vantagem. Esse tipo é muito usado em serrarias junto à matéria-prima e em campos de petróleo.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL


 **3 - CALDEIRAS** 

Caldeiras de Tubos Horizontais:

- **Caldeiras Escocesas:** foi criada basicamente para uso marítimo. É o modelo de caldeira industrial mais difundido no mundo, sendo destinada à queima de óleo ou gás.

Vantagens:

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

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP

AGEVAP

3 - CALDEIRAS

Desvantagens:

- Baixo rendimento térmico;
- Partida lenta devido ao grande volume interno de água;
- Limitação de pressão de operação (máx. 15 kgf/cm²);
- Baixa taxa de vaporização (kg de vapor/m²/hora);
- Capacidade de produção limitada;
- Dificuldades para instalação de economizador, superaquecedor e pré-aquecedor.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP

AGEVAP

3 - CALDEIRAS

Caldeiras Aquotubulares:

- Caldeiras aquotubulares são também chamadas caldeiras de paredes de água ou de tubos de água
- A água passa pelo interior dos tubos, que por sua vez são aquecidos pelas chamas
- São as mais comuns em se tratando de plantas termelétricas ou geração de energia elétrica em geral, exceto em unidades de pequeno porte
- A pressão de trabalho de caldeiras deste tipo pode chegar a 26 MPa, ou seja, superior a pressão do ponto crítico. Neste caso, o período de ebulição (transição de líquido para vapor) passa a não existir.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP

AGEVAP

3 - CALDEIRAS

Caldeiras Aquotubulares:

Esquema do Soprador de Fuligem

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP

AGEVAP

3 - CALDEIRAS

Caldeiras Aquotubulares:



EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL

CEIVAP

AGEVAP

4 - CONDENSADORES

- um condensador é um dispositivo ou unidade usada para condensar uma substância de seu estado gasoso para o líquido, normalmente por esfriá-lo
- o calor latente é cedido pela substância, e irá se transferir para o resfriamento do condensador
- Condensadores são tipicamente trocadores de calor os quais tem diversos projetos e apresentam-se em muitos tamanhos variando desde relativamente pequenos (portáteis) a unidades industriais muito grandes usadas em processos em plantas industriais.

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL



CEIVAP

AGEVAP


4 - CONDENSADORES



- Trocadores de calor são largamente usados na indústria tanto para resfriamento e aquecimento em larga escala em processos industriais
- O tipo de tamanho de trocadores de calor usados pode ser adaptado a um processo dependendo do tipo de fluido, sua fase, temperatura, densidade, viscosidade, pressões, composição química e várias outras propriedades termodinâmicas

EKOTERRA
CONSULTORIA AMBIENTAL


 **4 - CONDENSADORES** 



- Em muitos processos industriais existe desperdício de energia ou uma corrente de calor que está sendo exaurida, trocadores de calor podem ser usados para recuperar este calor e colocá-lo em uso pelo aquecimento de uma outra corrente no processo
- Esta prática poupa uma quantidade de dinheiro na indústria como o calor fornecidos a outras correntes dos trocadores de calor que de outra forma viria de fonte externa a qual é mais custosa e mais nociva ao ambiente

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL


 **4 - CONDENSADORES** 



- Trocadores de calor são usados em muitas indústrias, algumas das quais incluem:
- Tratamento de águas residuais
- Sistemas de refrigeração
- Indústria de vinhos e cervejarias
- Indústria do petróleo.
- Indústria química pesada

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 


- A indústria, através das atividades desenvolvidas em seu interior, representa um setor de atividade grande usuário de água. Dessa forma, carece estar atento aos meios disponíveis para se utilizar de forma eficiente esse recurso natural.
- Os usos da água na indústria podem ser divididos em um dos grupos a seguir: transferência de calor, geração de energia e aplicação a processos.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Transferência de Calor


- É apropriada em processos de aquecimento ou esfriamento. Para o aquecimento, em geral se utiliza a geração de vapor através de caldeiras que aplicam a combustão de carbono, petróleo, gás ou produtos de resíduo. Em relação ao esfriamento se utiliza a circulação de água através de torres ou tanques de esfriamento.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Geração de Energia


- Em sua grande maioria a geração de energia tem origem, em muitos países, em plantas termoelétricas que utilizam o vapor d'água com o propósito de mover turbinas adaptadas a geradores.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Aplicação a Processos


- Os processos produtivos, em sua maior parte, são grandes usuários de água. Dentre alguns desses processos podem ser referenciados os de transporte de materiais onde são utilizados tubos ou canais para o seu transporte. As indústrias que mais se utilizam desse sistema são as de papel e celulose, as enlatadoras de alimentos, as carboníferas e os engenhos açucareiros.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

5 - APLICAÇÕES

Técnicas que podem ser aplicadas como forma de se obter o uso eficiente da água no setor indústrias, quais sejam:


- recirculação, reuso e a redução do consumo. Para os três casos são imprescindíveis que sejam cumpridas as ações de medição e o monitoramento da qualidade da água.



5 - APLICAÇÕES

Recirculação


- É uma técnica que apresenta por objetivo a utilização da água no processo onde inicialmente se usou. Frequentemente quando a água é utilizada pela primeira vez desencadeia mudanças em suas características físicas e químicas, e dessa forma pode demandar alguma modalidade de tratamento. Assim, torna-se fundamental ter conhecimento da qualidade requerida em todo processo produtivo, bem como o grau de degradação de sua qualidade e finalmente o tratamento apropriado.
- A recirculação pode ser utilizada em esfriamento de equipes que geram calor; em processos de lavagem com o intuito de retirar resíduos ou elementos contaminantes dos produtos ou equipes fabricantes; nos processos de transporte de materiais e na fabricação de papel.





5 - APLICAÇÕES

Reuso


- É uma técnica em que o efluente de um processo, com ou sem tratamento, é aproveitado em outro processo que demanda qualidade diferenciada de água. Assim, é importante saber qual a qualidade requerida em cada processo antes de se utilizar essa técnica, bem como, determinar qual seria o tratamento mínimo exigido e definir os meios de transporte da água. Pesquisas apontam que as águas de reuso de engenhos açucareiros são apropriadas para lavagem de pisos, sistema de esfriamento, serviços sanitários e rega agrícola, desde que sejam observados os seguintes critérios:
- O tratamento dos efluentes dos sistemas de geração de vácuo e de processos da destilaria; reatores anaeróbios de fluxo ascendente, de sedimentação primária e secundária e de biodiscos; o tratamento dos efluentes de serviços sanitários e outros processos por meio de lagoas de oxidação e o esfriamento dos efluentes do processo de condensação de vapor.





 **5 - APLICAÇÕES** 

Recirculação


- É uma técnica que apresenta por objetivo a utilização da água no processo onde inicialmente se usou. Frequentemente quando a água é utilizada pela primeira vez desencadeia mudanças em suas características físicas e químicas, e dessa forma pode demandar alguma modalidade de tratamento. Assim, torna-se fundamental ter conhecimento da qualidade requerida em todo processo produtivo, bem como o grau de degradação de sua qualidade e finalmente o tratamento apropriado.
- A recirculação pode ser utilizada em esfriamento de equipes que geram calor; em processos de lavagem com o intuito de retirar resíduos ou elementos contaminantes dos produtos ou equipes fabricantes; nos processos de transporte de materiais e na fabricação de papel.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Redução do consumo


- Pode ser obtida através de várias ações, dentre as quais podem ser elencadas: otimização dos processos, melhoramento da operação ou modificação das equipes ou a modificação de atitude dos usuários da água.
- No que se refere às indústrias, atitudes simples e continuadas podem fazer grande diferença na utilização racional da água. Entre as medidas mais usuais, algumas seriam: plantar espécies nativas nos locais onde se instalam as indústrias; utilizar-se de rega noturna; eliminação de fugas nos serviços sanitários, bem como a utilização de redutores de fluxo em privadas; o uso de regadeiras de baixo consumo.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:


- o desenvolvimento de um programa de uso eficiente de água numa indústria exige a participação de todos que fazem parte da empresa. Essa é uma condição de extrema importância a ser observada.
- Dentre as técnicas explanadas anteriormente o reuso de água tem se destacado como uma forma apropriada nos programas de uso eficiente de água em muitas indústrias brasileiras. Dessa forma serão feitas considerações adicionais sobre essa técnica no sentido de se alcançar uma visão mais detalhada dos elementos que lhes dão sustentação.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:


- Questões como: O que é o reuso de água? Quais os tipos de reuso? Quais as principais alternativas para o reuso de água na indústria? Qual o potencial de reuso na indústria brasileira? Quais as diretrizes legais no Brasil sobre o reuso de água? Responder esses questionamentos representa uma forma de se alcançar uma visão abrangente de aspectos que necessitam serem levados em consideração pelas indústrias quando se deseje implantar essa técnica em suas unidades produtivas.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:


- reuso "é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original".
- Brega Filho e Mancuso (2003, p. 23) fazem alusão ao conceito da Organização Mundial da Saúde (1973) quando diferenciam entre reuso indireto, reuso direto e reciclagem interna.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:


- Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída; reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável; reciclagem interna: é o reuso da água internamente à instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:

- reciclagem não é sinônimo de reuso, embora represente um tipo especial de reuso em que recupera os esgotos gerados por um uso no sentido de servir ao mesmo uso.
- “o reuso de água é subentendido como o aproveitamento dos esgotos sanitários tratados”.


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:

Reuso potável

- Pode ser dividido em direto e indireto. O direto ocorre no momento em que o esgoto recuperado através de um tratamento avançado é diretamente reutilizado no sistema de água potável. O indireto se dá quando o esgoto depois que é tratado é jogado nas águas superficiais ou subterrâneas passando pelas etapas de diluição, purificação natural, sendo posteriormente captado, tratado e por fim utilizado como água potável.


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:

Reuso não potável

- O reuso não potável pode ser utilizado para fins agrícolas (o objetivo maior é a irrigação de plantas alimentícias); para fins industriais (usos de refrigeração, águas de processo, utilização em caldeiras, dentre outros); para fins recreacionais (irrigação de plantas ornamentais, parques, jardins, dentre outros); para fins domésticos (água para ser utilizada em regas de jardins residenciais, descargas sanitárias, etc.); para manutenção de vazões (tem por escopo permitir o uso planejado de efluentes tratados com o intuito de prevenir a poluição); para aquíicultura (tem por propósito conseguir alimentos e/ou energia através dos nutrientes que encontram-se nos efluentes tratados) e para recarga de aquíferos subterrâneos com efluentes tratados.


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:

Reuso macro externo


- Em relação às possibilidades de reuso macro externo (reuso efetuado por meio de companhias municipais ou estaduais de saneamento) em indústrias brasileiras, Hespagnol (2003) enumera as seguintes possibilidades viáveis: torres de resfriamento; caldeiras; lavagem de peças e equipamentos, especialmente nas indústrias mecânica e metalúrgica; irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagem de pisos e veículos; processos industriais.



 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:

- **Reuso macro interno**
- Quanto ao reuso macro interno, a própria conjuntura brasileira atual, que apresenta custos altos em relação às águas industriais, aliado aos novos instrumentos de outorga e cobrança, exigidos por lei, quando da utilização dos recursos hídricos são aspectos extremamente motivadores para que as indústrias passem a adotar em seu gerenciamento práticas de racionalização da água através do reuso interno em seus processos produtivos.


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL



 **5 - APLICAÇÕES** 

Considerações sobre as aplicações:

Reuso macro interno

- reuso interno específico: significa "a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais, nos próprios processos nos quais são gerados, ou em outros processos que se desenvolvem em seqüência e que suportam qualidade compatível com o efluente em consideração". (HESPANHOL, 2003, p. 49-50).

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL


 



5 - APLICAÇÕES

Considerações sobre as aplicações:

Reuso macro interno


- o reuso interno específico é apropriado, entre outros processos, em atividades de pintura em indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, onde as águas utilizadas para as lavagens intermediárias podem ser recicladas no próprio processo de lavagem, logo após o tratamento específico.

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mustafa, G.S. (1998) "Reutilização de efluentes líquidos em indústria petroquímica" – *Dissertação de Mestrado* - Universidade Federal da Bahia.
- Mancuso, P.C.S. & Manfredini, B. (2005) "Reuso de água em sistema de resfriamento. Estudo de Caso: Subestação Conversora de Energia Furnas Centrais Elétricas". Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/paraguay5/IVAA02.pdf> - Acessado em: 26 de outubro de 2011.
- Quinello, R. & Nicolletti, J.R. (2006) "Gestão de Facilidades"
- "Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria" - SEBRAE


 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL

OBRIGADO

DÚVIDAS?

Contato:
rmello@ibest.com.br

 **EKOTERRA**
CONSULTORIA AMBIENTAL
