

Reuso de Efluentes em Atividades Industriais

Santos, M. F.¹; Santos, R. S.²; Beretta, M.³

1 – CETREL-LUMINA; 2- Faculdade Área 1; 3 – Escola Politécnica-UFBA

Resumo

Água é indubitavelmente um dos mais preciosos bens naturais existentes no nosso planeta. Pela sua abundância, embora não uniformemente distribuída na superfície e subsolo do nosso planeta, por muito tempo a percepção das sociedades tem sido de que é um recurso natural inesgotável. A contaminação e possível poluição têm mostrado que o seu processo de escassez já foi iniciado. Presentemente, a disponibilidade de água tomou, dentre inúmeros aspectos, contornos estratégicos. Um caminho para uma melhor utilização da água é o reuso de efluentes industriais para finalidades adequadas à qualidade do mesmo, após os devidos tratamentos. Este trabalho apresenta um Modelo de Projeto de Tratamento de Efluentes para Reuso, que poderá ser utilizado por gestores e técnicos ambientais para demandas futuras.

Introdução

Na indústria, a água pode ser utilizada no estado líquido ou vapor para diversas aplicações com relação direta e indireta na fabricação do produto. Ela pode ser aplicada para o consumo humano, combate a incêndio, jardinagem e nos processos industriais. Como vapor, uma das principais aplicações está associada ao uso como fluídos de processo em torres de destilação, selagem de equipamentos, sopragem de fuligem em caldeiras, bombas, compressores entre outros. No estado líquido os principais usos estão relacionados a resfriamento de produtos através de trocadores de calor, testes hidrostáticos, selagem de equipamentos e outros. Os principais usos nos processos estão indicados a seguir:

Matéria Prima: como matéria-prima, a água é incorporada diretamente em várias etapas do processo e faz parte da reação para a obtenção de produtos;

Insumos: a água pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, para as

operações de lavagem e como fluido de transporte de calor para resfriamento;

Geração de Energia: Para este tipo de aplicação, a água pode ser utilizada por meio da transformação da energia cinética, potencial ou térmica, acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.

O objetivo deste artigo é apresentar um Modelo de Projeto de Tratamento de Efluentes para Reuso, que poderá ser utilizado por gestores e técnicos ambientais para demandas futuras.

Metodologia

Este trabalho apresenta as informações básicas necessárias para projetos futuros objetivando o reuso de efluentes industriais, e foram obtidas na bibliografia disponível e em visitas feitas pela autora em unidades industriais nas diversas regiões do Brasil.

Resultados e Discussão

1) Usos da água em processos industriais

Nos processos industriais as maiores demandas de água estão associadas aos usos nas torres de

resfriamento e nas caldeiras, que serão detalhados a seguir.

a) Usos para resfriamento

Nas indústrias existem determinados tipos de equipamentos que geram calor; este pode danificar o funcionamento de sistemas de lubrificação de máquinas e equipamentos. A água ainda é largamente utilizada para refrigerar estes tipos de equipamentos e dissipar o calor. As principais aplicações são:

Refrigeração de condensadores de vapor em usinas térmicas;

Refrigeração de condensadores de produtos de petróleo;

Refrigeração de equipamentos em geral.

A qualidade da água para usos em sistemas de resfriamento depende diretamente das condições de operação e do tipo de equipamento. A qualidade ideal deve ser adquirida na prática em escala industrial ou pela indicação dos fornecedores dos equipamentos. A diversificação do tipo da qualidade da água é tão grande que a água clarificada que serve para determinados equipamentos e processos pode não ser adequada para outros processos, sendo requerida água de qualidade mais pura ou desmineralizada. Por outro lado, determinados equipamentos não exigem controles tão rigorosos e a água pode ser utilizada com qualidade inferior à clarificada, sem precisar de tratamento prévio.

Normalmente três tipos de águas de refrigeração são utilizados em processos industriais e esta classificação está associada ao tipo de uso, a necessidade de reciclo e a fonte de refrigeração. Segundo Filho (1985), existem três situações onde se utiliza águas de refrigeração:

A água de refrigeração que passa pelo trocador de calor e em seguida é descartada como efluente;

A água que recircula pelo trocador de calor sendo resfriada, através do ar, como acontece em torres de resfriamento;

A água que recircula pelo trocador de calor, sendo

resfriada através de outro tipo de resfriador.

No primeiro e segundo exemplos, a demanda pela água é muito alta; o que diferencia um do outro é que no primeiro exemplo a quantidade de efluente gerado é proporcional à demanda, enquanto no outro ocorre a recirculação, gerando menos efluente, com a desvantagem de concentrar mais as substâncias dissolvidas na água devido ao reciclo e à perda por evaporação. Tem que levar em consideração também a questão da “poluição física” do leito d’água para onde está sendo feita a devolução da água utilizada, devido ao gradiente de temperatura que pode alterar comportamento da fauna e flora local

Nestes casos, é necessária a descarga periódica de efluentes mais poluídos e reposição com água de boa qualidade. O controle adequado ocorre quando se estabelece a quantidade de ciclos, que deve ser calculado em função da concentração das substâncias mais propensas a se concentrar na água, que normalmente são os sais de cloretos, condutividade, sulfatos entre outros.

Na terceira situação, o uso é indicado quando se deseja manter a temperatura da água de refrigeração baixa. Neste caso também é aplicado o reciclo e descarga de efluentes.

Estes sistemas são muito utilizados para refrigeração de compressores, trocadores de calor, sistemas de lubrificação, ar condicionado entre outros.

O desempenho dos sistemas de refrigeração tem relação direta com a qualidade de água utilizada nos equipamentos. As substâncias químicas dissolvidas na água são responsáveis pela corrosão e incrustações que acontecem na superfície metálica dos equipamentos, causando danos e redução da eficiência. As substâncias mais conhecidas são: cloretos, óxidos de ferro, cálcio, carbonatos, sulfatos, fosfatos, óleos, matéria orgânica e sílica. (FILHO, 1985).

Observa-se que especificar qualidade de

água para uso em caldeira exige conhecimentos da variação de pressão em cada uma das caldeiras, uma vez que é requerida uma qualidade de água diferenciada. Uma água que contenha sólidos dissolvidos em torno de 700 mgL⁻¹ só pode ser usada em caldeira que trabalha com uma pressão menor do que 10 bar; para pressões maiores do que 10 bar a concentração de sólidos deve ser menor do que 500 mgL⁻¹ e para pressões maiores do que 50 bar de sólidos a restrição ainda é maior e a concentração de

sólidos deverá ser menor do que 200 mgL⁻¹. Este exemplo corrobora com a preocupação de alguns autores, principalmente Mancuso e Santos (2002), que associam a conceito da qualidade da água ao uso a que se aplica.

Dentro de um universo maior, a Tabela I a seguir indica a especificação da qualidade de água para algumas empresas que possuem processos e produtos diferenciados.

Tabela I – Especificação da qualidade de água para uso em diferentes indústrias

Indústria e Processo	Cor	Alcal.	Cl ⁻	Dur eza	Fe	Mn	pH	SO ₄ ⁻	SDT	SiO ₄	Ca	Mg
Engomagem	5	-	-	25	0,3	0,05	6,5 – 10,0	-	100	-	-	-
Lavagem	5	-	-	25	0,1	0,01	3,0 -10,5	-	100	-	-	-
Branqueamento	5	-	-	25	0,1	0,01	2,0 -10,5	-	100	-	-	-
Tingimento	5	-	-	25	0,1	0,01	3,5 – 10,0	-	100	-	-	-
Processo Mecânico	30	-	100	-	0,3	0,1	6,0-10	-	-	-	-	-
Processo químico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloro e Álcali	10	80	-	140	0,1	0,1	6,0-8,5	-	10	-	40	8
Carvão de alcatrão	5	50	30	180	0,1	0,1	6,5-8,3	200	5	-	50	14
Plásticos e resinas	2	1,0	0	0	0,005	0,05	7,5-8,5	0	2	0,02	0	0
Borracha sintética	2	2	0	0	0,005	0,05	7,5-8,5	0	2	0,05	0	0
Produtos farmacêuticos	2	2	0	0	0,005	0,05	7,5-8,5	0	2	0,02	0	0
Sabão e detergentes	5	50	40	130	0,1	0,1	-	150	10	-	30	12
Tintas	5	100	30	150	0,1	0,1	6,5	125	10	-	37	15
Madeira e resinas	200	200	500	900	0,3	0,2	6,5-8,0	100	30	50	10 0	50
Fertilizantes	10	175	50	250	0,2	0,2	6,5-8,5	150	10	25	40	20
Explosivos	8	100	30	150	0,1	0,1	6,8	150	5	20	20	10
Petróleo	-	-	300	350	1,0	-	6,0-9,0	-	10	-	75	30
Laminação a frio	-	-	-	-	-	-	5-9	-	-	-	-	-

Nota: Resultados em mg/L exceto pH (unidades de pH) e cor (APHA).
Fonte: (NEMEROW e DASGUPTA, 1991 *apud* SAUTCHUCK e outros, 2005).

Pode-se observar que, dentro de uma mesma planta industrial, a especificação da qualidade da água varia de acordo com o processo e que o grau de qualidade da água requerido para um determinado uso, hoje, pode ser muito diferente de outro que tenha sido utilizado por muitos anos, no passado, ou que venha a ser utilizado no futuro.

Outro aspecto relevante na definição do reuso da água está relacionado com a pré avaliação da oferta e demanda da água.

Esta é uma importante ferramenta para se iniciar um processo de reuso de água e, juntamente com a especificação da qualidade de água requerida se constituem na base para que o reaproveitamento da água seja viável, técnica e economicamente.

2) Tratamento de Efluentes e o Reuso de Águas

Unidades de tratamentos de efluentes são processos físico-químicos e/ou biológicos a que é submetida uma água contaminada, para modificar sua qualidade, tornando-a com características que atendam as especificações legais ou para uma determinada aplicação industrial.

O principal objetivo do tratamento de efluentes em escala industrial é eliminar substâncias orgânicas e inorgânicas geradas nos processos para a proteção da integridade dos equipamentos, qualidade dos produtos e enquadramento do efluente final aos padrões legais de lançamento no corpo receptor.

A presença de substâncias químicas no efluente tem relação direta com o aparecimento de micro faunas na superfície de equipamentos causando a deterioração dos mesmos. A interação que ocorre entre algumas substâncias no meio aquoso provoca a alteração das propriedades organolépticas da água (cor, odor e sabor) e transformação de substâncias e metais inertes em tóxicos e corrosivos como os sulfatos, nitratos, ferro, cromo entre outros.

Há várias opções de tratamento de efluentes, atualmente disponíveis, que devem ser avaliadas segundo critérios de viabilidade técnica e econômica, além de adequação às características topográficas e ambientais da região. Dependendo das características intrínsecas do efluente e da qualidade de água requerida para uso, o tratamento pode se resumir aos estágios preliminar, primário e secundário, e quando for requerido um polimento final para a remoção de substâncias mais solúveis no meio aquoso, o tratamento terciário também deve ser adicionado ao conjunto de estágios que compõem uma estação de tratamento. O tratamento preliminar se dá por meio de grades e caixas de areia, visando à retenção dos sólidos sedimentáveis e demais materiais mais grosseiros como terra, areia

e gordura decantáveis. A base do tratamento primário é a separação e/ou decantação simples por meio da ação da força da gravidade ou por precipitação química, o que requer o uso de equipamentos. Nesse estágio é gerado o lodo primário. No tratamento secundário, os sólidos suspensos finos ou coloidais que não decantam são removidos por processo físico-químico ou biológico. Nos processos biológicos (lodos ativados), as substâncias dissolvidas são digeridas por bactérias gerando biomassa. No processo físico-químico os contaminantes são removidos do meio através de reação química ou separação física. Ambos os processos geram resíduos conhecidos como lodo secundário. E por fim, para a remoção de partículas muito pequenas ou íons, o tratamento terciário, através de processos oxidativos avançados, filtração com zeólitas ou antracito, adsorção com carvão ativo ou separação por membranas, é o mais recomendável.

3) Modelo de Projeto de Tratamento de Efluentes para Reuso

Já existem algumas empresas localizadas nas regiões sul e sudeste do Brasil com projetos reais de conservação e reuso de água de diferentes tipos, embora não sejam em grande número. Entretanto, os custos para implantação e operação são elevados, pois, na maioria das vezes, para que ocorra o reuso dos efluentes é necessária a implantação de unidades de tratamento de efluentes. O ideal é que haja a separação entre a análise de custo e benefício para projetos de reuso de água dos projetos de tratamento de efluentes, pois quando o projeto engloba os dois aspectos ao mesmo tempo, o custo de implantação se torna muito elevado e, na maioria dos casos, águas passíveis de serem reaproveitadas são misturadas a outras correntes de efluentes, sendo contaminadas.

Atualmente, a lógica adotada por algumas indústrias é substituir a demanda pelo

enquadramento dos efluentes aos padrões legais, antes do lançamento no corpo receptor, pelo redirecionamento deste efluente para o processo, sem antes avaliar adequadamente cada corrente de efluente isoladamente. Esta medida pode ser adequada em curto prazo, porém, pode trazer prejuízos em médio e longo prazo, por danos causados aos equipamentos devido à presença de substâncias indesejáveis dissolvidas no efluente. É importante ressaltar que as várias formas de reuso, direto, indireto ou em cascata podem permitir o redirecionamento de correntes individuais e fechamentos de circuitos dentro do mesmo processo, reduzindo a quantidade do efluente gerado, mas esta mudança deve ser realizada com muito critério devido a qualidade da água requerida para uso.

O reciclo de águas industriais deveria ser inerente ao processo. Com base em visita realizada numa siderurgia de produção de tubos de aço, localizada em Minas Gerais em 2006 verificou-se que esta indústria reaproveita 97% das águas geradas no processo siderúrgico, com a simples redução de sólidos, e somente 3% da água residuária foi transformada em efluente. Por outro lado, outra siderúrgica do mesmo estado, investiu mais de 10 milhões de reais, para otimizar a sua estação de tratamento de efluentes, composta de unidades de tratamento primário, secundário e terciário, visando tratar a maior parte das águas que foram transformadas em efluentes para, após o tratamento, serem transformadas em água de reuso. Estes dois casos ainda são comuns nas indústrias brasileiras. Investe-se muito em tratamento de grandes volumes de efluentes no “fim de tubo”, para posteriormente analisar a possibilidade de reuso.

Por isso, sugere-se a desvinculação entre o tratamento do efluente e o reuso de água e recomenda-se que todas as formas de reuso sejam avaliadas prioritariamente, sendo a opção do tratamento uma necessidade a ser adotada após

terem esgotadas todas as tentativas de reuso.

As etapas a seguir sugerem a seqüência lógica para o projeto de avaliação do reaproveitamento de água numa indústria.

ETAPA 1 - Diagnóstico das fontes geradoras de efluentes

Identificação das fontes individuais geradoras de correntes de efluentes;

Caracterização físico-química e biológica de cada corrente identificada;

Identificação das correntes passíveis de serem segregadas;

Especificação da qualidade de água requerida para processos e equipamentos;

Comparação da qualidade da água de cada corrente identificada com a qualidade requerida para a introdução nos processos e equipamentos;

Identificação das oportunidades de reaproveitamento da água sem tratamento prévio;

Identificação das correntes que necessitam de tratamento prévio.

ETAPA 2 – Elaboração dos estudos de tratabilidade

Realizar um estudo de tratabilidade significa avaliar, em escala de laboratório, as unidades de tratamento necessárias para a redução dos parâmetros que se deseja eliminar ou reduzir do efluente. Esta etapa é crucial no processo, pois avalia, de forma isolada, as características intrínsecas de cada efluente, considerando suas interferências e sinergias, e aumenta, significativamente, a possibilidade da unidade de tratamento operar com a eficiência de remoção prevista em projeto. As principais atividades desenvolvidas são:

Estabelecimento das diretrizes básicas para tratabilidade, em função das características físico-químicas e biológicas dos efluentes (tratamentos primários, secundários ou terciários);

Avaliação da variabilidade das correntes (vazão contínua, batelada, variação de matéria prima e insumos, frequência de geração entre outros.);

Elaboração do programa de amostragem composta ou pontual, considerando as variações de processo;

Campanha de amostragem;

Testes de laboratório ou em escala piloto;

Avaliação do desempenho do processo e seleção das melhores alternativas de tratamento.

ETAPA 3 – Premissas para a Elaboração do projeto Conceitual

Levantamento e interpretação prévia dos estudos de tratabilidade e projetos existentes para o tratamento de efluentes;

Definição das vazões de projeto, considerando sempre que, quanto maiores forem essas vazões, maiores serão as dimensões da ETE e os custos de implantação a ela associados;

Definição da logística de implantação das unidades, que está diretamente associada aos itens anteriores;

Se não for possível o reuso, a escolha do corpo receptor vai contribuir para definição da eficiência de tratamento do sistema;

Estudo de alternativas para definição do local físico onde será implantada a ETE;

Estudo de alternativas para definição do tipo de tratamento que será empregado bem como a configuração das unidades que comporão a ETE, com base no estudo de tratabilidade;

Definição da alternativa que será empregada, acompanhada do fluxograma de engenharia e do balanço de massa preliminar.

ETAPA 4 – Premissas para Avaliação da viabilidade econômica do projeto

Levantamento de custos das obras civis no local onde será construída a ETE;

Levantamento de custos dos equipamentos,

tubulações, elevatórias, sistemas de automação, bombas, preparação de soluções e os custos de implantação a ela associados;

Levantamento de custos da instalação elétrica, mecânica e hidráulica de todo o sistema de tratamento;

Levantamento dos custos das análises laboratoriais requeridas;

Avaliação dos resíduos gerados no tratamento e a estimativa de custos para a sua disposição final;

Em caso de reuso, fazer análise comparativa dos custos de tratamento estudado com dados atuais dos custos de captação de água e lançamento de efluentes.

Conclusões

A demanda por projetos de reuso no Brasil ainda é baixa. A grande disponibilidade de água, e o baixo custo da água tratada são fatores que contribuem para o uso contínuo de água dos recursos naturais nas diversas regiões do país. Por isso, no primeiro momento, talvez, o custo de um projeto para o reuso de efluente seja inviável. As baixas tarifas cobradas pelas empresas de tratamento de água deixam as indústrias em condição favorável e isto contribui para que boa parte da água captada seja transformada em efluentes. Entretanto, com a efetivação de medidas para a cobrança pelo uso das águas dos mananciais, este quadro pode mudar e o reuso das águas poderá ser viável também economicamente.

Referências

- FILHO, D. F. S. *“Tecnologia de Tratamento de Água: Água para Indústria”*. 3ª Edição, Livraria Nobel S. A. Editora, 1985.
- MANCUSO, P.C.S e SANTOS, H.F. *“Reúso de Água”*. Editora Manole, 2002.
- SANTIAGO, P. *“Reúso de Água na Indústria”*. Apostila da Palestra sobre Reúso de Água, NALCO, Bahia 2006.
- SAUTCHUCK, C. A. et al. *“Conservação e Reúso da Água”*. Manual de Orientações para o Setor Industrial, FIESP/CIESP, vol.1 2005.