

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Curso de Engenharia de Produção**

**Reutilização de Água Industrial em uma Cooperativa  
Agroindustrial**

*Maria Angélica Reis Salles*

**TCC-EP-45-2009**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção  
Curso de Engenharia de Produção

**Reutilização de Água Industrial em uma Cooperativa  
Agroindustrial**

*Maria Angélica Reis Salles*

**TCC-EP-45-2009**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientadora: *Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosângela Bergamasco*

**Maringá - Paraná  
2009**

**Maria Angélica Reis Salles**

## **Reutilização de Água Industrial em uma Cooperativa Agroindustrial**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

---

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup> Dra. Rosângela Bergamasco  
Departamento de Engenharia Química, CTC

---

Prof. Dr. Manoel Francisco Carreira  
Departamento de Engenharia de Produção, CTC

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste estudo não seria possível sem a graça de Deus e a colaboração de um grande número de pessoas, aos quais gostaria de expressar meus agradecimentos:

A Deus, que me deu o dom da vida e que me proporcionou coragem e determinação para enfrentar mais este desafio;

Aos meus pais Maria Arlete Reis Salles e Donizeti Ferreira Salles que me possibilitaram os estudos e a todos da minha família;

A minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosângela Bergamasco, pela orientação e esforço para o desenvolvimento deste trabalho;

Aos colaboradores da empresa estudada, pela receptividade e disponibilidade dos dados utilizados para a realização desta pesquisa;

A todos meus amigos e colegas que de uma maneira direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

## RESUMO

O setor industrial é o segundo maior consumidor mundial de água, mostrando-se um grande potencial de racionalização e possibilidade de reutilização desse recurso. O presente trabalho apresenta, inicialmente, um levantamento bibliográfico de aspectos relacionados a água como disponibilidade, importância, problemas relacionados, as principais aplicações na indústria, os requisitos de qualidade exigidos para cada tipo de uso, a prática do reúso e as legislações pertinentes a conservação dos recursos hídricos e ao reúso. Em seguida, são demonstrados os meios utilizados para atingir os objetivos propostos para conclusão do trabalho como a visita a indústria, a quantificação dos volumes de captação de água, de consumo nas torres e de efluente tratado e uma análise da potencialidade de reúso das águas das torres e do efluente tratado. Por fim, pode-se concluir que as águas provindas das torres de resfriamento apresentam requisitos de qualidade que favorecem a reutilização, acontecendo o contrário para o efluente tratado, que caso se faça a opção de reutilização de água desse ponto, dependendo o fim desejado, essa água deverá passar por outros tratamentos e ainda a literatura mostra-se favorável a reutilização, apresentando apenas uma ressalva, para que a reutilização não se torne meta principal em uma gestão de recursos hídricos.

**Palavras-chave:** Disponibilidade Hídrica. Reutilização de Água Industrial.

# SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA .....	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 <i>Objetivos Gerais</i> .....	2
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 ASPECTOS GERAIS DA ÁGUA .....	4
2.2 PRINCIPAIS USOS DA ÁGUA NA INDÚSTRIA .....	6
2.3 REQUISITOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	7
2.4 GESTÃO DA ÁGUA .....	13
2.5 REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA .....	14
2.6 REÚSO INDUSTRIAL .....	15
2.7 ASPECTOS LEGAIS DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA .....	17
2.7.1 <i>Outorga pelo Uso da Água</i> .....	19
2.7.2 <i>Cobrança pelo Uso da Água</i> .....	21
2.8 RESFRIADORES DE ÁGUA .....	22
<b>3 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>25</b>
3.1 METODOLOGIA.....	25
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	28
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>35</b>
ANEXO A .....	36
ANEXO B.....	38
ANEXO C.....	41
ANEXO D.....	44
ANEXO E.....	46

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: TORRE DE RESFRIAMENTO SULZER POR AR INDUZIDO .....	23
FIGURA 2: TORRE DE RESFRIAMENTO DE RESINA PLÁSTICA E FIBRA DE VIDRO DA GEA DO BRASIL S. A.....	24
FIGURA 3: TORRE DE RESFRIAMENTO I .....	25
FIGURA 4: TORRE DE RESFRIAMENTO II .....	26
FIGURA 5: HIDRÔMETRO.....	26
FIGURA 6: CISTERNA .....	27
FIGURA 7: LA GOA DE ESTABILIZAÇÃO III.....	28

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CATEGORIAS DE ÁGUA DE ACORDO COM SUA QUALIDADE .....	9
TABELA 2: PADRÃO DE QUALIDADE RECOMENDADO PARA ÁGUA DE RESFRIAMENTO E GERAÇÃO DE VAPOR .....	10
TABELA 3: REQUISITOS DE QUALIDADE PARA ÁGUA DE USO INDUSTRIAL .....	11
TABELA 4: CRITÉRIOS PARA TRATAMENTO E REÚSO DE ÁGUA DA USEPA (1992) .....	12
TABELA 5: CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOCES QUANTO AOS SEUS PRINCIPAIS USOS .....	18
TABELA 6: CLASSES DE ÁGUA DE REÚSO PELA NBR-13.969 E PADRÕES DE QUALIDADE .....	19
TABELA 7: MÉDIAS DE VOLUMES DE ÁGUA: CAPTADA, CONSUMIDA NAS TORRES E DE EFLUENTE TRATADO .....	29
TABELA 8: RESULTADOS ANALÍTICOS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA DA CISTERNA, TORRE I, TORRE II E EFLUENTE TRATADO .....	30



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CF	Coliformes Fecais
CLR	Cloro Residual
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
LQ	Limite de Quantificação do Método
m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
mg	Miligramas
mg/L	Miligramas por Litro
mL	Mililitros
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrognônico
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SST	Sólidos Suspensos Totais
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VMP	Valor Máximo Permitido

# 1 INTRODUÇÃO

A água é indispensável à manutenção da vida e um elemento essencial para o desenvolvimento econômico, social e cultural. Sua disponibilidade é variável no tempo e no espaço, devido às condições climáticas de cada região e o período do ano, fator que pode ser afetada pelas atividades humanas, seja pelo uso excessivo ou pela emissão de poluentes como, esgotos domésticos e efluentes industriais.

Essa substância é fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades, mas para que isso ocorra de forma equilibrada a disponibilidade de recursos hídricos deve exceder significativamente as demandas. À medida que essa relação vai diminuindo a probabilidade de estresse ambiental e de conflitos entre os diversos usuários acentua-se.

Com o crescente aumento do risco de escassez da água, é imprescindível a adoção de estratégias de gerenciamento que possibilitem um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, como o uso racional e seu reúso.

Segundo Lora (2002), um gerenciamento correto dos recursos d'água pode garantir a sua disponibilidade futura para o uso humano. Entre outras medidas a serem implementadas tem-se:

- ✓ aumentar a eficiência da utilização da água, evitando desperdícios (sistemas de irrigação mais eficientes, manutenção nos sistemas urbanos de distribuição de água, preço adequado da água, etc.);
- ✓ preservar as fontes de fornecimento de água;
- ✓ controle do tratamento dos efluentes industriais e domésticos;
- ✓ gerenciamento cooperativo das fontes de água e bacias (um exemplo disso são os comitês de bacias no Brasil).

## **1.1 Justificativa e Relevância**

A crescente conscientização ambiental do setor industrial, como reação a grandes instrumentos de pressão, como as imposições sofridas pelo mercado interno e externo pela melhoria da competitividade e as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, tem levado a indústria ao aprimoramento de seus processos e ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental.

Diante deste cenário, a prática do reúso de águas, aliado a racionalização do uso e a minimização da geração de efluentes, surge como forma de contribuir para a manutenção e equilíbrio dos recursos hídricos.

“O desenvolvimento sustentável da água necessita de um compromisso no presente, para atender as nossas necessidades sem comprometer as gerações futuras” (Tomaz, 2001).

No contexto de que todo trabalho requer motivação para realizá-lo, esta pesquisa foi motivada pela busca permanente e constante do conhecimento intelectual e acadêmico, norteando-se pelo interesse em contribuir, mesmo que modestamente, para o conhecimento e entendimento do assunto proposto.

Este trabalho torna-se relevante à medida que as pessoas tomam consciência do problema de escassez de recursos hídricos vividos por diversas comunidades ao redor do mundo, principalmente pelo desperdício, ausência de gestão na utilização dos recursos e contaminação de rios e lagos. Portanto, dentro desta linha de raciocínio, fica cada vez mais evidente a importância do reúso da água e a busca de novas tecnologias, principalmente para garanti-la em qualidade e quantidade suficientes para as gerações futuras.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos gerais**

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar a importância do reúso da água, bem como, elaborar um estudo que auxilie no processo de tomada de decisão para implantação de medidas que visem à racionalização e a reutilização da água.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Este trabalho pretende:

- Quantificar os seguintes volumes de água na Cooperativa: consumida nos processos de resfriamento nas indústrias de esmagamento de grãos, captada e o de efluente tratado;
- Verificar na Cooperativa a representatividade do consumo de água utilizada nos processos de resfriamento nas indústrias de esmagamento de grãos, assim como, o de efluente tratado em relação a água captada;
- Avaliar a qualidade da água provinda dos processos de resfriamento das indústrias de esmagamento de grãos e do efluente tratado da Cooperativa;
- Verificar as possíveis reutilizações da água provinda dos processos de resfriamento das indústrias de esmagamento de grãos e do efluente tratado da Cooperativa;
- Estudar as vantagens e desvantagens que a reutilização da água pode trazer para o setor industrial;

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Aspectos Gerais da Água

A superfície da terra é ocupada por aproximadamente 71% de água, desses 95,5% são águas salgadas e 2,2% estão presentes nas calotas polares e geleiras, restando apenas 2,3% de água doce utilizável, incluindo lagos, cursos d'água e atmosfera, mas sobretudo água do solo e do subsolo, sendo que o volume das águas subterrâneas é três vezes maior do que o das superficiais, mas estão praticamente indisponíveis devido à dificuldade para ser extraída e ao custo de exploração (Vasconcelos, et. Al., 2004).

O Brasil é conceituado como um país de abundância em água, sendo um dos países que mais dispõem desse recurso, ou seja, cerca de 13% de toda água do planeta (Mierzwa & Hespanhol, 2005). Já segundo Vasconcelos et. Al. (2004), o Brasil é um país parcialmente privilegiado em recursos hídricos, pois possui 14% da reserva de água do mundo, no entanto, essa água doce não é igualmente distribuída por todo território brasileiro, do total 80% encontram-se na Amazônia que é a região menos habitada do país e os outros 20% ficam com as demais regiões onde concentra a grande maioria da população brasileira.

A água, um recurso imprescindível ao surgimento e a manutenção da vida em nosso planeta, é necessária para o desenvolvimento de várias atividades criadas pelo ser humano e por essa razão apresenta valores econômicos, sociais e culturais (Moran, Morgan e Wiersma, 1985 e Beekman, 1998 apud Mierzwa & Hespanhol, 2005). Segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), a água além de dar suporte à vida, pode ser utilizada para o transporte de pessoas e mercadorias, geração de energia, produção e processamento de alimentos, processos industriais diversos, recreação e paisagismo, além de assimilação de poluentes.

Rebouças et. Al. (2006) diz que a água pura é um líquido insípido, inodoro e incolor. Considerada como um solvente universal devido ao fato de praticamente todas as substâncias em maior ou em menor grau serem solúveis na mesma, o que torna a impurificação com outras substâncias extremamente fácil.

A água sempre teve grande importância para as civilizações, que se desenvolveram ou desapareceram em função da sua disponibilidade ou escassez. Esta escassez torna-se mais preocupante quando se observa que a disponibilidade de água é geograficamente desigual,

sendo que alguns povos foram privilegiados com água em abundância e outros castigados por sua escassez crônica (Vasconcelos, et. Al., 2004).

De acordo com Mierzwa & Hespanhol (2005), a disponibilidade de água em qualquer lugar é variável no tempo e no espaço, devido às condições climáticas de cada região e o período do ano e pode ser afetada pelas atividades humanas, seja pelo uso excessivo ou pela emissão de poluentes como, esgotos domésticos e efluentes industriais.

Segundo Hespanhol (2002), a água tornou-se um fator determinante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola nas regiões áridas e semi-áridas, e em muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para satisfazer demandas excessivamente elevadas, tem levado a procura novas fontes de recursos e recursos hídricos de bacias vizinhas como complemento. Estas condições trazem como consequência direta, aumentos consideráveis de custo, além de evidentes problemas legais e político-institucionais associados. Sendo assim, o conceito “substituição de fontes”, se mostra como a alternativa mais aceitável para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Do consumo mundial de água, aproximadamente 75% são utilizados na agricultura, 21% na indústria e mineração e apenas 4% são para o consumo doméstico nas cidades. “Nos últimos 60 anos, a população mundial dobrou, enquanto que o consumo de água multiplicou-se por sete” (Vasconcelos, et. Al., 2004).

Segundo Sautchúk et. Al. (2005), a necessidade de tomar atitudes que visem racionalizar a utilização de recursos hídricos e amenizar os impactos negativos relacionados à geração de efluentes pelas indústrias, deve-se a limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente.

Diz ainda, que devido a desigualdade existente na distribuição dos recursos hídricos e das populações nas diversas regiões do planeta e mesmo no Brasil, faz com que seja cada vez mais difícil o abastecimento de algumas regiões, principalmente as metropolitanas, tendo por consequência aumentos gradativos dos custos de fornecimento de água.

Neste contexto, práticas conservacionistas como o uso eficiente e o reúso da água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou a instalação de novos sistemas de abastecimento de água (Sautchúk et. Al, 2005).

## **2.2 Principais Usos da Água na Indústria**

A água sem dúvida é o mais importante bem natural disponível da humanidade, tornando-se imprescindível a todas as formas de vida. Utilizada como fonte de energia para o homem, meio de transporte e usada de inúmeras maneiras pelos diversos segmentos industriais como matéria prima, reagente, solvente de substâncias em seus três estados físicos, lavagem, veículo de suspensão de materiais em fase sólida e em operações envolvendo transmissão de calor (Rebouças et. Al, 2006).

De acordo com Sautchúk et. Al. (2005), de uma maneira ampla, pode-se dizer que a água possui as seguintes aplicações na indústria:

- Consumo humano: água utilizada em qualquer atividade com contato humano direto como em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros e equipamentos de segurança;
- Matéria Prima: como matéria prima, a água será incorporada ao produto final, utilizada para a obtenção de outros produtos como, por exemplo, em produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, de cosméticos, de alimentos e conservas e fármacos;
- Uso como fluido auxiliar: pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem.
- Uso para 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;
- Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento: nestes casos, a água é utilizada como fluido de transporte de calor, para remoção ou adição do mesmo,

um exemplo são dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor;

- Outros Usos: utilização de água para combate a incêndio, rega de áreas verdes ou incorporação em diversos subprodutos gerados nos processos industriais, seja na fase sólida, líquida ou gasosa.

Em uma mesma indústria pode ser utilizada água de diferentes níveis de qualidade, sendo assim, a quantidade e a qualidade da água necessária ao desenvolvimento das diversas atividades consumidoras em uma indústria dependem de seu ramo de atividade e capacidade de produção. Por outro lado, o porte da indústria, que está relacionado com a sua capacidade de produção, irá definir qual a quantidade de água necessária para cada uso (Sautchúk et. Al., 2005).

O ANEXO A apresenta a distribuição do consumo de água por tipo de atividade industrial, dados que podem ser utilizados como referência para indústrias brasileiras, já que, os mesmos pertencem a indústrias norte-americanas.

### **2.3 Requisitos de Qualidade da Água**

Para cada tipo de uso, a água deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que garantam a segurança dos usuários, a qualidade do produto final e a integridade dos componentes com os quais entrará em contato (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Segundo Sautchúk et. Al. (2005), a definição da qualidade da água é dada por suas características físicas, químicas, microbiológicas e radioativas. Para cada tipo de aplicação, o grau de qualidade exigido pode variar significativamente:

- Consumo humano: água potável, atendendo às características estabelecidas pela Portaria nº 518 – Norma de qualidade da água para consumo humano, de 25/03/2004, do Ministério da Saúde;
- Matéria-prima: para esse fim, a variação do grau de qualidade da água pode ser significativa, admitindo a utilização de uma água com característica equivalente ou superior à da água utilizada para consumo humano, visando principalmente a proteção da saúde dos consumidores finais e/ou da qualidade final do produto;



- Fluido auxiliar: nessa aplicação o grau de qualidade da água irá depender do processo ao qual esta se destina. Caso essa água entre em contato com o produto final, o grau de qualidade será mais ou menos restritivo, de acordo com o tipo de produto que se deseja obter. Se a água não entrar em contato com o produto final, esta poderá apresentar um grau de qualidade menos restritivo que o da água para consumo humano, principalmente com relação à concentração residual de agentes desinfetantes;
- Geração de energia: para esse tipo de aplicação, o grau de qualidade da água depende do processo de geração de energia utilizado. No aproveitamento da energia potencial ou cinética, a água é utilizada no seu estado natural, podendo-se utilizá-la na forma bruta, captada de um rio, lago, ou outro sistema de preservação, devendo-se impedir que materiais de grandes dimensões, detritos, danifiquem os dispositivos de geração de energia. Já para o aproveitamento da energia térmica, após aquecimento e vaporização da água por meio do fornecimento de energia térmica, a mesma deve apresentar um elevado grau de qualidade, para que não ocorram problemas nos equipamentos de geração de vapor ou no dispositivo de conversão de energia;
- Fluido de aquecimento e/ou resfriamento: quando se utiliza a água na forma de vapor, seu grau de qualidade deve ser alto, enquanto que para utilizá-la como fluido de resfriamento ou aquecimento, o grau de qualidade requerido pode ser bem menos restritivo, devendo-se levar em consideração a proteção dos equipamentos com os quais esta água irá entrar em contato.

Mierzwa & Hespanhol (2005), acrescenta ainda a utilização da água na indústria como transporte e assimilação de contaminantes, seja em suas instalações sanitárias, na lavagem de equipamentos e instalações ou para incorporação de subprodutos sólidos, líquidos ou gasosos, gerados pelos processos industriais. Nesse caso, o grau de qualidade da água irá depender da função que a mesma irá desempenhar, possibilitando a obtenção dos melhores resultados possíveis e o não comprometimento do resultado do processo.

Conforme sua aplicação e do seu grau de qualidade, a água pode ser enquadrada em uma das quatro categorias adaptadas da classificação de Higgins (1989), baseando-se nas

características das águas superficiais de alguns rios da Região Sudeste (Aneel, 2000 apud Mierzwa & Hespanhol, 2005). A Tabela 1 representa esse enquadramento.

**Tabela 1: Categorias de Água de Acordo com sua Qualidade.**

Grau de qualidade	Parâmetros			
	STD (mg/l) <sup>a</sup>	DQO (mg/l)	SST (mg/l)	Dureza (mg/l) <sup>b</sup>
Tipo I: água ultra pura	< 10	< 1	0	0
Tipo II: água de processo de alta qualidade	10 – 60	0 – 10	0	< 30
Tipo III: água tratada	20 – 60	0 – 10	0 – 10	30 – 75
Tipo IV: água bruta ou reciclada	60 – 800	10 – 150	10 -100	-

(a) Valores baseados nos dados fornecidos pela ANEEL.

(b) Valores baseados nos dados fornecidos pela ANEEL e pela classificação da água em função da dureza.

**Fonte:** Mierzwa & Hespanhol (2005).

Muitas aplicações exigem que um maior número de parâmetros sejam atendidos, de modo que sejam minimizados os riscos ao processo, produto ou sistema no qual esta água será utilizada. Nas tabelas que se seguem são apresentados alguns dados sobre requisitos da água para aplicações industriais.

Atualmente, tem-se buscado água com um melhor grau de qualidade para aplicações industriais. O que tem levado a otimização do uso desse recurso, a redução do uso de produtos químicos para proteção de componentes que irão entrar em contato com a água e a diminuição do grau de toxicidade dos efluentes gerados. Dessa forma, a reutilização da água pode ser feita em atividades industriais menos exigentes e o sistema de tratamento dos efluentes é simplificado, contribuindo com a proteção do meio ambiente (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

A Tabela 2 apresenta os padrões de qualidade recomendados para águas a serem utilizadas para resfriamento e geração de vapor. Limites recomendados em mg/l.

**TABELA 2: Padrão de Qualidade Recomendado para Água de Resfriamento e Geração de Vapor.**

Parâmetro	Água de Resfriamento	Geração de Vapor		
		Caldeiras de Baixa Pressão (<10 bar)	Caldeiras de Média Pressão (10 a 50 bar)	Caldeiras de Alta Pressão (>50 bar)
Cloretos	500**	+	+	+
Sólidos Dissolvidos Totais	500	700	500	200
Dureza	650	350	1,0	0,07
Alcalinidade	350	350	100	40
pH	6,9 a 9,0	7,0 a 10,0	8,2 a 10,0	8,2 a 9,0
DQO	75	5,0	5,0	1,0
Sólidos Suspensos Totais	100	10	5	0,5
Turbidez	50	-	-	-
DBO	25	-	-	-
Compostos Orgânicos <sup>++</sup>	1,0	1,0	1,0	0,5
Nitrogênio Amoniacal	1,0	0,1	0,1	0,1
Fosfato	4,0	-	-	-
Sílica	50	30	10	0,7
Alumínio	0,1	5,0	0,1	0,01
Cálcio	50	+	0,4	0,01
Magnésio	0,5	+	0,25	0,01
Bicarbonato	24	170	120	48
Sulfato	200	+	+	+
Cobre	-	0,5	0,05	0,05
Zinco	-	+	0,01	0,01
Substâncias Extraídas em Tetracloreto de Carbono	-	1	1	0,5
Sulfeto de Hidrogênio	-	+	+	+
Oxigênio Dissolvido	-	2,5	0,007	0,0007

\*\* Em alguns tipos de sistemas esta concentração deve ser menor

+ Aceito como recebido, caso sejam atendidos outros valores limites

++ Substâncias ativas ao azul de metileno

**Fonte:** Crook (1996 apud Mierzwa & Hespanhol, 2005).

A Tabela 3 demonstra os requisitos exigidos de qualidade da água para aplicações industriais, onde os parâmetros são dados em mg/l, exceto quando especificada a unidade.

**TABELA 3: Requisitos de Qualidade para Água de Uso Industrial.**

Indústria e Processo	Cor (UH)	Alcalinidade e (CaCO <sub>3</sub> )	Cloro	Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	Ferro	Manganês	Nitrato	pH	Sulfato	SDT	Sólidos suspensos	Silica	Cálcio	Magnésio	Bicarbonato
Têxtil															
Engomagem	5			25	0,3	0,05		6,5 a 10,0		100	5,0				
Lavagem	5			25	0,1	0,01		3,0 a 10,5		100	5,0				
Branqueamento	5			25	0,1	0,01		2,0 a 10,5		100	5,0				
Tingimento	5			25	0,1	0,01		3,5 a 10,0		100	5,0				
Papel e celulose															
Processo Mecânico	30		1000		0,3	0,1		6 a 10							
Processo Químico não branqueamento	30		200	100	1,0	0,5		6 a 10			10	50	20	12	
Processo Químico branqueamento	10		200	100	0,1	0,05		6 a 10			10	50	20	12	
Produtos químicos															
Cloro e Alkali	10	80		140	0,1	0,1		6,0 a 8,5			10		40	8	100
Carvão de alcatrão	5	50	30	180	0,1	0,1		6,5 a 8,3	200	400	5		50	14	60
Compostos orgânicos	5	125	25	170	0,1	0,1		6,5 a 8,2	75	250	5		50	12	128
Plásticos e resinas	2	1,0	0	0	0,005	0,005	0	7,5 a 8,5	0	1,0	2,0	0,02	0	0	0,1
Borracha sintética	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5 a 8,5	0	2,0	2,0	0,05	0	0	0,5
Produtos farmacêuticos	2	2	0	0	0,005	0,005	0	7,5 a 8,5	0	2,0	2,0	0,02	0	0	0,5
Sabão e detergentes	5	50	40	130	0,1	0,1			150	300	10		30	12	60
Tintas	5	100	30	150	0,1	0,1		6,5	125	270	10		37	15	125
Madeira e resinas	200	200	500	500	0,3	0,2		6,5 a 8,0	100	1000	30	50	100	50	250
Fertilizantes	10	175	50	250	0,2	0,2		6,5 a 8,5	150	300	10	25	40	20	210
Explosivos	8	100	30	150	0,1	0,1		6,8	150	200	5	20	20	10	120
Petróleo			300	350	1,0			6,0 a 9,0		1000	10		75	30	
Ferro e aço															
Laminação a quente								5 a 9							
Laminação a frio								5 a 9			10				
Diversas															
Frutas e vegetais enlatados	5	250	250	250	0,2	0,2	10	6,5 a 8,5	250	500	10	50	100		
Refrigerantes	10	85			0,3	0,05									
Curtimento de couro	5		250	150	50			6,0 a 8,0					60		
Cimento		400	250		25	0,5	0	6,5 a 8,5	250	600	510	35			

**Fonte:** Nemerow e Dasgupta (1991 apud Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Cabe ressaltar que os dados apresentados nas tabelas anteriores são valores indicativos, pois muitos se referem a indústrias de outros países, mas que podem ser úteis para uma avaliação inicial.

A Tabela 4 apresenta um conjunto de instruções da EPA - Environmental Protection Agency - para recuperação e reúso de água abordando os tipos de usos não potável urbano, industrial,

agrícola, o reúso potável indireto por recarga de águas subterrâneas e o aumento das fontes superficiais de abastecimento.

**Tabela 4: Critérios para Tratamento e Reúso de Água da USEPA (1992)**

<b>Tipo de Uso</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Qualidade da Água Recuperada</b>
Usos urbanos, irrigação de cultivos alimentares comidos crus, represas recreativas	Secundário, Filtração e Desinfecção	PH = 6.9 ≤ 10 mg/l de DBO ≤ 2 uT <sup>a</sup> CF = não detectável <sup>b</sup> 1 mg/ l ≤ Cloro residual <sup>c</sup>
Irrigação em áreas de acesso restrito e cultivos alimentares processados, reservatórios estéticos, uso em construções, refrigeração industrial, irrigação paisagística	Secundário e Desinfecção	PH = 6.9 ≤ 30 mg/l de DBO ≤ 30 mg/l de SST ≤ 200 NMP/100 ml de CF <sup>e</sup> 1 mg/ l ≤ Cloro residual <sup>c</sup>
Recarga de águas subterrâneas por infiltração (aquíferos de uso não potável)	Lugares específicos e dependente do uso, Primário (no mínimo)	Lugares específicos e dependente do uso
Recarga de águas subterrâneas por injeção (aquíferos de uso não potável)	Lugares específicos e dependente do uso, Secundário (no mínimo)	Lugares específicos e dependente do uso
Recarga de águas subterrâneas por infiltração (aquíferos de uso potável)	Lugares específicos, Secundário e Desinfecção (no mínimo)	Lugares específicos e padrão de qualidade de água potável na zona não saturada depois da percolação
Recarga de águas subterrâneas por injeção (aquíferos de uso potável)	Inclui-se o seguinte: Secundário, Filtração, Desinfecção e Tratamento Avançado de Água residuárias	Inclui-se o seguinte: PH = 6.5-8.5 ≤ 2 uT <sup>a</sup> CF = não detectável <sup>b</sup> 1 mg/ l ≤ Cloro residual <sup>c</sup> Padrão de água potável

<sup>a</sup> valor médio de 24 horas. Não deverá exceder 5 uT. Deve ser primeiramente ser desinfetado.

<sup>b</sup> baseado no valor mediano de 7 dias. Nenhuma amostra deverá exceder a 14 NMP/100 ml de CF.

<sup>c</sup> depois de tempo de contato mínimo de 30 minutos.

<sup>d</sup> recirculação em torres de refrigeração.

<sup>e</sup> baseado no valor mediano de 7 dias. Nenhuma amostra deverá exceder a 800 NMP/100 ml de CF.

**Fonte:** Crook e Surampalli (1996 apud Felizatto, 2001).

Segundo Sautchúk et. al. (2005), o grau de qualidade da água requerido para um determinado uso hoje, pode ser muito diferente do que tenha sido utilizada por muitos anos no passado ou que venha a ser utilizado no futuro, pois com o desenvolvimento tecnológico, problemas associados à escassez de recursos naturais e poluição, podem surgir restrições com relação ao uso da água com o grau de qualidade até então considerado adequado.

O ANEXO B apresenta os principais problemas associados à qualidade da água, que influenciam diretamente as atividades industriais.

## **2.4 Gestão da Água**

Atualmente as políticas ambientais em nível global estão dando uma maior atenção à questão da degradação da qualidade da água e sua escassez qualitativa e quantitativa, o que motivou reações e busca de soluções para esse problema foram os modelos de desenvolvimento baseados na utilização irracional dos recursos naturais. A gestão ambiental e a da água tiveram sua importância reforçada nas políticas públicas de desenvolvimento de numerosos países, impulsionadas pelas iniciativas de modernização dos modelos e sistemas nacionais de gestão da água que por sua vez, aproveitaram-se do movimento global de busca de sustentabilidade (Magalhães Júnior, 2007).

O que não faltam são legislações para gerenciar os nossos recursos hídricos. As coisas não dão certo pela falta de competência gerencial matizada com mau uso dos recursos hídricos (Dias, 2004).

Com o intuito de minimizar os riscos potenciais associados à escassez de água, foi criada a política nacional sobre gerenciamento de recursos hídricos, essa estabelece que a água é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Com esse conceito os termos uso racional e reúso de água tornam-se elementos chaves em qualquer programa de gerenciamento de águas e efluentes (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

A adoção da prática de conservação e reúso de água vêm se difundindo em todo Brasil, a qual consiste na utilização de fontes alternativas de água e na redução dos volumes captados por meio da otimização do uso (Hespanhol, et. al., 2006). Ainda segundo o mesmo autor, “a gestão da demanda se inicia por um processo integrado de identificação e medição contínua de demandas específicas de cada sub-setor industrial”, o que colabora para um controle maior

sobre a demanda individualizada e orienta a eliminação do desperdício operacional e a modernização dos processos.

## **2.5 Reutilização da Água**

A natureza já vem reciclando e reutilizando a água a milhões de anos, por meio do ciclo hidrológico. Esse sistema funcionou de forma amplamente satisfatória durante muitos anos, mas em muitas regiões isso já não ocorre mais, devido ao agravamento das condições de poluição, seja pela ineficiência dos tratamentos de efluentes urbanos ou pela sua completa ausência (Sautchúk, et. al., 2005).

A escassez de recursos hídricos em algumas regiões do Brasil poderá ser ou já é, em alguns casos, uma realidade. Preocupados com isso, setores que dependem desse recurso tão importante estão adotando estratégias relacionadas ao reúso da água, essa opção visa garantir o atendimento às demandas e, dessa forma, possibilitar que as aspirações por uma melhor qualidade de vida sejam atingidas (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Conforme Felizatto (2001), o reúso de águas residuárias contribui para minimização de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, o qual reduz a água captada e promove a redução no consumo de energia elétrica necessário para recalque e transporte.

A prática do reúso não deve ser vista como a principal meta em um modelo de gerenciamento de águas e efluentes, pois deve se considerar que à medida que se aplica o reúso, a concentração de determinados contaminantes aumenta. Além disso, a água de reúso deve apresentar características físicas, químicas e biológicas adequadas para cada tipo de uso. Caso esses pontos não forem observados e a prática do reúso for adotada mesmo assim, todas as atividades nas quais a água de reúso for aplicada serão comprometidas. Ignorar as etapas de estudo e avaliação da prática do reúso é colocar em risco o sucesso de qualquer programa que busque um melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis, bem como condenar ao fracasso e descrédito ferramentas de grande potencial para minimizar conflitos pelo uso da água e riscos de redução das atividades econômicas (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Rebouças et. al. (2006) e Sautchúk et. al. (2005), relatam que o reúso de efluentes pode trazer benefícios a diferentes níveis, tais como:

- Ambiental: onde essa prática acarretará, na redução dos volumes lançados em cursos d'água, diminuição das necessidades de captação de águas superficiais e subterrâneas e no aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como, o abastecimento público, hospitalar, etc ;
- Econômico: o reúso leva à conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais, mudanças nos padrões de produção e consumo, redução de custos de produção, tornando dessa forma o setor competitivo e o habilitando a receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água;
- Social: ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva, geração de novos empregos, diretos e indiretos, e a melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade.

## **2.6 Reúso Industrial**

De acordo com Rebouças et. al. (2006), até recentemente, a disponibilidade de água no Brasil era vista como inesgotável, com isso, não havia preocupação alguma com os despejos industriais, posteriormente, quando os mesmos passaram a incomodar as populações circunvizinhas das fábricas é que desenvolveu-se como alternativa de solução o tratamento “fim de tubo”. No entanto, a necessidade da otimização do manejo da água na indústria só veio a partir da elevada pressão pela opinião pública e pela legislação e fiscalização para reduções do consumo de água e descarga de efluentes.

Segundo Mattio (1999) o que tem incentivado cada vez mais o reaproveitamento da água industrial é o crescente aumento do custo da água tratada e critérios cada vez mais rigorosos quanto aos descartes de efluentes.

Relata ainda que indústrias que não necessitam de água de processo com qualidade potável são as que possuem maior potencial para o reaproveitamento.



A necessidade da otimização do manejo da água deveu-se, essencialmente, por três fatores determinantes: a proteção ambiental, o custo crescente dos tratamentos – a montante e a jusante – e a evidente diminuição da disponibilidade da água. A fim de driblar essa crise o setor industrial optou por atuar em dois níveis distintos: a implementação de ações para reúso de água e o reaproveitamento de efluentes domésticos (Rebouças et. al., 2006).

A água poluída pode ser usada novamente, é o chamado reúso da água, mas não de forma potável, é o que recomenda a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e por demais órgãos internacionais (Tomaz, 2001).

Hespanhol et. al. (2006), relatam que antes de adotar a prática do reúso, deve-se identificar a qualidade mínima da água necessária para um determinado processo ou operação. As alternativas existentes de reúso são duas: o reúso macro externo é o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias e o reúso macro interno, definido como uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria. O reúso macro interno pode ser de duas formas distintas:

- Reúso em cascata: o efluente originado em um determinado processo industrial é diretamente utilizado em um processo subsequente, sem haver tratamento, pois atende aos requisitos de qualidade da água exigidos para o próximo processo.
- Reúso de efluentes tratados: esse tipo de reúso é o que tem sido mais utilizado na indústria. Consiste na utilização de efluentes originados localmente e após tratamento adequado para chegar à qualidade necessária aos usos pré-estabelecidos. Neste caso deve-se levar em consideração a elevação da concentração de contaminantes que não podem ser eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas, na maioria das empresas, essas técnicas não possibilitam a remoção de compostos inorgânicos solúveis.

O reúso de efluentes industriais com níveis mínimos de tratamento pode ser feito basicamente em caldeiras, torres de resfriamento, preparação e cura de concretos, na lavagem de alguns tipos de peças, em certos serviços periféricos como limpeza de pisos e irrigação de áreas verdes de instalações fabris. Já para fins mais nobres como produção de vapor, lavagem de gases de chaminés ou uso em processos industriais específicos, o reúso de água servida deverá envolver sistemas de tratamento avançado (Rebouças et. al., 2006).

## **2.7 Aspectos Legais da Conservação e Reúso de Água**

Com o objetivo de garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, permitindo um melhor equilíbrio entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos, a constituição de 1988 estabelece a dominialidade dos recursos hídricos, que podem ser federais, no caso de corpos d'água transfronteiriços, interestaduais ou que façam divisa entre dois ou mais estados, ou estaduais, se contidos inteiramente em um único estado da federação (Sautchúk et. al., 2005).

Em 8 de janeiro de 1997 é promulgada a Lei Nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH – com o desafio de equacionar a demanda crescente de água para confrontar com o crescimento urbano, industrial e agrícola, aos potenciais conflitos de usos desse recurso (Rebouças et. al., 2006).

Segundo Medauar (2006), o Capítulo IV dessa mesma lei, estabelece os seguintes instrumentos de gerenciamento:

- I – os Planos de Recursos Hídricos;
- II – o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso;
- III – a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV – a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V – a compensação a município;
- VI – Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos.

Por sua vez, a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – faz determinações sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de despejo de efluentes, define diretrizes de qualidade da água a serem observadas de acordo com os usos preponderantes dos cursos d'água (Medauar, 2006).

A Tabela 5 demonstra a classificação das águas doces no Brasil de acordo com seus principais usos preponderantes.

**Tabela 5: Classificação das Águas Doces Quanto aos Seus Principais Usos.**

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>TIPO DE USO</b>
Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de produção integral.</li> </ul>
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>b) à proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>c) à recreação de contato primário tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;</li> <li>d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</li> </ul>
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>b) à proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;</li> <li>d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>e) à aqüicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>c) à pesca amadora;</li> <li>d) à recreação de contato secundário;</li> <li>e) à dessedentação de animais.</li> </ul>
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) à navegação;</li> <li>b) à harmonia paisagística;</li> </ul>

**Fonte: Medauar (2006).**

No Brasil, a primeira regulamentação que debateu sobre o reúso de água foi a norma técnica NBR-13.696, de setembro de 1997, onde considera o reúso como uma opção à destinação de

esgotos de origem doméstica ou com características semelhantes. Essa norma contempla quatro classes de água de reúso e seus respectivos padrões de qualidade, conforme apresentado na Tabela 6.

**Tabela 6: Classes de Água de Reúso pela NBR-13.969 e Padrões de Qualidade**

<b>Água de Reúso</b>	<b>Aplicações</b>	<b>Padrões de Qualidade</b>
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL
Classe 4	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

**Fonte: Hспанhol et. al. (2006).**

### **2.7.1 Outorga pelo uso da água**

Conforme Sautchúk et. al. (2005) e Rebouças et. al. (2006), a “outorga” é um instrumento de gerenciamento de recursos hídricos que dá ao órgão gestor, condições de gerenciar e assegurar a quantidade e qualidade desses recursos, e ao usuário o direito de acesso à água ou a habilitação para o seu uso. Cabe ao poder outorgante (União e Estado) a avaliação de cada pedido de outorga, verificando se as quantidades existentes são suficientes, considerando os aspectos qualitativos e quantitativos. Desta forma, a outorga ordena e regulariza os diversos usos da água em uma bacia hidrográfica.

Com a outorga o usuário tem o reconhecimento legal do uso dos recursos hídricos e a mesma tem prazo de validade limitado, estabelecido em função das características do empreendimento (Art. 16 da Lei nº 9.433/97). Uma vez concedida a outorga, o ato é publicado no Diário Oficial da União (caso da Agência Nacional de Águas – ANA), ou nos Diários Oficiais dos Estados ou do Distrito Federal, onde se identifica o outorgado e são estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que o mesmo está sendo autorizado a fazer (Sautchúk et. al., 2005).

A seção III (Art. 12 da Lei nº 9433/97), diz que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos (Medauar, 2006):

- I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo hídrico para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III - Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo d'água.

Ações que tem por objetivo à conservação e o gerenciamento correto de recursos hídricos são de extrema importância, pois a carência deste recurso pede que atitudes sejam tomadas. Sendo assim, é fundamental que a outorga, na análise dos requerimentos leve em conta a eficiência dos processos, procurando incentivar e promover o uso eficiente da água, principalmente nas regiões em que ocorram conflitos de uso. Nesse aspecto a prática de reúso pode ser um fator importante para viabilizar a solução de conflitos em regiões onde haja escassez de recursos hídricos, ou problemas referentes à qualidade dos mesmos (Sautchúk et. al., 2005).

Sautchúk et. al. (2005) ressalta que o reúso, em si, não é objeto de outorga, já que não tem uma interferência direta nos corpos d'água, no entanto, sua prática pode influenciar no balanço hídrico do empreendimento, tanto do ponto de vista quantitativo como no qualitativo.

Dessa forma, é importante, também, que os órgãos outorgantes e gestores dos recursos hídricos procurem se informar sobre a prática de reúso e o consumo de água nas várias alternativas de processo, de forma a poder fundamentar decisões sobre o incentivo a essa prática.

### **2.7.2 Cobrança pelo uso da água**

A indústria nacional está submetida atualmente a dois grandes instrumentos de pressão. De um lado, as imposições do comércio internacional pela melhoria da competitividade e, do outro, as questões ambientais e as recentes condicionantes legais de gestão de recursos hídricos, particularmente as associadas à cobrança pelo uso da água (Hespanhol, et. al., 2006).

A Lei nº 9.433/97 definiu a cobrança como um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e a Lei nº 9.984/2000, que instituiu a Agência Nacional de Águas - ANA - a competência para dar execução, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União (Sautchúk et. al., 2005).

Sautchúk et. al. (2005) ainda relata que a cobrança pelo uso de recursos hídricos incentiva o reúso da água. Ao reutilizar a água, o usuário reduz o volume de captação e lançamento e, conseqüentemente, tem sua cobrança reduzida.

Na seção IV (Lei nº 9433/97), da cobrança do uso dos recursos hídricos, deve-se destacar (Mierzwa & Hespanhol, 2005):

Art. 19 – A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;

II - incentivar a racionalização do uso da água.

Art. 21 – Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:

I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;

II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

## 2.8 Resfriadores de Água

No setor industrial há diversas operações que se faz necessário o resfriamento de equipamentos, máquinas e produtos, tanto em fase de produção, quanto após seu processamento. Para fazer a remoção de calor, uma maneira adequada consiste na utilização de água (Macintyre, 1997).

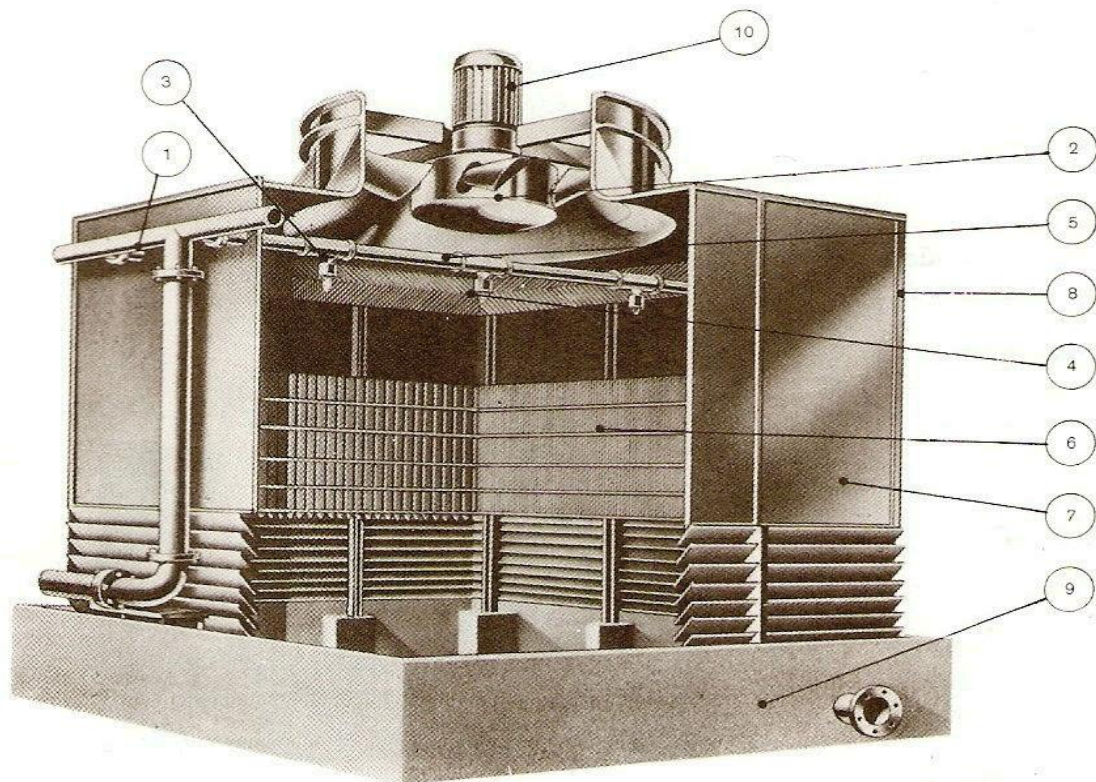
O processo de resfriamento da água pode ser feito em grandes reservatórios, cuja superfície livre fica em contato com o ar, mas a colocação de torres de resfriamento normalmente possui maior praticidade e economia (Macintyre, 1997).

Ainda esse mesmo autor descreve três tipos de torres de resfriamento e suas respectivas características:

- **Torres com circulação natural de ar:** aspersores e chuveiros lançam a água de certa altura numa bacia coletora, enquanto que o ar adentra pelas venezianas colaborando para dispersão e resfriamento das gotas de água em sua queda;
- **Torre de resfriamento por ar induzido, com aspiração do ar em contracorrente:** nesse tipo de torre a água também cai de aspersores na parte superior de uma caixa que possui grandes paredes laterais permitindo a entrada de ar por venezianas. Possui um ventilador axial de pás ou de passo ajustável para proporcionar a saída de ar por uma abertura na parte superior, a ação do mesmo, produz uma rarefação na torre, induzindo a entrada de ar no sentido oposto ao da água que goteja. Internamente à torre há um enchimento de grades e colméias especiais, em cuja travessia a água processa a transferência de seu calor para o ar;
- **Torre de resfriamento por ar induzido, com insuflamento de ar em contracorrente com insuflamento lateral:** A caixa tem certas similaridades com a do tipo de aspiração sem o “colarinho” onde é colocado o ventilador.

Nesse caso, utiliza-se de um ventilador centrífugo que insufla o ar horizontalmente sobre a colméia por onde as gotículas de ar se deslocam por gravidade. A saída de ar pode ser na vertical ou na horizontal, usando-se neste caso o sistema chamado de corrente cruzada.

A figura 1 apresenta um modelo de torre de resfriamento e a legenda explicativa de cada ponto encontra-se abaixo da ilustração.



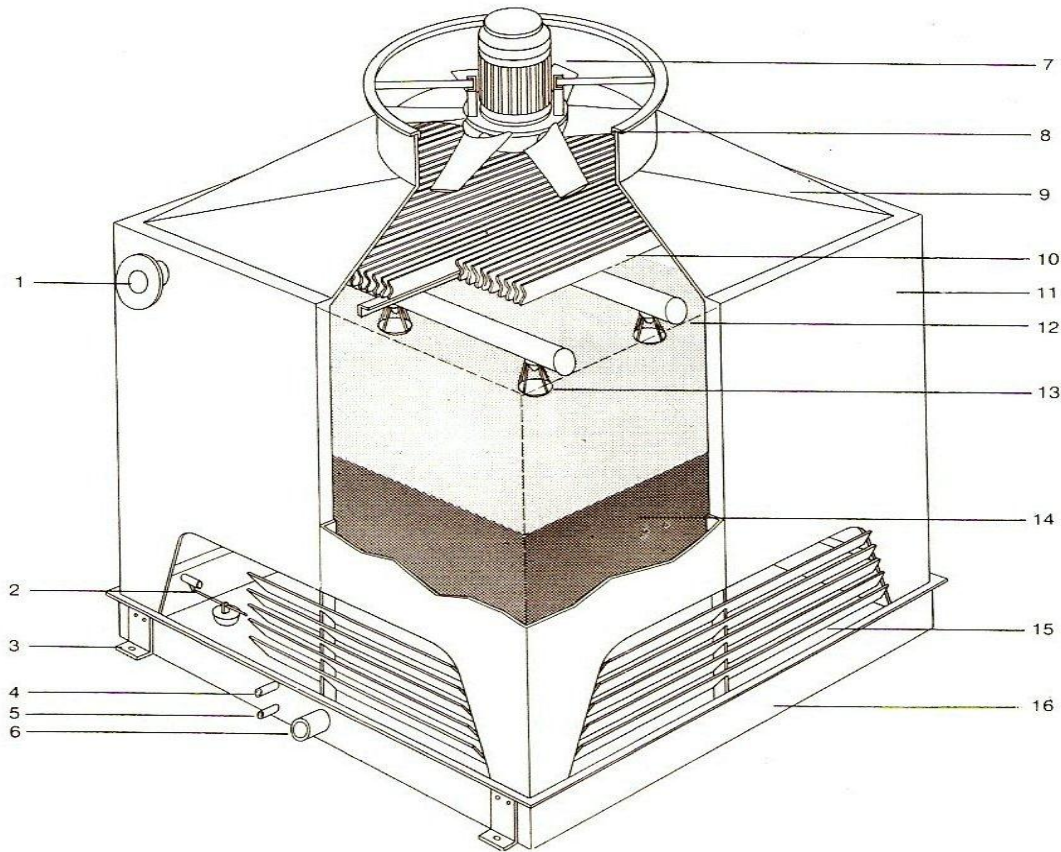
**Figura 1: Torre de resfriamento Sulzer por ar induzido**

Legenda:

1. Coletor de entrada de água a ser resfriada
2. Ventilador axial
3. Bicos pulverizados
4. Separador de gotas
5. Tubulação de distribuição dos bicos
6. Enchimento
7. Revestimento
8. Estrutura
9. Bacia recolhadora
10. Motor multipolar



A figura 2 mostra um modelo de torre de resfriamento da GEA do Brasil S.A., cuja legenda encontra-se logo abaixo.



**Figura 2: Torre de resfriamento de resina plástica e fibra de vidro da GEA do Brasil S.A.**

Legenda:

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| 11. Entrada de água       | 9. Parte superior da carcaça       |
| 12. Água de reposição     | 10. Eliminador de gotas            |
| 13. Cantoneira de fixação | 11. Parte da carcaça               |
| 14. Ladrão                | 12. Tubo de distribuição de água   |
| 15. Dreno                 | 13. Bico de aspersão               |
| 16. Saída de Água         | 14. Enchimento resfriador (gaiola) |
| 17. Motor                 | 15. Entrada de ar/venezianas       |
| 18. Hélice do ventilador  | 16. Bacia coletora de água         |

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho, a metodologia adotada teve como base pesquisas bibliográficas nacionais relacionadas a temáticas como disponibilidade hídrica, reúso de água e legislações pertinentes. Utilizaram-se também informações obtidas em sites na internet, buscando referências, conceitos, instrumentos legais existentes relacionados à temática de reciclagem de água.

Para a pesquisa de campo foram executadas as seguintes atividades:

- I. Uma visita a Cooperativa foi realizada a fim de conhecer os pontos de captação de água, a estação de tratamento de efluentes - ETE - e os pontos de consumo de água da unidade de produtos de commodities da Cooperativa, dos quais foram selecionados para este trabalho apenas as torres de resfriamento das plantas de esmagamento de grãos, que serão tratadas como Torre I e Torre II, conforme demonstradas nas figuras abaixo;



**Figura 3: Torre de Resfriamento I**



**Figura 4: Torre de Resfriamento II**

- II. Foram realizadas as quantificações dos respectivos volumes: água captada (poços), água consumida (Torre I e Torre II) e do efluente tratado. As quantificações foram feitas por meio de leituras nos hidrômetros, como o apresentado na figura 5, os dados coletados foram apresentados no ANEXO C. As leituras foram coletas mensalmente durante três meses seguidos;



**Figura 5: Hidrômetro**

III. Coletou-se amostra de água da Cisterna (representada pela Figura 6), Torre I, Torre II e Efluente Tratado (a amostra de água deste ponto foi coletada na saída da tubulação que transporta o efluente tratado para lagoa de estabilização III, conforme Figura 7) e enviaram-as ao laboratório da própria Cooperativa para as seguintes análises físico-químicas e microbiológicas fossem realizadas:

- pH;
- Dureza;
- Coliformes Termotolerantes;
- Alcalinidade;
- SST;
- SDT;
- Turbidez;
- CLR;
- OD;
- DQO.



**Figura 6: Cisterna**



**Figura 7: Lagoa de Estabilização III**

### **3.2 Resultados e Discussões**

O estudo realizado para se verificar as vantagens e desvantagens que a reutilização de água de efluentes pode trazer a indústria em geral, mostra que vários são os benefícios relacionados aos níveis ambiental, econômico e social. No caso das desvantagens, o que se encontra na literatura estudada são apenas ressalvas como a de que o reúso não se torne meta principal em um modelo de gerenciamento de águas e efluentes, devido ao aumento da concentração de determinados contaminantes.

A empresa estudada capta a água para diversas finalidades como fabricação de sucos, geração de vapor, lavagem de pisos e equipamentos, lavador de gases, descargas em vasos sanitários e outros usos de contato direto.

Na Tabela 7, apresenta-se a média mensal para os volumes de água: captada, consumida pelas torres de resfriamento e o de efluente tratado, assim como os percentuais que a água consumida pelas torres e o efluente tratado representam em relação a água captada.

Como se pode verificar na tabela abaixo, o consumo médio de água nas torres de resfriamento representa 13,93 % de toda água captada, mas a quantidade de água que entra não é a mesma de saída, devido ao fato de que o processo de resfriamento sofre perdas como por arraste e evaporação, que são as consideradas perdas físicas e a perda por descarga que vai gerar o

efluente, pois se trata de um sistema de resfriamento com recirculação e as descargas são feitas conforme a criticidade das análises feitas a cada uma hora pelo laboratório da Cooperativa.

**Tabela 7: Médias de Volumes de Água: Captada, Consumida nas Torres e de Efluente Tratado.**

<b>Coleta</b>	<b>Volume Médio (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Percentual em Relação a Água Captada (%)</b>
<b>Água Captada</b>	94.509,33	-
<b>Consumo nas Torres</b>	13.167,59	13,93
<b>Efluente Tratado</b>	26.195,74	27,72

Dados sobre o sistema de resfriamento das torres fornecido pelos fornecedores das mesmas foram apresentados no ANEXO D.

O efluente tratado corresponde a 27,72% de toda água captada, nesse total de efluente já está o efluente gerado pelas torres de resfriamento.

A Tabela 8 mostra os resultados analíticos das amostras de água retiradas da cisterna, Torre I, Torre II e da água provinda do efluente tratado, cujo lançamento é feito primeiramente para a lagoa de estabilização III e depois para o rio. A Cooperativa a fim de atender a legislação, anualmente faz as análises do efluente conforme a Resolução CONAMA 357/05, tais resultados estão descritos no ANEXO E.

As análises da cisterna foram efetuadas a fim de ter-se uma representação da qualidade da água que entra para ser utilizada pela Cooperativa e qual a qualidade ou as características do efluente gerado. Melhor dizendo, a determinação dos parâmetros descritos para a cisterna na Tabela 8 foi efetuada para efeito de comparação.

Os seguintes parâmetros analisados turbidez e OD possuem resultados que levam a várias interpretações, devido aos sinais de maior ou menor, mas esses se devem a metodologia de análise utilizada, que serão brevemente comentadas.

- Metodologia de Análise de Turbidez: Esse parâmetro foi analisado por um laboratório externo, e a metodologia utilizada por eles foi o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA) (AWWA);
- Metodologia de Análise de Oxigênio Dissolvido (OD): Para a análise desse parâmetro foi utilizado pelo laboratório da Cooperativa um método qualitativo com o kit Chemetrics, que possui uma variação de cores distribuídas em uma escala de 0 – 100 ppb com variação/divisão de 10 em 10 e de posse da cor obtida na análise compara-se com as cores padrões desse kit e obtêm-se o valor na escala referente.

**Tabela 8: Resultados Analíticos das Amostras de Água da Cisterna, Torre I, Torre II e Efluente Tratado.**

<b>Parâmetros Analisados</b>	<b>Cisterna</b>	<b>Torre I</b>	<b>Torre II</b>	<b>Efluente Tratado</b>
pH	7,66	8,76	8,48	8,63
Dureza (mg/L)	26,5	104,5	119,0	88,5
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Ausente	11	11	Ausente
Alcalinidade (mg/L)	92,0	296,0	273,0	180
SST (mg/L)	0,008	0,03	0,03	32
STD (mg/L)	0,374	0,646	0,635	1.044
Turbidez (uT)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	20
CLR (mg/L)	0,3	0,3	0,3	0
OD (mg/L)	> 0,1	> 0,1	> 0,1	6,0
DQO (mg/L)	0	24,79	31,7	63,0

Os resultados das análises das torres de resfriamento mostraram-se satisfatórios para a prática do reúso da água, onde podemos classificá-las de acordo com a literatura descrita por Mierzwa & Hespanhol (2005), como categoria Tipo IV, ou seja, água bruta ou reciclada. Os resultados também atendem aos padrões de qualidade exigidos pela NBR-13.969, com exceção da Classe 2 e Classe 4, cujo padrão de qualidade para a primeira classe o CLR é um valor superior a 0,5 mg/L e os valores encontrados a partir das análises para ambas as torres é de 0,3 mg/L, e para a segunda classe respectivamente o padrão de qualidade exigido de OD é um valor superior a 2,0 mg/L e os valores encontrados a partir das análises para ambas é  $> 0,1$  mg/L. Dos parâmetros analisados a água provinda das torres de resfriamento atende ainda aos padrões de qualidade recomendados para água de resfriamento descrito também por Mierzwa & Hespanhol (2005).

O efluente tratado pode ser classificado de acordo com os padrões de qualidade descritos na NBR-13.969, como água de reúso Classe 4, pois para essa norma os únicos padrões atendidos são o para coliformes termotolerantes e OD. Para fazer o reúso da água provinda do efluente tratado para água de resfriamento, dos padrões analisados o parâmetro não atendido é o de STD, que na literatura descrita por Mierzwa & Hespanhol (2005), o limite para STD = 500 mg/L e o resultado obtido foi de 1.044 mg/L, muito acima do limite.



## 4 CONCLUSÃO

O presente trabalho partiu do fato de que as indústrias como grandes usuárias dos recursos hídricos, apresentam grande potencial para o reúso e a racionalização da água. A adoção dessas práticas pode trazer benefícios ao longo do tempo, sabendo-se que a escassez de água é uma realidade próxima ou já existente de acordo com a localização geográfica. Com base no trabalho realizado, pode-se concluir que:

1. O volume de água utilizado para o processo de resfriamento nas torres, possui um percentual significativo, reforçando a literatura onde se relata que pontos com grande consumo apresentam maior potencialidade para reutilização. Dessa forma podemos considerar também a potencialidade existente no efluente tratado, que no caso de reutilização, reduziria aproximadamente 30% da captação de água;
2. A água provinda das torres de resfriamento das indústrias de esmagamento de grãos mostra-se favorável à reutilização. Com as características que a mesma apresentou a prática do reúso pode ser feita, de acordo com a literatura, na lavagem de carro e outros usos com contato direto com o usuário, descarga em vasos sanitários;
3. A água proveniente do efluente tratado não se mostrou adequada para reutilização, a não ser para irrigação de pomares, cereais, pastagens para gados e etc. O ideal segundo a literatura é de acordo com padrão de qualidade requerido, água do efluente deve passar por outros tratamentos;
4. A reutilização de água de efluentes pode trazer benefícios para o setor industrial em diferentes níveis, como ambiental, econômico e social;
5. A literatura não demonstra a existência de desvantagens para reutilização de efluentes no setor industrial, apresenta apenas um alerta para que o reúso não se torne meta principal em um modelo de gerenciamento de águas e efluentes, devido ao aumento da concentração de determinados contaminantes;

## REFERÊNCIAS

- DIAS, G. F.. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**. 9ª edição. São Paulo: Gaia, 2004. p.319.
- FELIZATTO, M. R.. **ETE CAGIF: Projeto Integrado de tratamento Avançado e Reúso Direto de águas Residuárias**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001.
- HESPANHOL, I.. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH. Vol. 7 n° 4, dezembro, Edição Comemorativa. Porto Alegre, 2002. pp. 75-97.
- HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L. D. B.; SILVA, M. C. C.. **Manual de Conservação e Reuso de água na Indústria**. 1ª edição. Rio de Janeiro: DIM, 2006.
- LORA, E. E. S.. **Prevenção e Controle de Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.
- MACINTYRE, A. J.. **Equipamentos Industriais e de Processos**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997. p. 167–169.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- MEDAUAR, O.. **Constituição Federal – Coletânea de Legislação de Direito Ambiental**. 5ª edição. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2006. p.356, 419, 422.
- MATTIO, J. A.. **Reuso de água**. *Revista Meio Ambiente Industrial*. Ed. Jul./Ago. 1999.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.. **Água na Indústria Uso Racional e Reúso**. São Paulo, 2005. Oficina de Textos. p. 9-42, 95-123.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G.. **Águas Doces no Brasil**. 3ª Edição. São Paulo, 2006. Escrituras Editora.

SAUTCHÚK, C. A.; LANDI, F. D. N.; MIERZWA, J. C.; VIVACQUA, M. C. R.; SILVA, M. C. C.; LANDI, P. D. N.; SCHMIDT, W.. **Conservação e Reúso de Água. Manual de Orientações para o Setor Industrial.** Volume 1. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicações/secao2/index.asp?id=166>. Acessado em: 15/05/09.

TOMAZ, P.. **Economia de Água para Empresas e Residências. Um Estudo Atualizado sobre Medidas Convencionais e não Convencionais do Uso Racional da Água.** 2ª Edição. São Paulo, 2001. Navegar Editora MF. p.64.

VASCONCELOS, M. S. A; JUNIOR, G. S.; BOHNE, G.. **Manual de Orientação: Projeto Águas.** Bayer CropScience, 2004.

## ANEXOS

## **ANEXO A - Distribuição do Consumo de Água na Indústria por Atividades**

### Distribuição do Consumo de Água na Indústria por Atividades.

Segmento Industrial	Distribuição do Consumo de Água (%)		
	Resfriamento sem Contato	Processos e Atividades Afins	Uso Sanitário e Outros
Carne enlatada	42	46	12
Abatimento e limpeza de aves	12	77	12
Laticínios	53	27	19
Frutas e vegetais enlatados	19	67	13
Frutas e vegetais congelados	19	72	8
Moagem de milho a úmido	36	63	1
Açúcar de cana-de-açúcar	30	69	1
Açúcar de beterraba	31	67	2
Bebidas maltadas	72	13	15
Indústria têxtil	57	37	6
Serrarias	58	36	6
Fábricas de celulose e papel	18	80	1
Cloro e Álcalis	85	14	1
Gases industriais	86	13	1
Pigmentos inorgânicos	41	58	1
Produtos químicos inorgânicos	83	16	1
Materiais plásticos e resinas	93	7	+
Borracha sintética	83	17	+
Fibras de celulose sintéticas	69	30	1
Fibras orgânicas não celulósicas	94	6	+
Tintas e pigmentos	79	17	4
Produtos químicos orgânicos	91	9	1
Fertilizantes nitrogenados	92	8	+
Fertilizantes fosfatados	71	28	1
Negro de fumo	57	38	6
Refinaria de petróleo	95	5	+
Pneus	81	16	3
Cimento	82	17	1
Aço	56	43	1
Fundição de ferro e aço	34	58	8
Cobre primário	52	46	2
Alumínio primário	72	26	2
Automóveis	28	69	3

+ Valor inferior a 0,5% do volume total de água consumido.

**Fonte:** Van Der Leeden; Troise e Todd (1990 apud Mierzwa & Hespanhol, 2005).

**ANEXO B – Problemas Causados aos Processos Industriais Devido às  
Impurezas da Água**

O Quadro mostra os principais problemas associados à qualidade da água, que influenciam diretamente as atividades industriais.

### Problemas causados aos processos industriais devido às impurezas da água

PROBLEMAS									
IMPUREZA	ÁGUA DE PROCESSO			ÁGUA PARA CALDEIRAS			ÁGUA DE RESFRIAMENTO		
	Indústrias afetadas	Forma afetadas	como são	Depósitos	Corrosão	Outros	Depósitos	Corrosão	Outros
Dureza (Ca e Mg)	Todas	Incrustação e depósitos		P(1)	-	-	P	-	-
	Papel e têxtil	Depósitos sobre as fibras							
	Lavanderias	Formação de espuma sobre os tecidos							
Alcalinidade	Papel, têxtil e bebidas	Destrói reagentes ácidos, corantes, flocculantes e aromatizantes		-	P	-	P	-	-
Sólidos dissolvidos	Eletrônica, farmacêutica, alimentícia, bebidas, utilidades	Aumenta o custo de produção de água com alto grau de pureza e pode degradar a qualidade do produto final		-	-	Purgas elevadas	-	C	Purgas elevadas
Sólidos suspensos	Todas	Depósitos e desgaste de equipamentos		P	-	-	P	P	-
Oxigênio dissolvido	Todas	Principal causa de corrosão		-	P	-	-	P	p
Dióxido de carbono	Todas (3)	Pode passar para fase vapor, na sucção da bomba do poço de extração, elevando o pH da água e causando problemas de incrustação		-	P	-	-	-	Afeta o pH
Ferro e Manganês	Todas	Depósitos e manchas		P	-	-	P	-	-



## Continuação

Matéria orgânica	Alimentos e bebidas	Sabor e odor	-	-	Pode ocorrer formação de espumas e crescimento biológico*	-	-	Pode ocorrer formação de espumas e crescimento biológico
	Todas	Alimento para bactéria e contamina as resinas de troca iônica						
Sílica	...	...	C	-	P(2)	C	-	-
Micro-organismos	Todas	Produção de limo e odores	-	-	-	P	-	-

*P: principal fator responsável pelo problema; C: contribui para o problema; -: não tem efeito significativo; (1) no sistema de condensação de vapor; (2) na turbina; (3) abastecimento de água por poço profundo; \* acrescentado pelo autor.*

**Fonte:** Nalco (1998 apud Mierzwa & Hespanhol, 2005).

## ANEXO C – Dados Coletados

## Coleta de Dados

### Volume de Água Captada

<b>Coleta</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/mês)</b>
<b>1</b>	86.209,03
<b>2</b>	126.408,26
<b>3</b>	70.910,70
<b>Média</b>	<b>94.509,33</b>

### Volume de Água Consumida nas Torres de Resfriamento

<b>Coleta</b>	<b>Torre I (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Torre II (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Total Torre I + II (m<sup>3</sup>/mês)</b>
<b>1</b>	10.369,85	5.364,20	15.734,05
<b>2</b>	5.392,76	8.492,50	13.885,26
<b>3</b>	5.475,19	4.408,28	9.883,47
<b>Média</b>	<b>7.079,27</b>	<b>6.088,33</b>	<b>13.167,59</b>

**Volume de Água de Efluente Tratado**

<b>Coleta</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>/mês)</b>
<b>1</b>	26.365,60
<b>2</b>	26.271,77
<b>3</b>	25.949,86
<b>Média</b>	<b>26.195,74</b>

**ANEXOS D - Dados de Fornecedores de Sistemas de Torres de Resfriamento**

### Dados de Fornecedores de Sistemas de Torres de Resfriamento

Sistema	Fabricante	Local	Vazão (m³/h)	Altura Manométrica (MCA)		Temperatura Média (°C)			Perdas do Sistema (m³/h)			
				Torre	Condensador	Entrada	Saída	$\Delta T$	PE	PD	PA	Total
Garcia	Vetor	Fábrica I	1850,0	33,0	24,0	25,0	20,0	5,0	16,65	7,52	0,37	24,54
KWC	Kepler	Fábrica II	412,5	30,0	24,0	25,0	20,0	5,0	3,71	1,68	0,08	5,47

#### Legenda:

$\Delta T$  = Variação de Temperatura

**PE** = Perdas por Evaporação

**PD** = Perdas por Descargas

**PA** = Perdas por Arraste

**E** = Evaporação

**D** = Descarga

**A** = Arraste

**Q** = Vazão

**% PE** = Percentual de Perda por Evaporação

**% PA** = Percentual de Perda por Arraste

**ANEXO E - Análises Anual Conforme Resolução CONAMA 357/05**

**Resultados de análises de lançamento de efluentes realizadas em 14/01/09, obedecendo ao artigo 34, parágrafo 5º da resolução CONAMA 357/05.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP</b>	<b>LQ</b>	<b>Resultados</b>
Arsênio	mg/L	0,5	0,001	<0,001
Bário	mg/L	5	0,1	<0,1
Cádmio	mg/L	0,2	0,02	<0,02
Chumbo	mg/L	0,5	0,04	<0,04
Cianeto	mg/L	1	0,001	<0,001
Cobre	mg/L	1		
Dissolvido			0,02	<0,02
Cromo Total	mg/L		0,05	<0,05
Dicloroetano	mg/L	1	0,01	<0,01
Estanho	mg/L	4	0,56	<0,56
Fenol	mg/L	0,5	0,001	0,008
Ferro Solúvel	mg/L	15	0,08	<0,08
Fluoreto	mg/L	10	0,01	0,44
Manganês Solúvel	mg/L	1	0,04	<0,04
Material Sedimentável	mg/L	1	0,1	<0,1
Mercúrio	mg/L	0,01	0,001	<0,001
Níquel	mg/L	2	0,08	0,05
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	0,01	0,24
Óleos e Graxas	mg/L		1	<1,0
Óleos Vegetais e Gorduras	mg/L	50	1	<1,0
Óleos Minerais	mg/L	20	1	<1,0
pH		Entre 5 à 9	0,1	9
Prata	mg/L	0,1	0,02	<0,02
Selênio	mg/L	0,3	0,001	<0,001
Sulfeto	mg/L	1	0,0038	<0,0038
Temperatura	°C		0	23
Tetracloroetano de Carbono	mg/L	1	0,01	<0,01
Tricloroetano	mg/L	1	0,01	<0,01
Zinco	mg/L	5	0,01	0,05
Material Flutuante	mg/L	Ausente		Ausente

Onde:

VMP: Valor Máximo Permitido pela Legislação

LQ: Limite de Quantificação do Método



**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Curso de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR**  
**CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3261-4196 / Fax: (044) 3261-5874**