

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Antonio Calvet Marques

**Análise do uso da água em uma indústria de fundição de
metais não-ferrosos visando à otimização econômica e
ambiental: um estudo de caso.**

São Paulo

2006

Antonio Calvet Marques

Análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos visando à otimização econômica e ambiental: um estudo de caso.

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para obtenção do título de mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Wolney Castilho Alves.

São Paulo

Maio/2006

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Centro de Informação Tecnológica do
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

M357a **Marques, Antonio Calvet**

Análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos visando à otimização econômica e ambiental: um estudo de caso. / Antonio Calvet

Marques. São Paulo, 2006.

110p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Wolney Castilho Alves

1. Conservação de água 2. Racionalização do consumo de água 3. Processo industrial 4. Fundição 5. Metal não-ferroso 6. Indústria metalúrgica 7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Centro de Aperfeiçoamento Tecnológico II. Título

06-77

CDU 628.179:621.74(043)

DEDICATÓRIA

Este tempo de pesquisa foi um período impar em minha vida. Foi um tempo de dedicação exclusiva, o que significou muitas vezes afastamento das pessoas que tanto amo.

Dedico este trabalho à minha esposa Fernanda e ao meu filho Gabriel, pelo apoio e incentivo e por terem me ajudado a encontrar tempo para desenvolver as atividades demandadas para a conclusão desse trabalho, tendo compreensão e paciência por suportar os momentos de ausências no convívio e lazer, tão necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que de certa maneira contribuíram e me auxiliaram na consolidação deste trabalho e, em especial:

Aos meus pais por serem os maiores responsáveis por minha formação e por certa forma permitirem que isto fosse possível, apesar de não terem freqüentado uma escola, souberam ter a visão do valor da educação como meio de libertação do ser e de fortalecimento da cidadania. Um dia tiveram o sonho de oferecer a mim e a meus irmãos a oportunidade de estudar. Não mediram esforços para transformar o sonho em realidade. Agradeço profundamente por terem me incluído nos seus sonhos, pela dedicação irrestrita e por terem sido os meus maiores mestres.

Aos meus familiares: minha irmã Marizete, meu cunhado Zildimo e minhas sobrinhas Natália e Caroline que doaram parte de seus tempos para dedicarem carinho e amor ao meu filho Gabriel.

Ao meu orientador, professor Dr. Wolney Castilho Alves, por toda dedicação na orientação, pelo incentivo nesta jornada de conhecimentos, compartilhando suas valiosas idéias e reflexões, possibilitando assim o aperfeiçoamento técnico-especializado de grande valia para a estruturação e elaboração deste trabalho.

Ao professor Dr. Roque Passos Pivelli – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária - EPUSP, participante dessa banca examinadora, pela gentileza da participação e grande contribuição para a melhoria deste trabalho.

Ao professor Dr. Carlos Geraldo Luz de Freitas – DIGEO - IPT, participante dessa banca examinadora, pela gentileza da participação e grande cooperação para a melhoria deste trabalho, pela força e grande cooperação na revisão e formatação do trabalho.

À empresa objeto deste estudo de caso, nas pessoas responsáveis pela Direção por disponibilizarem recursos para a realização deste trabalho. Ao responsável pelo Setor de Manutenção por sua incansável ajuda e disponibilidade para discutir os temas relativos à utilização da água e que teve contribuição decisiva nos trabalhos de campo. Ao Gerente de Recursos Humanos que sempre me incentivou e apoiou na busca no desenvolvimento de minha qualificação profissional.

Enfim, a todos que de alguma maneira ou de outra, às vezes até sem pressentir, foram de ajuda inestimável para a realização deste trabalho.

Muito obrigado a todos por possibilitarem essa experiência enriquecedora e gratificante, da maior importância para o meu crescimento como ser humano e profissional.

RESUMO

A água é um bem necessário não somente à sobrevivência humana, mas também para a realização de atividades de operação de diversos segmentos, tais como agricultura, indústria e comércio.

Os processos industriais têm uma parcela importante de responsabilidade na conservação da água, pois são consumidores intensivos deste bem comum. A otimização do uso da água em uma indústria implica em menor captação dos recursos hídricos naturais, constituindo-se, portanto, em uma estratégia eficaz para a conservação dos mananciais, em seus aspectos qualitativos e quantitativos. Desta forma, aumenta a disponibilidade hídrica das regiões onde a água é escassa, além de contribuir para equacionar a disputa pelo uso de águas primárias, quando ela existe.

Neste trabalho, buscou-se desenvolver uma análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão), visando à otimização econômica e ambiental; mas que poderá servir de ferramenta para outras empresas que tenham a mesma atividade industrial que a do estudo de caso proposto. Esta proposta de trabalho teve como objetivo básico buscar oportunidades de otimização do uso da água, apresentando etapas de análises do seu uso em termos quantitativos e qualitativos.

Com o levantamento de todos os dados e informações que envolvem o consumo de água nos processos industriais, escolheu-se uma unidade produtiva da indústria de fundição de metais não-ferrosos. Através destes dados foi possível efetuar o balanço hídrico. Diante dos resultados encontrados escolheu-se justamente a unidade produtiva de fundição, onde o consumo de água é bem representativo. A substituição do obsoleto sistema de refrigeração das coquilhas do forno de cobre na unidade de fundição por uma tecnologia moderna juntamente com a substituição da torre de resfriamento fez com houvesse uma redução no consumo de água muito significativo.

Os resultados alcançados em relação à redução no consumo de água mostram a importância da implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA) em uma indústria visando à otimização ambiental e econômica, que deve ser entendida como uma ferramenta de gestão a ser utilizada pela indústria como diferencial de competitividade e produtividade. Finalizando, conclui-se que a análise do uso da água visando à otimização econômica e ambiental, a ser aplicada em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos, é viável. Os principais resultados que podem ser obtidos com a sua aplicação são: conservação dos recursos naturais, redução dos custos diretos e indiretos associados à otimização do uso da água e, principalmente, a minimização dos impactos ambientais provocados pelas atividades industriais.

Palavras-chave: água, conservação, otimização, fundição.

ABSTRACT

Water is essential not only for human survival, but also for the operating activities of various sectors, such as agriculture, industry and commerce.

Industrial processes hold a large share of the responsibility for water conservation, since they are intensive consumers of this asset. The optimization of water use in a factory involves capturing less water resources, and is therefore an effective strategy for conserving natural springs, both in quantitative and qualitative terms. It increases the availability of water in regions where water is scarce, as well as helping to balance the dispute for the use of primary waters, where one exists.

This work seeks to analyze the use of water in a non-ferrous metal foundry (copper and tin alloys), aiming at economic and environmental optimization; it can also serve as a tool for other companies operating in the same area of industrial activity as that of the proposed case study. The basic objective of this proposed project is to seek opportunities for optimizing the use of water, presenting stages in the analysis of its use, in quantitative and qualitative terms.

After investigating all the data and information involving water consumption in industrial processes, a productive unit in the non-ferrous metal foundry industry was selected. Through these data, it was possible to achieve a hydric balance. In light of the results, the productive foundry unit was selected, where water consumption is highly representative. The replacement of the obsolete cooling system for the molds from the copper oven in the foundry, with modern technology, together with the replacement of the cooling tower, achieved a very significant reduction in water consumption.

The results obtained, in terms of the reduction in water consumption, show the importance of implementing a Water Conservation Program in an industrial plant, aimed at environmental and economic optimization, and which should be seen as a management tool to be used by the plant as a differential for competitiveness and productivity. Finally, it concludes that the analysis of water use aimed at economic and environmental optimization, for application in a non-ferrous metal foundry, is feasible. The main results that can be obtained from its application are: Conservation of the natural resources, reduction in direct and indirect costs associated with the optimization of water use, and in particular, the minimization of the environmental impacts caused by the industrial activities.

Key words: Water, conservation, optimization, foundry.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ciclo hidrológico	09
Figura 2	Princípio de operação de uma torre de resfriamento	63
Figura 3	Fluxograma de ações de um Programa de Conservação de Água (PCA)	80
Figura 4	Análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão)	86
Figura 5	Diagrama do fluxo dos processos e balanço hídrico de metalurgia	96
Figura 6	Gráfico do consumo de água industrial	98
Quadro 1	Disponibilidade hídrica no mundo	11
Quadro 2	Demanda hídrica <i>per capita</i> mundial e brasileira	12
Quadro 3	Vazão média de água por habitante no Brasil	12
Quadro 4	Comparação das classes de águas doces, salinas e salobras das legislações estadual paulista e federal	31
Quadro 5	Distribuição percentual do consumo de água por atividade – Estados Unidos da América	59
Quadro 6	Necessidade de água por algumas indústrias no mundo	60
Quadro 7	Padrões de qualidade de água	66
Quadro 8	Parâmetros de qualidade da água para os processos: fundição, prensas de extrusão, trefilação e decapagem	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados das análises dos parâmetros de qualidade da água	93
Tabela 2	Dados comparativos das torres de resfriamento	101

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
Cetesb	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
Conama	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETA	Estação de Tratamento de Água
Fehidro	Fundo Estadual de Recursos Hídricos
Fiesp	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	International Organization for Standardization
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Programa de Conservação de Água
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RMPS	Região Metropolitana de São Paulo
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
Ufesp	Unidade Fiscal do Estado de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

m	:	massa	[mg]
l	:	volume	[l]
T	:	temperatura	[°C]
t	:	tempo	[h]

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	
1.1	A água no setor industrial	01
1.2	Conservação de água e reúso	03
1.3	A gestão dos recursos hídricos no Brasil	03
2	OBJETIVOS	
2.1	Objetivo geral	06
2.2	Objetivos específicos	06
3	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	07
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
4.1	Ciclo hidrológico	09
4.2	A escassez de água e a disponibilidade hídrica	10
4.3	Gestão dos recursos hídricos no Brasil	14
4.3.1	A cobrança pelo uso da água	16
4.3.1.1	A cobrança pelo uso da água no Estado de São Paulo	20
4.3.2	O impacto da cobrança sobre o uso industrial	22
4.3.3	Princípio do poluidor-pagador	23
4.3.4	Outorga de recursos hídricos	25
4.3.5	Classificação das águas no território brasileiro	27
4.3.6	Legislação estadual paulista	31
4.4	Conservação da água na indústria	36
4.4.1	Águas pluviais	38
4.4.2	Reúso de água	41
4.4.3	Águas de reúso de estações de tratamento de esgoto (ETE)	44
4.5	Qualidade da água	46
4.5.1	Parâmetros físicos da água	48
4.5.1.1	Cor	48
4.5.1.2	Turbidez	49
4.5.1.3	Temperatura	50
4.5.1.4	Sabor e odor	51
4.5.1.5	Condutividade	51
4.5.1.6	Sólidos em águas	52
4.5.2	Parâmetros químicos da água	53
4.5.2.1	pH	53
4.5.2.2	Acidez e alcalinidade	54
4.5.2.3	Dureza	55
4.5.2.4	Ferro e Manganês	55
4.5.2.5	Matéria orgânica	55
4.5.2.6	Cloretos	57
4.5.2.7	Óleos e graxas	57
4.5.3	Parâmetros biológicos da água	57
4.5.3.1	Microrganismos e organismos patogênicos	58
4.6	Análise do uso da água na indústria	59
4.6.1	Água para resfriamento	62

4.6.1.1 Principais problemas em sistemas de água para resfriamento	65
4.6.1.2 Padrões de qualidade de água	66
4.6.2 Análise prévia da indústria	66
4.6.3 Análise dos processos	67
4.6.4 Análise das atividades industriais “in loco”	69
4.6.5 Análise da demanda de água na indústria	70
4.6.6 Análise da oferta da água	72
4.6.6.1 Serviço público de abastecimento	74
4.6.6.2 Captação direta de mananciais	74
4.6.6.3 Águas pluviais	75
4.6.6.4 Reúso de água	76
4.7 Consolidação de resultados	76
4.8 Estudo de viabilidade técnica e econômica	77

5 ESTUDO DE CASO DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM UMA FUNDIÇÃO DE METAIS NÃO FERROSOS (LIGAS DE COBRE E LATÃO)

5.1 Descrição dos processos produtivos	81
5.1.1 Matéria-prima (escolha de sucatas)	81
5.1.2 Fundição	81
5.1.2.1 Fundição contínua	82
5.1.2.2 Fundição semicontínua	83
5.1.3 Prensagem ou extrusão	83
5.1.4 Decapagem	84
5.1.5 Trefilação	84
5.1.6 Processo de laminação de chapas de latão	84
5.2 Análise do uso da água	85
5.3 Análise da demanda de água na indústria objeto deste estudo	86
5.4 Análise da oferta de água na indústria	89
5.4.1 Concessionária local – Sabesp	90
5.4.2 Água potável	90
5.4.3 Captação de água direta de mananciais – águas subterrâneas	91
5.4.4 Captação de água direta de mananciais – águas superficiais	91
5.4.5 Reúso de água	93
5.5 Fluxograma dos processos produtivos e balanço hídrico	95

6 ESTUDO DE OPORTUNIDADES DE OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA

6.1 Justificativa do processo escolhido	97
6.2 Oportunidades de otimização com a tecnologia existente	98
6.3 Substituição das coquilhas do forno de cobre	99
6.4 Torre de resfriamento	99
6.5 Retorno sobre investimentos	101

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental à vida, um bem vital para a sobrevivência da espécie humana e de todas as outras em nosso planeta, também considerada como um recurso finito, escasso, que ainda enfrenta problemas de quantidade e de qualidade. Seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas, em que se destacam, entre outros, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação.

A crescente expansão demográfica e industrial observada nas últimas décadas trouxe como consequência o comprometimento da qualidade das águas dos mananciais, quer sejam as de superfícies quer as subterrâneas. Portanto, um dos maiores desafios que os países em desenvolvimento terão de enfrentar no futuro será minimizar os efeitos da poluição e da escassez de água, aplicando medidas preventivas e corretivas para reverter esta situação.

Cada vez mais, a disponibilidade de água doce na natureza com qualidade que permita a sua utilização “in natura” (sem tratamento), ou após tratamento simplificado, torna-se mais difícil, face ao comprometimento citado, que demanda, na maioria das vezes, gastos onerosos com tratamento. Vale aqui ressaltar a grande abundância de águas salinas no estado sólido no globo terrestre, mas que, para sua utilização, exigem tratamento caro e sofisticado. Devem ser, portanto, dar maior prioridade a conservação, o controle e a utilização racional das águas doces.

Com a crescente deterioração da qualidade das águas dos mananciais, a necessidade de tratamento cada vez mais sofisticado onera os custos para o tratamento da água, motivo pelo qual a racionalização e a otimização do uso, o reúso e reciclo de água descartados como resíduos podem retornar ao processo, minimizando, por conseguinte, os custos citados.

1.1 A água no setor industrial

Pressionadas pela legislação cada vez mais restritiva, pela pressão do mercado consumidor e pela necessidade em se adaptar ao mundo globalizado, as indústrias vêm investindo mais na racionalização e conservação, no reciclo e reúso de água, o que se revela como uma forma de reduzir custos, ganhar produtividade e minimizar os impactos ambientais decorrentes da sua utilização desordenada.

O desenvolvimento industrial tem gerado vários impactos sobre os recursos naturais, reduzindo sua disponibilidade, devido à captação de água de rios e extração do subsolo, e degradando sua qualidade, em consequência da poluição.

Com a globalização do mercado, muitas empresas procuraram se modernizar objetivando tornar-se mais competitivas. Dado o aumento da produção industrial, os recursos naturais apresentam-se escassos, levando a leis ambientais mais rígidas, tornando de extrema importância o aspecto ecológico para os países industrializados desenvolvidos e uma necessidade, a curto e médio prazo, para aqueles que se encontram em desenvolvimento.

Estes fatores, aliados à escassez de alguns recursos naturais como a água, e à crescente exigência por processos ambientalmente corretos, tornam imprescindível o uso racional destes recursos naturais. As indústrias e o mercado necessitam-se adaptar cada vez mais rapidamente às tendências mundiais e às constantes mudanças nos conceitos de gestão, a fim de estarem prontas para as oportunidades que são criadas com a introdução de novas tecnologias, de novas idéias e de novos valores para os produtos.

Já com o crescimento da conscientização da problemática ambiental em escala mundial e conseqüente aumento do número de consumidores exigentes e preocupados com a conservação do meio ambiente, um novo fator foi agregado aos objetivos das empresas modernas: o fator ambiental. Isto vem exigindo das empresas uma nova e necessária filosofia, que é de adequação de suas diretrizes a este fator.

O fator ambiental gera, então, a necessidade de adaptação das empresas e, conseqüentemente, direciona novos caminhos na sua expansão. Em conseqüência, as empresas têm mudado seus paradigmas, sua visão empresarial, seus objetivos, sua estratégia de investimento e de *marketing*. Devem ainda voltar-se para o aprimoramento de seu produto considerando a nova realidade do mercado global, alinhando-se às práticas corretamente ecológicas, além de agregar praticidade, objetividade e competitividade.

A prova de que os fatores sociais e ambientais vêm direcionando a nova empresa é notada na corrida para as certificações ISO 9000 e ISO 14000, que visa à qualidade do produto em si e que relaciona a qualidade ambiental da produção à do produto, utilizando os selos de qualidade para que os consumidores possam identificar os produtos ecologicamente corretos. Um dos maiores desafios da indústria neste século é coexistir pacificamente com o meio ambiente em tempos de escassez de recursos naturais.

Como exemplo desse movimento no setor industrial, tem-se o Departamento de Meio Ambiente da Fiesp, e seu efetivo engajamento demonstrado pela realização de eventos tendo como centro a questão da conservação de água, a publicação do manual de conservação e reúso de água para a indústria (2004) e a efetivação de parcerias com entidades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico visando a estabelecer novas tecnologias e procedimentos conservacionistas.

Fator importante também levado em consideração na racionalização e otimização do uso de água e na reutilização das águas residuárias de uma empresa, é a conscientização ambiental, que ganha corpo dia a dia, nos diversos setores da sociedade moderna, com uma cobrança cada vez maior da sociedade civil organizada às autoridades competentes, bem como aos setores produtivos da sociedade. Com efeito, as alterações que vêm ocorrendo no meio ambiente, sobretudo pelo descarte de resíduos industriais, de forma desordenada, ocasionam a escassez de água de boa qualidade, reorientando o empresário a uma mudança de comportamento, no mundo inteiro, do ponto de vista técnico/ambiental, que minimize os impactos ambientais e conserve o ecossistema às gerações futuras.

1.2 Conservação de água e reúso

A baixa disponibilidade de água para usos em processos produtivos e a crescente exigência da humanidade por um meio ambiente mais saudável têm impulsionado, nas últimas décadas, a implantação de programas de racionalização e conservação de água, e a reutilização de efluentes líquidos em todo o mundo.

A racionalização e conservação de água, e a reutilização de efluentes implica menor necessidade de captação dos recursos hídricos naturais, constituindo-se, portanto, uma estratégia eficaz para a conservação dos mananciais, em seus aspectos qualitativos e quantitativos. Desta forma, tenta-se aumentar a disponibilidade hídrica das regiões onde a água é escassa, contribuindo para equacionar a disputa pelo uso de águas.

Outro aspecto importante é que, pela menor geração de efluentes líquidos, a reutilização constitui-se uma ferramenta útil para o controle da poluição e, conseqüentemente, à conservação do meio ambiente. Assim, reduz os riscos de penalizações ambientais, melhora a imagem da indústria perante as comunidades, clientes e órgãos de controle ambiental, bem como favorece a obtenção de selos verdes e certificações ambientais. Além disto, os custos associados à geração de efluentes líquidos, seja por tratamento, perda de água tratada, multa ambiental, monitoramento, manutenções das redes de coleta e instrumentos, são minimizados com a reutilização de efluentes.

1.3 A gestão dos recursos hídricos no Brasil

Novos conceitos de gestão ambiental estão sendo enfocados em todo o mundo, com o fim possibilitar a convivência harmoniosa entre o progresso e a qualidade de vida. O progresso existe para auferir ao ser humano os benefícios de que ele é capaz, e não para dizimá-lo. É bem verdade que a necessidade de consumo da sociedade moderna exige a criação de novas tecnologias, que, por vezes, aumenta as condições de poluição no nosso planeta. Mas, é preciso equacionar esta questão.

Na promulgação da Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, instituindo a Política Nacional dos Recursos Hídricos, também foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Em 2000, foi publicada a Lei n.º 9.084, que criou a Agência Nacional de Água – ANA, entidade federal vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e pelo gerenciamento das atividades das bacias hidrográficas de sua competência. É também uma das funções da ANA outorgar ou delegar a outorga para o uso de recursos hídricos sob o domínio da União, assim como recolher, administrar e repassar os recursos provenientes dessa outorga.

Segundo Garrido (2003), a cobrança pelo uso dos recursos hídricos é um dos instrumentos de política para o setor, previsto na legislação federal e nas leis estaduais. Esse instrumento vem juntar-se aos demais com o objetivo de induzir o usuário da água a uma postura de racionalidade quando da tomada de suas decisões de consumo em relação a esse recurso natural.

As questões básicas relativas às águas foram inseridas na Constituição Federal de 1998, na qual todos os corpos d'água passaram a ser de domínio público, sendo considerados como bens do Estado ou da União.

A Lei n.º 9.433/97, sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil, está entre as mais modernas do mundo. Tem na bacia hidrográfica a unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos; igual acesso ao uso deste recurso por todos os setores usuários de água; a água como um bem finito e vulnerável; e a gestão dos recursos hídricos descentralizada e participativa.

A cobrança pelo uso da água nas bacias hidrográficas já está ocorrendo em alguns Estados, e será introduzida em todas as bacias hidrográficas do País. Diante deste fato, várias indústrias passaram a investir em programas de racionalização e reúso da água, e a reavaliar a captação de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água fundamenta-se nos princípios do “poluidor-pagador” e “usuário-pagador”. De acordo com o princípio “poluidor-pagador”, se todos têm direito a um ambiente limpo, deve o poluidor pagar pelo dano que provocou. Havendo custo social proveniente de uma determinada atividade, este deve ser internalizado ou assumido pelo empreendedor. Ou seja, se uma indústria exerce determinada atividade e com isto causa poluição ou degradação de um rio, o custo da despoluição é assumido pela indústria. Segundo o princípio “usuário-pagador”, paga-se pela utilização da água, já que se apropria, temporariamente, de um recurso público para seu benefício privado. Sobre outra abordagem, o poluidor não deixa de ser um usuário, que se utiliza desse recurso para diluir e transportar efluentes. Todavia, existe essa diferença doutrinária, embora a cobrança recaia sobre um e outro.

O princípio do poluidor-pagador obriga quem poluiu a pagar pela poluição causada ou que pode ser causada. A efetiva aplicação do princípio poluidor-pagador deve ser considerada como forma de garantir a proteção ambiental, que, em linhas gerais, atribui ao poluidor custos pertinentes do combate à poluição e de preservação do meio ambiente. O princípio do usuário-pagador estabelece que quem utiliza o recurso ambiental deve suportar seus custos, sem que essa cobrança resulte na imposição de valores abusivos.

A cobrança pelo uso da água juntamente com a outorga pelo direito de uso também incentiva a racionalização e conservação de água, bem como a redução de geração de efluentes líquidos; principalmente entre os usuários industriais, para quem a cobrança pelo uso da água pode gerar significativos impactos financeiros. Para atingir estes objetivos é fundamental a busca pela eficiência dos processos industriais o que tornará viável o uso dos recursos hídricos. A valorização econômica da água e a implementação do instrumento de cobrança pelo uso em sistemas de bacias hidrográficas são temas bastante complexos que, além das questões econômicas, envolvem também questões legais, institucionais, técnicas e sociais. A escolha da metodologia mais apropriada para estabelecer um valor para a água é uma das tarefas mais difíceis, pois requer um amplo conhecimento das várias teorias e modelos econômicos disponíveis, bem como de suas vantagens e desvantagens.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Considerando os problemas associados à escassez de recursos hídricos e a emergência da temática a nível social, o presente trabalho propõe-se a realizar análise do uso da água em uma indústria de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão) visando à sua otimização econômica e ambiental, utilizando como ferramentas diretrizes de um Programa de Conservação de Água (PCA).

2.2 Objetivos específicos

Por sua vez, os objetivos específicos foram definidos com vistas a:

- a) efetuar um balanço hídrico do processo metalúrgico da indústria objeto deste estudo de caso;
- b) desenvolver um procedimento racional para a análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos, neste caso de ligas de cobre e latão, considerando o binômio quantidade & qualidade em cada processo;
- c) aplicar e validar o procedimento de análise do uso da água visando melhorar o desempenho econômico dos processos industriais em questão, bem como discutir os ganhos ambientais, considerando o contexto da indústria objeto deste trabalho;
- d) propor alternativas para a racionalização do uso da água, bem como a redução do consumo de água industrial, com conseqüente redução na geração de efluentes.

3 MÉTODO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método a ser utilizado será o da lógica indutiva, pois segundo Vargas (1985), este método possibilita o desenvolvimento de enunciados gerais sobre observações acumuladas de casos específicos ou proposições que possam ter validades universais.

O procedimento metodológico que será utilizado desdobra-se nas seguintes atividades:

- revisão da temática com base no levantamento bibliográfico em dissertações de mestrado, teses de doutorado, pesquisas em bibliotecas, entidades e em sítios especializados na Internet, objetivando buscar literaturas atualizadas e relevantes, informações e dados atualizados sobre o uso da água e a gestão dos recursos hídricos, disponibilidade de água referente à quantidade e qualidade, a questão da cobrança dos recursos hídricos e outros aspectos correlatos;
- elaboração dos fluxogramas de produção industrial e de serviços de suporte da indústria escolhida para o estudo de caso. Os fluxogramas foram elaborados com base nos documentos disponíveis na indústria: descrição de sistemas, manuais de operação e rotinas operacionais;
- levantamento de dados para o estabelecimento do balanço hídrico nos processos industriais e serviços de suporte na indústria escolhida para o estudo de caso. A coleta de informações deu-se por meio de visitas às instalações e entrevistas com os profissionais responsáveis pelas atividades. O balanço hídrico foi realizado a partir de dados de projetos, com o objetivo de identificar e quantificar os pontos de consumo de água, assim como as fontes de geração de efluentes líquidos, permitindo assim o estudo de oportunidades de redução, reúso, otimização e reciclagem de efluentes. O balanço hídrico foi elaborado a partir de uma cuidadosa investigação e análise da planta, considerando registros existentes e a partir de cálculos e estimativas da prática da engenharia. As informações de consumo de água foram extraídas do sistema de informação da indústria, que apresenta os consumos medidos para alguns processos e reteados para outros. O rateio é baseado em informações de projetos e em trabalhos de investigações anteriores, onde foram utilizados baldes e cronômetro para as medições das vazões. Portanto, o balanço hídrico apresentado representa apenas uma aproximação das entradas e saídas das correntes de líquidos das unidades de processo, que podem ter informações seguras para algumas unidades e estimativas para outras;

- descrição e análise das características do uso da água na indústria escolhida para o estudo de caso, com base em resultados das análises dos parâmetros de qualidade da água e de acordo com os requisitos mínimos de qualidade exigidos para cada unidade de processo industrial de acordo com as recomendações dos fabricantes dos equipamentos;
- escolha de uma operação unitária no processo industrial com o fim de definir alternativas de conservação; tratamento dos dados levantados anteriormente para análise. Depois de realizado o balanço hídrico, decidiu-se concentrar esforços de medição e determinação da qualidade na corrente de água que fosse mais significativa e representativa em relação ao consumo de água. Esta seletividade foi pautada nos fatores tempo e disponibilidade de recursos para execução das tarefas;
- verificação dos ganhos obtidos com a solução alternativa escolhida para a operação unitária considerada. Os resultados obtidos foram validados pela redução do consumo de água industrial na indústria de fundição de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão), onde se constata ganhos econômicos e ambientais com as propostas sugeridas no setor de Fundição. Este estudo viabilizou técnica e economicamente a implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA) neste setor produtivo, incentivando a aplicação de boas técnicas e práticas, em concordância com o conceito de sustentabilidade. O maior motivador para a implantação do Programa de Conservação de Água (PCA) é a redução do consumo de água. Os estudos permitiram verificar que à medida que as tecnologias modernas vão sendo introduzidas, os impactos resultantes sobre o consumo de água tornam-se significativos. Para cada tipologia há sempre benefícios ambientais, econômicos e sociais que podem e devem ser explorados como fator de atratividade para a consolidação do Programa de Conservação de Água (PCA).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica buscou levantar e analisar temas relevantes ao trabalho proposto como o ciclo hidrológico, escassez de água, a gestão dos recursos hídricos, conservação de água na indústria, qualidade de água e análise do uso da água na indústria.

4.1 Ciclo hidrológico

Na natureza, a água, em suas três fases, se encontra em contínua circulação por meio do fenômeno conhecido como ciclo hidrológico. A figura 1 ilustra as fases do ciclo hidrológico. As águas dos oceanos, rios, lagos, da capa superficial dos solos e das plantas evaporam e transpiram por ação dos raios solares e dos ventos. O vapor formado vai constituir as nuvens que, em condições adequadas, condensam-se, precipitando-se em forma de chuva, neve ou granizo.

Quando as precipitações caem no solo, uma parte da água escorre pela superfície, alimentando os rios, lagos e oceanos; outra se infiltra no solo; e uma última parte volta a formar nuvens, regressando à atmosfera por evaporação e transpiração do meio vegetal e animal.

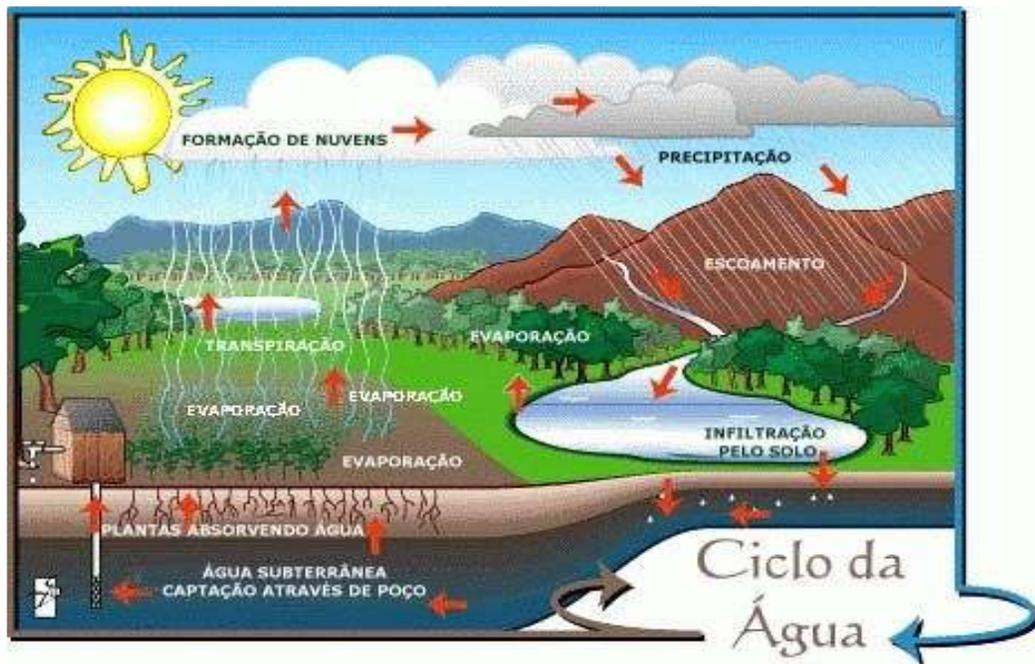


FIGURA 1 - Ciclo hidrológico

Fonte: <http://www.ana.gov.br>

Os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia térmica solar, a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, e a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água.

Os principais componentes do ciclo hidrológico são a evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas e a percolação, a infiltração e a drenagem.

A característica essencial de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas são a sua instabilidade e mobilidade. Todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos (as três fases em que a água existe no planeta Terra) são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização.

4.2 A escassez de água e a disponibilidade hídrica

A água é essencial para a manutenção da vida deste planeta. A sobrevivência do ser humano e de todas as formas de vida na Terra está diretamente relacionada com a água. Além disso, a água é indispensável para o desenvolvimento das atividades criadas pelo ser humano, sob diversas vertentes e valores: econômicos, sociais, culturais, religiosos e outros.

Segundo Rebouças (2000), a terra contém 1.386.000.000 km³ de água em diferentes estados físicos, que pode ser dividida em dois grupos: água salgada e água doce, sendo que 97,5% representa a proporção de água salgada e o restante 2,5% de água doce.

Entretanto, cerca de 68,7% desses recursos são constituídos por águas armazenadas nas regiões polares e em geleiras diversas, e cerca de 30,1% são águas doces, as quais se encontram em reservatórios subterrâneos. Assim, a água doce encontrada nos rios e lagos corresponde a apenas 0,27% do volume de água doce e à cerca de 0,007% do volume total de água do planeta. Em resumo e em números aproximados, os 2,5% de água doce no planeta Terra não estão diretamente disponíveis à utilização. Apenas 0,3% da água doce está disponível na forma como ela é mais contemporaneamente aproveitada, a partir de corpos superficiais de água, de pequenos córregos e grandes rios, lagos naturais e represas artificiais.

Existem variações de disponibilidade de água e de populações no planeta, ocasionando situações díspares, em que o volume *per capita* é alto, decorrente de áreas com grande disponibilidade de água e com densidade populacional pequena, e regiões com a situação inversa, com grande concentração populacional e baixa disponibilidade desse bem. Também ocorrem situações em que há altas disponibilidades de recursos, mas nas quais existe escassez, devido a elevados níveis de consumo.

A distribuição da população, devido a vários fatores, não está se desenvolvendo de forma harmoniosa com relação às fontes de recursos naturais no planeta, ocasionando uma concentração populacional em áreas com pouca disponibilidade de recursos hídricos e de terras férteis.

O crescimento populacional acaba exercendo uma pressão cada vez mais intensa sobre os recursos hídricos, seja pelo aumento da demanda, seja, pelos problemas associados à poluição destes recursos, devido ao desenvolvimento de suas atividades. Este contexto vem se disseminando e é um dos motivos que torna complexa a relação entre disponibilidade hídrica e demanda de água.

A disponibilidade hídrica *per capita* é usada internacionalmente para classificação das ocupações humanas. Áreas ou regiões com disponibilidade na faixa entre 2.000 m³/hab/ano e 1.000 m³/hab/ano são consideradas como de potencial escassez. Com disponibilidade menor que 1.000 m³/hab/ano e com valores menores que 500 m³/hab/ano, são classificadas como de escassez e de escassez crítica, respectivamente.

Como pode ser observado no Quadro 1, o Brasil é um dos países privilegiados em relação à disponibilidade hídrica, sendo considerado um “país rico” neste aspecto.

QUADRO 1 – Disponibilidade hídrica no mundo

Classificação em relação à água	Disponibilidade hídrica m ³ /hab.ano	Exemplos de países
Países muito pobres	Menor que 500	Arábia Saudita, Israel, Jordânia, Líbia e Singapura
Países pobres	Entre 500 e 1.000	Cabo Verde, Egito e Quênia
Países com abastecimento regular	Entre 1.000 e 2.000	Bélgica, Paquistão, Polônia e Ucrânia
Países com suficiente abastecimento	Entre 2.000 a 10.000	Alemanha, Cuba, Espanha, EUA, França, Índia, Japão. México e Reino Unido
Países ricos	Entre 10.000 a 100.000	Albânia, Angola, Argentina, Austrália, Brasil, Canadá e Rússia
Países muito ricos	Maior que 100.000	Gabão, Guiana Francesa, Islândia e Suriname

Fonte: modificado de TOMAZ, 2001.

O Quadro 2 ilustra a oferta (deflúvio) e a disponibilidade hídrica do Brasil em relação a outros países e continentes no ano de 1998.

QUADRO 2 – Disponibilidade *per capita* mundial e brasileira

Regiões	Oferta (deflúvio médio) - 1998		Consumo	
	Total (km³/ano)	<i>Per capita</i> (m³/hab/ano)	Total (km³/ano)	<i>Per capita</i> (m³/hab/ano)
África	3.996	5.133,05	145,14	202
América do Norte	5.308,60	17.458,02	512,43	1.798
América Central	1.056,67	8.84,08	96,01	916
América do Sul	10.080,91	30.374,34	106,21	335
BRASIL	5.744,91	30.374,34	36,47	246
Ásia	13.206,74	3.679,91	1.633,85	542
Europa	6.234,56	8.547,91	455,29	625
Oceania	1.614,25	54.794,64	16,73	591
Mundo	41.497,73	6.998,12	3.240	645

Fonte: <http://www.ambientebrasil.com.br>

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2005), apesar de não expressar a real disponibilidade de água da bacia, o quociente entre a vazão média anual e a população residente é freqüentemente utilizado pelas Nações Unidas como indicador de disponibilidade hídrica por habitante em grandes regiões. Neste sentido, o Brasil é considerado rico em disponibilidade hídrica por habitante em grandes regiões, com uma disponibilidade de 33.000 m³/hab/ano distribuída nas doze regiões hidrográficas, que serve a um conjunto de usos múltiplos, não se tratando de água disponível para satisfazer apenas as necessidades do uso residencial ou de manutenção da saúde humana. Existe uma grande diferença entre disponibilidades *per capita* ao longo do território brasileiro.

O Quadro 3 mostra a vazão média por habitante nas doze regiões hidrográficas. No Brasil, há uma grande variabilidade espacial da vazão média por habitante, e a baixa disponibilidade de água para atender os diferentes usos está associada à conjugação de densidade populacional elevada com ocorrência de vazões específicas de média e baixa.

QUADRO 3 - Vazão média por habitante no Brasil

Região Hidrográfica	População (10 ⁶ hab)	Vazão média	
		(m³/s)	(m³/hab/ano)
Amazônia	8	131.947	533.096
Tocantins/Araguaia	7	13.624	59.858
Atlântico Nordeste Ocidental	5	2.683	15.958
Parnaíba	4	763	6.456
Atlântico Nordeste Oriental	21	779	1.145
São Francisco	13	2.850	7.025
Atlântico Leste	14	1.492	3.362
Atlântico Sudeste	25	3.179	3.972
Atlântico Sul	12	4.174	11.316
Brasil	170	179.433	33.376

Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA (2005)

Segundo a ANA (2005), a vazão média dos rios em território brasileiro é de 179 mil m³/s, valor que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de água doce. A Região Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais, ou seja, a vazão média é quase três vezes maior que a soma das vazões das demais regiões hidrográficas. A menor vazão média por habitante é observada na região hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com média inferior de 1.200 m³/hab/ano.

A baixa disponibilidade *per capita* combina os efeitos da densidade populacional e da vazão disponível. Por exemplo, na Região Amazônica tem-se uma população relativamente bastante pequena para a vazão disponível, o que acaba resultando em uma disponibilidade *per capita* expressiva. Pode-se verificar que em áreas com altíssima densidade populacional, como é o caso da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), onde vivem 18 milhões de habitantes, a bacia hidrográfica do Alto Tietê tem uma vazão média natural de longo prazo (Q) de 90 m³/s. Assim, a disponibilidade *per capita* natural da bacia é de apenas 158 m³/hab/ano (Alves et Zanella, 2004). Pode-se dizer que a situação da RMSP leva em consideração que processos de planejamento da ocupação humana deveriam ter em conta, como componente decisiva, a situação dos recursos hídricos. A solução para a RMSP foi buscar quantidades adicionais de água em outras bacias hidrográficas.

Os principais fatores que contribuíram para a escassez de água são: o desenvolvimento desordenado das cidades, aliado à ocupação de áreas de mananciais e ao crescimento populacional, provocando o esgotamento das reservas naturais de água e obrigando as populações a buscar fontes de captação cada vez mais distantes; a poluição por falta de saneamento, a má distribuição regional da água, o desmatamento, a construção de hidrelétricas - capazes de mudar o curso original dos rios - o desperdício e as mudanças climáticas. A escassez é resultado do consumo cada vez maior, do mau uso dos recursos naturais, do desperdício, da falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável, a participação da sociedade e a educação ambiental, fatores que hoje têm na moderna legislação de âmbito federal e estadual uma promissora perspectiva de recuperação.

Segundo Mierzwa (2002), a água é essencial à vida, constitui elemento necessário para quase todas as atividades humanas. Sendo, ainda componente da paisagem e do meio ambiente, tem muitas funções nas atividades humanas e serve para a manutenção de vida no planeta. Entre as várias funções e aplicações, podem-se destacar seus múltiplos usos: abastecimento doméstico e industrial, irrigação de culturas agrícolas, geração de energia elétrica, produção e processamento de alimentos, produção industrial, recreação e paisagismo, aquicultura, piscicultura, pesca, navegação fluvial e marítima, diluição de águas residuárias e assimilação de efluentes, sendo esta, talvez, uma das aplicações menos nobres que poderia ser dada para este recurso.

O princípio dos usos múltiplos estabelece que os diferentes setores usuários de recursos hídricos têm igualdade de direito de acesso à água. Em situações de escassez, a prioridade de uso da água é o consumo humano e a dessedentação de animais. Por meio da mediação de conflitos de interesse entre usuários, a legislação brasileira, tendo como braço executivo a ANA, garante o princípio dos usos múltiplos.

Os diversos usos múltiplos da água geram conflitos, devido às várias demandas produzidas pelos usos múltiplos. Quando ocorre escassez, exacerbam-se os conflitos sobre os usos múltiplos, os quais podem se tornar muito acirrados quando aumentam a poluição da água e esta se torna ainda mais indisponível por contaminação. O desafio às sociedades do futuro é gerenciar os conflitos e acomodar todos os usos múltiplos com eficiência e economia. Novamente a legislação estabeleceu instrumentos à altura do desafio da gestão desse bem natural através da gestão descentralizada e participativa.

De acordo com a ANA (2005), cerca de 46% das vazões de retirada no País são destinadas à irrigação, 26%, ao abastecimento urbano, 18% para a indústria, 7% para os animais, e apenas 3% para abastecimento rural.

4.3 Gestão dos recursos hídricos no Brasil

A gestão dos recursos hídricos no Brasil pode ser dividida em duas fases. A primeira inicia-se em 1934, ano em que foi promulgado o Código de Águas, e estende-se até 1988, quando da promulgação da nova Constituição Federal.

O Código das Águas, aprovado pelo Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, dá início à mudança de conceitos relativos ao uso e à propriedade da água. Esse diploma legal, apesar de homologado há mais de seis décadas, é considerado pela doutrina jurídica, mesmo hoje, como um importante marco.

A Lei nº 6.938 de 31/08/1981, que institui o Plano Nacional do Meio Ambiente, estabelece princípios norteadores das ações governamentais para este fim, “incentivos ao estudo e pesquisa de tecnologias orientados para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais, bem como racionalização do uso da água”, ao lado de outros recursos ambientais. A Política Nacional de Meio Ambiente fortalece a valorização da água, quando determina a utilização adequada dos recursos ambientais, por meio do artigo 4º, inciso VI, e a imposição ao poluidor da obrigação de recuperar os danos causados por meio do inciso VII do mesmo artigo.

Até a Constituição Federal de 1988, a água ainda era considerada como um bem infinito, passível de utilização abundante. Somente com a promulgação da Constituição Federal de 1988 surge um novo conceito na legislação brasileira, de que as reservas de água são finitas.

A Lei nº 9.433/97 estabelece que as águas ou são bens de domínio da união ou dos Estados, ou seja, a domínio dos recursos, que podem ser federais, no caso de corpos d'água transfronteiriços, interestaduais ou que façam divisa entre 2 ou mais Estados, ou estaduais, se contidos inteiramente em um único estado da federação. A Política Nacional de Recursos Hídricos, instruída pela Lei nº 9.433/97, possui fundamentos, e indica os seguintes princípios e parâmetros:

- “A água é um bem de domínio público”, não existe mais água de domínio privado no Brasil;
- “A água é um recurso natural limitado (reconhecimento como um bem finito e vulnerável), dotado de valor econômico (reconhecimento do valor econômico da água, que serve de base para instituição da cobrança pelo uso dos recursos hídricos - princípio do usuário-pagador)” ou seja, com dois princípios fundamentais: recurso limitado e dotado de valor econômico;
- “Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”, que privilegia a espécie humana em condições adversas;
- “A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”, privilegiando usos somente em situações de escassez, conforme item anterior;
- “A bacia hidrográfica é a unidade territorial básica, ou seja, a bacia hidrográfica como unidade de planejamento” (gestão descentralizada e participativa - envolvimento dos usuários no processo de tomada de decisão), indicando a área de atuação da política e do sistema gerenciador dos recursos hídricos.

Os objetivos que disciplinam a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) da Lei nº 9.433/97 estão descritos abaixo:

Artigo 2º: São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH):

II – A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Artigo 7º: Os planos de recursos hídricos são planos de longo prazo com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e terão o seguinte conteúdo mínimo:

IV – metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Artigo 19º – A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

II – incentivar a racionalização do uso da água.

Além da outorga de direito de uso da água e da cobrança pelo uso, a Lei nº 9.433/97 prevê a elaboração de um Plano Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes, e a implantação do Sistema Nacional de informações sobre recursos hídricos, para prover os gestores, usuários e a sociedade civil com os dados necessários para sua participação no processo decisório.

A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que passou a ser conhecida como Lei de Crimes Ambientais, embora não aborde especificamente as questões relacionadas à utilização dos recursos hídricos, em seu Capítulo V define os crimes contra o meio ambiente, e na Seção III deste capítulo, os relacionados à poluição ambiental.

A Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, que está vinculada ao Ministério do Meio Ambiente subordinada ao Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, sendo o braço executivo federal para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

4.3.1 Cobrança pelo uso da água

Após a promulgação da Lei nº 9.433/97, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos definindo a cobrança como um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e a Lei nº 9.984/2000, que instituiu a Agência Nacional de Águas – ANA, foi atribuída a esta agência a competência para implementar, em articulação com os comitês de bacia hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União.

Dos cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos, a cobrança é talvez aquele que provoca maior polêmica. A polêmica deve-se à diversidade de objetivos e mecanismos existentes e, principalmente, à dúvida sobre o destino e a transparência na aplicação dos recursos arrecadados, que gera, por vezes, desconfiança e a falsa idéia de que se trata de mais um imposto.

A diversidade de objetivos é proposta pela própria Lei nº 9.433/97, que determina os seguintes objetivos para a cobrança:

- reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- incentivar a racionalização do uso da água;
- obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água é uma ferramenta muito eficiente, que induz o usuário a utilizar este insumo de maneira racional. Outro aspecto fundamental e que deve ser adotado juntamente com a cobrança pelo uso da água é a outorga de direito pelo uso de recursos hídricos.

A Lei n. ° 9.433/97 introduziu a cobrança pelo uso da água como um instrumento de gestão e como um instrumento econômico. No primeiro caso, a cobrança deve alavancar recursos para financiamento da implantação do sistema de gestão de recursos hídricos e das ações definidas pelos planos de bacia hidrográfica, ou seja, deve ser um instrumento arrecadador. Como instrumento econômico, a cobrança deve sinalizar corretamente para a sociedade o uso dos recursos hídricos de forma racional que atenda aos princípios do desenvolvimento sustentável.

A cobrança pelo uso da água é um instrumento regulatório e econômico, que em consequência das condições de escassez de quantidade e/ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e arbitrariamente disponível e passou a ter valor econômico e um agente oficial com competência para sua distribuição.

O Artigo 19º da Lei nº 9.433/97, sobre a cobrança do uso de recursos hídricos, menciona que esta tem por objetivo:

- I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; e
- II – incentivar a racionalização do uso da água.

Segundo o artigo 20º da Lei nº 9.433/97, todos os usuários sujeitos à outorga serão cobrados. Portanto, a base de cálculo para a cobrança é a vazão outorgada. Com isto, institui-se no Brasil uma abordagem que integra um instrumento econômico (cobrança pelo uso da água) a um instrumento de regulamentação ou comando-e-controle (outorga). Com a cobrança associada à outorga, a tendência é de que cada usuário venha a solicitar outorga correspondente à sua real necessidade (Kelman, 2000).

Artigo 21º: Na fixação de valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:

- I – nas derivações, captações e extrações da 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.

A dúvida sobre o destino dos recursos monetários arrecadados talvez fosse o maior obstáculo à implementação da cobrança pelo uso da água. No seu artigo 22º, a Lei nº 9.433/97 determina que os valores arrecadados com a cobrança sejam aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que forem gerados. O termo prioritariamente tem gerado muita controvérsia, pois pode induzir à interpretação de que os recursos não retornem à bacia de origem.

A Medida Provisória (MP) 165, de 11 de fevereiro de 2004, trata dos contratos de gestão da Agência Nacional de Águas (ANA) com entidades delegatárias para gerenciar as bacias hidrográficas. As entidades que receberem do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) a delegação de gerenciar a recursos da cobrança pelo uso da água, por meio de contrato com a ANA, vão se tornar o braço executivo dos Comitês de Bacia.

A principal conquista da MP é a garantia de que os recursos arrecadados dos usuários das bacias não serão objetos de contingenciamento de despesas do Governo Federal, ou seja, todo valor arrecadado voltará integralmente para realização de obras e desenvolvimento de projetos escolhidos pelos comitês. Esta MP consolida o mecanismo que permite a descentralização da arrecadação e o gerenciamento dos valores da cobrança na bacia hidrográfica onde foram gerados.

O texto original da Medida Provisória nº 165 está em sintonia com os princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos e contribui para a consolidação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Com a sanção da Lei nº 10.881/2004 (antiga Medida Provisória nº 165), em 09 de junho de 2004, a cobrança pelo uso da água nos rios brasileiros ganha o instrumento que faltava para sua efetiva implementação: a lei que regulamenta os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e as entidades que irão exercer a função de braço executivo dos comitês de bacia hidrográfica, as agências de água.

De acordo com a nova lei, os comitês de bacia terão autonomia para constituir uma agência de águas ou nomear alguma entidade para desempenhar a função. Os contratos de gestão dos recursos arrecadados nas bacias serão assinados entre a ANA e as agências, de modo que o dinheiro seja aplicado na própria bacia, em ações definidas pelo próprio comitê.

Segundo Kelman (2004), a Lei nº 10.881/2004 que regulamenta os contratos de gestão dos recursos deverá estimular a cobrança pelo uso em bacias brasileiras, não apenas em rios de domínio da União, mas também nos rios estaduais. A Lei nº 10.881/04 é o caminho para que se estabeleça a cobrança no Brasil todo, a partir do conceito de bacia hidrográfica como unidade de gestão. A bacia formada pelos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá deverá ser a próxima a implantar a cobrança pelo uso. Os rios dessa bacia servem à industrializada região de Campinas e são responsáveis pelo abastecimento de água de 47% da população da Grande São Paulo, via sistema Cantareira.

Para caracterizar o uso da água, referente a um determinado usuário, não basta conhecer a quantidade de água por ele utilizada, e precisa saber também qual o impacto que este uso causa aos demais usuários da bacia. O mecanismo de cobrança justo será aquele que puder quantificar esse impacto de forma mais precisa. Para ser precisa, essa avaliação deverá ser bem abrangente, envolvendo aspectos hidrológicos, econômicos, sociais e políticos. Para tanto, a legislação prevê a elaboração de Planos de Bacias Hidrográficas, onde a partir do Relatório de Situação da Bacia são estabelecidos planos de aplicação de recursos em horizontes diversos, consideradas as prioridades e maximização do aproveitamento ambiental, social e econômico.

Observa-se um grande avanço na legislação em consonância com a Agenda 21, que, em seu Capítulo 21, trata “gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, área programática B – “maximizando o reúso e a reciclagem ambientalmente adequados, estabelecendo como objetivos básicos:” utilizar e ampliar os sistemas nacionais de reúso e reciclagem de resíduos, e “tornar disponíveis informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias”.

Pode-se observar que alguns conceitos de desenvolvimento sustentável, discutidos na Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente e desenvolvimento (ECO-92, Rio de Janeiro, junho de 1992), estão internados à Lei nº 9.433/97, no tocante ao uso racional dos recursos naturais como bens econômicos.

A cobrança pelo uso da água será um grande instrumento de gestão dos recursos hídricos, pois incentivará o uso racional, o reúso e a conservação da água. Incentivará as indústrias a buscarem novas tecnologias para a menor quantidade de descarte final de seus efluentes, e, conseqüentemente para uma menor captação, com o reaproveitamento dos efluentes em seus processos produtivos ou em áreas de utilidade. Em algumas atividades industriais, nas quais o consumo de água é muito elevado, com a economia na redução da cobrança pelo uso da água, poderá retornar aos cofres das indústrias, o investimento realizado com as instalações do sistema de reúso da água.

De maneira resumida, a cobrança possui três finalidades básicas: reconhecer o valor econômico da água; incentivar a racionalização pelo fato de estabelecer que consumir menos, menor será a cobrança, incentivando a busca por ações de conservação de água; e para financiamento da recuperação ambiental dos recursos hídricos.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos tem como primeiro objetivo prever o reconhecimento da água como um bem econômico e apontar ao usuário uma indicação do real valor; deste recurso natural finito; mostra a necessidade da adoção de mecanismos, como os de valoração, que busquem explicitar a sua importância; incentivando a racionalização do uso da água; e buscar recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

Quando um bem se torna escasso, passa a ter valor econômico. A água no Brasil, entretanto, é um bem público e não pode ser negociado no mercado, logo o seu valor não pode ser definido pela relação entre oferta e procura. Todavia, a escolha da forma e critério de cobrança mais adequada é tarefa difícil, já que, dependendo da metodologia e das hipóteses de cálculo assumidas, as conseqüências podem sofrer grandes variações. Além disto, as metodologias de valoração da água possuem uma série de limitações.

Incentivar a racionalização do uso da água, que consiste em estabelecer o acordo social em torno de seu valor, devidamente discutido no âmbito dos comitês de bacia, é a base deste fundamento.

O objetivo a ser alcançado com a implementação da cobrança pelo uso e poluição das águas no Brasil é garantir aos usuários de mananciais o uso eficiente do recurso, o que deve funcionar como um elemento educativo, visando a combater o desperdício e garantir um padrão aceitável de conservação da água.

A cobrança com objetivo da racionalização do uso da água baseia-se no pressuposto de que, quanto mais um indivíduo tiver de pagar por um bem, mais racional será o seu uso. Além da racionalização do uso de cada indivíduo, há também a racionalização do uso na bacia, que se traduz na alocação ótima da água entre os usuários. A otimização da alocação pode se dar em termos hidrológicos, econômicos, políticos e sociais.

A determinação do valor da cobrança para atingir este objetivo é a mais simples: basta somar o montante necessário para realizar as intervenções e dividi-lo entre os usuários, como no rateio de custos entre os moradores de um condomínio. A dificuldade reside na forma como o montante será dividido entre os usuários, que será definido de acordo com a caracterização do uso da água de cada um.

Ressalta-se que, como se trata de um bem público, uma das hipóteses mais disseminada é que o ato da cobrança seja feito pela entidade ou órgão público que tenha poder outorgante, isto significa dizer, que emita as outorgas de direito de uso dos recursos hídricos.

Os custos relativos ao uso dos recursos naturais estão diretamente ligados aos danos ambientais causados, principalmente, pela poluição do meio ambiente. Esses custos referem-se aos prejuízos ao patrimônio público, ou seja, ao uso do bem comum, e neles estão inseridos os custos de manutenção e recuperação.

O legislador, ao normatizar a reparação do dano, estipula valores monetários com vistas a indenizar ou a compensar os danos causados ao meio ambiente. A fundamentação para essa assertiva está no princípio do poluidor-pagador, que não pressupõe, por exemplo, a liberdade para lançar qualquer produto químico nos mananciais hídricos. Evidencia-se a questão da responsabilidade, pois somente a aplicação efetiva da lei torna a obrigação de reparar efetivamente exequível. Cabe lembrar, portanto, que o princípio do poluidor-pagador e os valores monetários associados devem ser aplicados em consonância com a legislação de proteção ambiental, a Resolução CONAMA 357/2005 no plano federal e as demais leis de âmbito da União e dos estados.

4.3.1.1 A cobrança pelo uso da água no Estado de São Paulo

A Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo aprovou, em 13.12.2005, o Projeto de Lei nº 676/2000 que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo. Essa medida contribuirá, certamente para a minimização dos impactos negativos sobre os mananciais. O Projeto de Lei nº 676/2000 foi sancionado pelo Governador Estadual, que após alterar parcialmente o texto, vetando o §5º, do art. 5º, publicou a Lei nº 12.183, em 30 de dezembro de 2005. Em razão da aprovação e conseqüente entrada em vigor do PL 676/00, os usuários urbanos e industriais de recursos hídricos estarão sujeitos à cobrança, a partir de 1º de janeiro de 2006, enquanto os demais usuários ficam isentos da taxa até início de 2010.

Com a aprovação da Lei nº 12.183/05 estarão sujeitos à cobrança de taxa pelo consumo de água a indústria, a agricultura, empresas de abastecimento e consumidores domésticos de mais de 10 m³/mês. Quem consumir mais pagará, no máximo, R\$ 0,01/m³. E se concedeu um prazo de quatro anos para que os irrigantes agrícolas se adaptem - ou seja, concedeu-se uma isenção temporária exatamente a alguns dos maiores consumidores (e desperdiçadores de água em pivôs centrais, mais de 50% do total consumido).

O projeto dispõe ainda que a cobrança deverá ser para usuários urbanos e industriais. A agricultura estará isenta de cobrança nos primeiros cinco anos. Pequenas propriedades e núcleos rurais que façam captação apenas para uso doméstico não estão sujeitos a pagamento. As companhias de abastecimento ficam proibidas de repassar o custo do uso para consumidores que usem até 10 m³/mês. Entre as principais mudanças está a isenção da cobrança para micro e pequenos produtores rurais bem como aos usuários de recursos hídricos que utilizam meios de produção de energia para consumo próprio. A lei não abrangerá as usinas hidrelétricas, que seguirão o que dispõe a legislação federal.

O valor da cobrança corresponderá R\$ 0,01/m³ de volume captado, extraído ou derivado. Para as empresas públicas ou privadas de serviço de saneamento (abastecimento de água e esgotamento sanitário) a cobrança será de 50% deste valor até o ano de 2009. A lei também prevê tarifa para lançamento de esgoto in natura (não tratado), respeitada as demais leis e normas pertinentes.

A conta da água a que estão acostumados consumidores residenciais e empresariais atualmente não cobra pela água como matéria propriamente dita, mas pelo sistema de captação, tratamento e rede de fornecimento.

O valor parece ser irrisório, mas cabe ressaltar que só a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) capta, diariamente, cerca de 5,6 milhões de metros cúbicos, o que significa mais da metade da bacia do rio Piracicaba, pelo Sistema Cantareira. O restante da água é proveniente de mananciais que ainda restam na região, como por exemplo, as represas Billings e Guarapiranga e, o Sistema Alto Tietê. Teoricamente, 80 % da água distribuída à população retornam para os mananciais na forma de esgotos. Somam-se a esses valores, as quantidades de água para usos doméstico, industrial e agrícola na região, no interior e nas regiões litorâneas.

As empresas de saneamento, indústrias e grandes propriedades rurais serão motivadas a investir em sistemas de tratamento e reúso de águas residuárias. Dessa forma, toneladas de poluentes deverão deixar de ser lançados nos cursos d'água, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos.

O Artigo 7º da Lei nº 12.183/05 menciona que a cobrança pela utilização dos recursos hídricos será realizada pela: entidade responsável pela outorga de direito de uso nas bacias hidrográficas desprovidas de agências de bacias; e pelas agências de bacias.

A bacia do Paraíba do Sul, que drena os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, foi a primeira a implementar a cobrança em março de 2003. Até agora, dos três Estados abastecidos pelo Paraíba do Sul, apenas o Rio de Janeiro aprovou legislação que permite a cobrança. O Estado de Minas Gerais está na fase de regulamentação do processo, por meio de decreto do governo estadual, e o Estado de São Paulo, que aprovou no dia 13.12.2005, ainda depende da sanção do governador do Estado.

As indústrias e companhias de saneamento pagarão R\$ 0,028/m³ de água captada e devolvida sem tratamento, e R\$ 0,008/m³ de água devolvida após tratamento. O setor de agropecuária pagará R\$ 0,0005/m³, a aqüicultura R\$ 0,0004/m³, e as pequenas centrais hidrelétricas, 0,75% do valor da energia produzida mensalmente. A atividade de extração de areia pagará R\$ 0,02/m³.

As vazões captadas são declaradas pelos próprios usuários e ficam sujeitas as fiscalizações por parte da Agência Nacional de Águas (ANA) e órgãos ambientais estaduais. Os usuários que captam até um litro/segundo estão incluídos na categoria de uso insignificante, portanto são isentos de cobrança.

4.3.2 O impacto da cobrança sobre o uso industrial

Segundo Tundisi (2003) o uso da água para fins industriais é responsável por 23% das captações mundiais existentes a nível mundial, não se computando aí o uso energético. Além disto, o uso dos corpos hídricos para diluição de efluentes das indústrias também torna, indiretamente, vazões não apropriadamente mensuradas indisponíveis para outros usos.

Apesar de, atualmente, em grande parte dos países, o setor industrial já ser cobrado pelo uso da água quanto à captação, consumo e diluição de efluentes, a avaliação do impacto desta cobrança em relação ao comportamento deste setor usuário é extremamente difícil. Dados sobre produção, custos, matérias-primas, consumo de energia, entre outros, são considerados muitas vezes como segredos industriais e só são disponibilizados de forma agrupada e por setor, o que torna as análises extremamente imprecisas.

Mesmo os dados sobre efluentes e sistemas de tratamento, que constam dos processos de licenciamento e poderiam ser de acesso público, são de difícil obtenção, já que tanto a indústria quanto os órgãos ambientais temem que venham a ser utilizados indevidamente por entidades ambientalistas ou concorrentes, por exemplo.

Outro aspecto é que as indústrias abastecidas por rede pública, por serem, em geral, grande usuárias, firmam contratos diretamente com as empresas de saneamento, que, por sua vez, não são de conhecimento público. Desta forma, a análise da influência da cobrança pelo uso da água no uso industrial só pode ser feita de forma qualitativa ou do ponto de vista de alguns resultados publicados, tais como valores arrecadados e investimentos do setor em controle da poluição.

A outorga somada à cobrança pelo uso da água devem ser compreendidas como instrumentos de incentivo à busca por ações de racionalização de água. Para tal, é fundamental a busca pela eficiência dos processos industriais para a viabilização do uso dos recursos hídricos. Além disto, a outorga possui valor econômico, pois garante o acesso à água.

Não é somente a escassez da água que incentiva a atuação na sua racionalização. A cobrança pelo uso da água, fundamentada legalmente pelos: Código de Águas de 1934; Política Nacional do Meio Ambiente – Lei Federal nº 6.938/81, Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei nº 9.433/97 e Agência Nacional de Águas – Lei nº 9.984/2000, juntamente com a outorga pelo direito de uso impulsionam ainda mais a implantação de racionalização de água, principalmente aos usuários industriais a quem tal cobrança pode gerar significativos impactos financeiros.

4.3.3 Princípio do poluidor-pagador

A cobrança pelo uso da água fundamenta-se nos princípios do “poluidor-pagador” e “usuário-pagador”. De acordo com o princípio “poluidor-pagador”, se todos têm direito a um ambiente limpo, deve o poluidor pagar pelo dano que provocou. Havendo um custo social proveniente de uma determinada atividade, esse deve ser internalizado ou assumido pelo empreendedor. Ou seja, se uma indústria exerce determinada atividade e, com isto causa poluição ou degradação de um rio, o custo de despoluição deve ser assumido por essa indústria.

O princípio do poluidor-pagador visa à internalização, pelo gerador, dos custos da deterioração ambiental decorrente da sua ação ou atividade. Busca maior cuidado em relação ao potencial poluidor da produção, garantindo uma satisfatória qualidade do meio ambiente. Impõe-se ao "sujeito econômico" (produtor, consumidor, transportador) - o qual, nesta relação, pode causar um dano ambiental - arcar com os custos da diminuição ou afastamento do dano.

A aplicação do princípio poluidor-pagador significa que a internalização dos custos ambientais deve ser efetuada no âmbito do poluidor, ou seja, o poluidor deve ser o primeiro pagador, o que não implica automaticamente que os custos das medidas de luta contra a poluição permaneçam realmente a seu encargo.

O fato de uma empresa repassar os custos da prevenção contra a poluição aos seus preços não significa algo que contrarie o princípio poluidor-pagador; a repercussão de tais custos nos preços resulta do jogo normal do mercado, que se adapta em consequência, a partir preço trazido pela internalização dos custos. O poluidor procurará minimizar a sua parcela de absorção dos custos ambientais, a menos que tal repercussão nos preços possa deslocar a demanda para produtos que substituam ou concorram com os que produz.

A questão colocada é se o poluidor poderia ser obrigado a suportar os custos dos danos causados pela poluição, quando ele atendeu a todas as exigências dos poderes públicos. Se o nível de poluição é importante ou se os danos são sensíveis, a tendência atual consiste em considerar que o poluidor deve também suportar os custos representados pelos danos. O crescente recurso ao regime de responsabilidade sem culpa deverá contribuir para aumentar os casos nos quais o poluidor será obrigado a suportar os custos dos danos.

Estendendo-se o conceito que embasa o princípio poluidor-pagador, admite-se que a utilização de recursos naturais entra em seu campo de aplicação, o que conduz à adoção de um princípio poluidor e usuário-pagador. A tarifação de recursos naturais é, como a luta contra a poluição, um domínio em que os preços não refletem integralmente os custos sociais de sua exploração; os custos de sua utilização são de um modo geral negligenciados.

Segundo o princípio “usuário-pagador”, paga-se pela utilização da água, em detrimento dos demais. Na verdade, o poluidor não deixa de ser um usuário, que se utiliza desse recurso para diluir e transportar efluentes. Todavia, existe essa diferença doutrinária, embora a cobrança recaia sobre um e outro.

Dentro dessa concepção, os usuários da água podem ser classificados em três categorias: os usuários consumidores, os emissores de rejeitos e os usuários não-consumidores. Os usuários consumidores extraem a água para atividades como o abastecimento doméstico, a irrigação e a produção industrial. Os emissores de rejeitos lançam suas águas residuais, e poluem os mananciais superficiais e subterrâneos. Os usuários não-consumidores se caracterizam pelo fato de que eles não consomem materialmente os recursos hídricos e de que eles não poluem necessariamente; esse tipo de utilização inclui a geração de energia hidráulica, a navegação, a pesca, e as atividades relacionadas ao lazer.

Economicamente, este princípio exprime a vontade de neutralizar o custo social provocado pela poluição. Politicamente, o Estado quer preservar as finanças públicas dessas despesas de recuperação, uma vez que o orçamento público não pode ser aplicado para evitar ou amenizar o impacto no meio causado por um só agente que o faz, em seu próprio benefício, em detrimento dos demais.

Partindo-se da hipótese de que os corpos hídricos possuem uma capacidade determinável de diluição de alguns poluentes, a aplicação dos instrumentos econômicos busca, teoricamente, a maximização do benefício social deste uso do recurso natural, no caso a água. A otimização do uso da água é feita mediante a aplicação do princípio poluidor-pagador, em que cada usuário-poluidor paga pelo seu uso, sejam vazões captadas/consumidas ou a carga poluente lançada no corpo.

4.3.4 Outorga de recursos hídricos

A outorga se define como um ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, e nas condições expressas no respectivo ato. O termo outorga significa aprovação, licença ou concessão.

A outorga é um excelente instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos, pois, nas análises dos processos de requerimentos, procura incentivar e promover o uso eficiente da água, minimizando os conflitos pelo uso, assegurando o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, e ao outorgado a garantia do direito de uso destes recursos.

Trata-se de uma concessão para o uso dos recursos hídricos. A outorga de direito de uso de água não deve ser confundida com concessão de serviço público, como ocorre no caso de abastecimento de água, tratamento de esgoto urbano ou produção de energia, que possuem suas próprias regras. A outorga dá ao usuário apenas o direito de uso da água, sem aliená-la.

A outorga deve também se constituir em uma garantia de acesso à água. Como a água é um bem escasso, esta garantia passa a ter valor econômico (Kelman, 2000).

A concessão dos serviços públicos de saneamento e de geração de energia segue regras próprias, não relacionadas com o uso coletivo do recurso hídrico. O poder outorgante de direito de uso de água é o Governo Federal ou os governos estaduais, conforme o caso. A outorga tem prazo de validade limitado (Lei nº 9.433, art. 16) e não implica a alienação parcial das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de uso (Lei nº 9.433, art., 18). Já o poder concedente de serviço público é o governo municipal, no caso de abastecimento de água e de coleta/tratamento de esgoto, ou o governo federal, no caso de produção de energia elétrica.

A outorga tem valor econômico para quem a recebe, na medida em que oferece garantia de acesso ao bem escasso. Com a outorga, cada usuário sabe que tem um “volume outorgável” reservado em seu nome, podendo adiar o consumo para a ocasião que melhor lhe convier. Um grande complicador no processo de emissão de outorgas tem origem no fato de que o conceito de “volume outorgável” admite diferentes formulações, porque a vazão fluvial é uma variável aleatória, e não uma constante.

A outorga deve ser solicitada à Agência Nacional de Águas – ANA, responsável pela análise dos pedidos e emissão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos em corpos hídricos superficiais de domínio da União. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e nos casos específicos de outorga para o uso de água subterrânea, a solicitação de outorga deve ser feita às respectivas autoridades outorgantes estaduais. No Estado de São Paulo, o órgão outorgante é o DAEE, entidade responsável pela outorga.

Uma vez concedida a outorga, o ato é publicado no Diário Oficial da União (caso da ANA), ou nos Diários Oficiais dos Estados ou Distrito Federal, nos quais se identifica o outorgado e são estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que o este está sendo autorizado a fazer.

Segue abaixo a transcrição do artigo 12º da Lei nº 9.433/97, com os casos em que há obrigatoriedade de outorga:

Artigo 12º: - Estão sujeitos à outorga pelo poder público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

- I – derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo d' água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- II – extração da água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III – lançamento em corpo d' água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

Artigo 15º: - A outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensão parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias:

- I – necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;
- II – necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se dispunha de fontes alternativas;

De maneira resumida, segundo a Lei nº 9.433/97 estão sujeitos à outorga os seguintes usos:

- a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- 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;
- uso de recursos hídricos com fim de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Independem de outorga pelo poder público o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural e os usos considerados insignificantes. A definição dos usos insignificantes não foi inserida na Lei nº 9.433/97 ficando a cargo de cada comitê de bacia. Com isto, cria-se uma flexibilização da lei para levar em conta diferenças regionais entre bacias. A lei não faz distinção entre os usos consuntivos e não consuntivos, ou seja, se após a captação, o volume total captado por um usuário, retornará à bacia hidrográfica.

A Lei nº 9.433/97 prevê ainda a outorga para lançamento de efluentes, uma abordagem pioneira e inovadora no contexto mundial, que visa a integrar gestão de quantidade e gestão de qualidade de recursos hídricos. Esta integração é prevista na própria Lei nº 9.433/97, no § 1º do artigo 3º, que estabelece, como diretriz da Política Nacional de Recursos Hídricos, a gestão sistemática, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade.

Cabe ressaltar a utilização de outorgas para garantir a viabilidade de implementação dos planos do governo. Desta forma, um Estado que planeje instalar um pólo industrial, por exemplo, pode garantir hoje a disponibilidade hídrica necessária no futuro. A quantidade de água outorgada para o governo no futuro poderia ser utilizada hoje por outros usuários, desde que estes concordassem em utilizar aquela quantidade de água apenas por um período de tempo limitado. A outorga tem prazo de validade limitado (Lei nº 9.433/97 artigo 16º) e não implica na alienação parcial das águas, que são inalienáveis, mas o simples direito de uso (Lei nº 9.433/97, artigo 18º).

A outorga garante ao usuário o direito de uso da água. Cabe ao poder outorgante (Governo Federal, Estado e Distrito Federal) examinar cada pedido de outorga para verificar se existe água suficiente, considerando-se os aspectos quantitativos e qualitativos, para que o pedido possa ser atendido. Uma vez concedida, a outorga de direito de uso da água protege o usuário contra o uso predador de outros usuários que não possuam outorga. Em situações de escassez, seja para captação seja para diluição de efluentes, os não-outorgados deverão ser reprimidos para garantir a utilização da água e, conseqüentemente, os investimentos daqueles que seguiram o procedimento legal.

4.3.5 Classificação das águas no território brasileiro

Por um longo período de tempo, a nível federal, a Resolução CONAMA nº 20 foi um dos principais instrumentos para o controle dos processos de degradação da qualidade dos nossos recursos hídricos, até que em 08 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei federal nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A Resolução CONAMA n° 20, de 18 de junho de 1986, que trata da classificação das águas doces, salobras, e salinas do território brasileiro, de acordo com a utilização que deve ser dada às mesmas, com os respectivos padrões de qualidade para cada classe. Além dos padrões de qualidade estabelecidos para cada classe, também são estabelecidos, na Resolução CONAMA n° 20/86, os procedimentos a serem adotados para o lançamento de efluentes nos corpos d'água, bem como são definidas as concentrações máximas para o lançamento de algumas substâncias, devendo-se observar que o lançamento de qualquer efluente para um corpo receptor, não deverá alterar os padrões de qualidade estabelecidos, fazendo com que ocorra uma mudança de classe do mesmo. Na Resolução CONAMA n° 20 podem ser encontrados os requisitos estabelecidos para o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora para os corpos d'água.

A legislação específica, que regia o enquadramento até março de 2005, era a Resolução CONAMA n° 20 de 1986, cuja revisão foi aprovada, sendo então sancionada em 17 de março de 2005, a Resolução CONAMA n° 357, revogando integralmente a primeira.

A Resolução CONAMA n° 357/05 - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências". A resolução assume prioritariamente o papel de instrumento de planejamento da qualidade da água dos corpos de água. Esta Resolução expressa metas finais a ser alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias; estabelece a necessidade de se criar instrumento para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e o controle de metas, visando a atingir gradativamente os objetivos propostos.

A Resolução CONAMA n° 357/05 que classifica, segundo seus usos preponderantes, as águas doces, salobras e salinas, em seus "considerandos" mostra ser "a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes".

A Lei n° 6.938/81 amplia as possibilidades sobre o entendimento da poluição e, talvez, o faça por se aplicar a situações e objetos diversos para os quais uma definição mais precisa de poluição, vinculada a valores de parâmetros e indicadores, não seja viável. O texto da Resolução CONAMA n° 357/05, especificamente voltado às águas superficiais, considera que os níveis de qualidade são avaliados por parâmetros e indicadores específicos e os associa aos usos preponderantes.

A legislação ambiental estabelece que os despejos industriais devam ser tratados, de modo que as características físico-químicas dos efluentes estejam de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05. No Estado de São Paulo, o lançamento de efluentes industriais é regulamentado pelo Decreto nº 8468/76. Tratando-se de legislação concorrente, aplica-se o princípio do atendimento ao padrão mais restritivo, sobre um mesmo objeto.

Em relação ao conteúdo destas leis, existem dois tipos de padrões: de emissão (ou lançamento) e de qualidade. O primeiro regulamenta a máxima concentração de cada poluente que será permitida no efluente lançado (seja em corpos d'água, seja em rede coletora de esgoto), enquanto que o segundo determina as concentrações máximas desses poluentes para cada classe de corpo d'água.

Quando lançado em corpos d'água, o efluente final deverá, simultaneamente, atender a ambos os padrões de emissão e qualidade, apresentando características aceitáveis para o lançamento e de forma a garantir que o corpo d'água mantenha seu enquadramento, conforme estipulado na Resolução CONAMA nº 357/05, para águas doces, salinas e salobras.

A Resolução CONAMA nº 357/05 exige nacionalmente maior controle dos efluentes, também levando em conta a ecotoxicologia dos lançamentos, nos quais a nova lei inclui a exigência de testes que confirmem que os efluentes, mesmo tratados, não afetem a vida aquática, quando descartados. Apesar de estar dentro dos padrões, nos corpos d'água, os poluentes, misturados, podem gerar condições tóxicas diferentes e as sinergias devem ser verificadas.

Mesmo que em Estados mais avançados, como São Paulo, já existam exigências de análises ecotoxicológicas (em São Paulo, há a resolução SMA 03, de 22.2.2000), a definição constante na resolução federal harmoniza nacionalmente e dá mais força a esse aspecto.

Na sua principal disposição, que rege a classificação de corpos d'água, houve mudanças importantes. Aumentaram o número de classificações de águas salinas, que passaram de apenas duas classes (5 e 6) para quatro (especial, 1, 2 e 3), e de águas salobras, que também passaram de duas (7 e 8) para quatro (especial, 1, 2 e 3).

Essas classificações, que definem o padrão de qualidade dos cursos d'água, são fundamentais com um nexo lógico e simples para aplicação das exigências de emissões de efluentes. Assim, os padrões de emissões são diferentes, dependendo do tipo de rio, córrego ou braço de mar em que serão lançados. Se ele for especial, por exemplo, não admitirá nenhum tipo de emissão. No caso de pertencer à classe 1, aplicam-se critérios mais atenuados, que são reduzidos progressivamente até chegar na última e mais poluída classificação: no caso de águas doces, classe 4, e de águas salinas e salobras, classe 3 e menos restritiva classe.

Um maior número de classes para as águas salinas e salobras é bastante positivo, porque dá maior flexibilidade para exigências. A Resolução CONAMA nº 357/05 introduz, inclusive, a possibilidade da captação de águas salobras para o abastecimento público.

Com o maior número de classes para as águas salinas e salobras é bastante positivo, porque dá maior flexibilidade para exigências. O aparente descuido da CONAMA revogada talvez se explique pelo fato desta classe de águas não serem empregadas normalmente para abastecimento. Mas com a promulgação da nova lei automaticamente todos esses corpos d'água tornam-se classe 1. Se um Estado considerar um determinado local como classe especial precisará solicitar o enquadramento junto às agências de bacias ou governos estaduais. A classificação de águas doces não sofreu alteração, continua com as mesmas cinco classes. Mas o que mudou muito, além das exigências de toxicidade (no caso da classe 1 e 2 os efluentes não podem afetar a sobrevivência e reprodução da vida aquática e, na classe 3, a sobrevivência), foi a quantidade de novos valores de concentrações máximas e de novas condições para emissão.

Os novos parâmetros, distintos por classes de corpos d'água, modernizaram as exigências, removendo as ultrapassadas e incluindo novas. Mais também do que incluir novos parâmetros, a CONAMA 357/05 possibilita outros artifícios de melhoria do controle para os órgãos ambientais. Estipula, por exemplo, padrões mais exigentes que os de classe 1 para cursos d'água utilizados em pesca ou cultivo de organismos de consumo intensivo industrial. Já uma outra ferramenta interessante consta no artigo 26°. Trata-se da permissão de substituir o conceito de emissão por limite de concentração máxima pelo de fixação de carga poluidora máxima. Isso é importante porque permite levar em conta a capacidade do corpo d'água de suportar diariamente a descarga do efluente, independente de ele estar tratado.

A lógica do artigo é clara: mesmo dentro da lei, em grandes volumes os efluentes criam novas concentrações depois de misturados no ambiente aquático, tornando-se novamente poluentes. É seguindo essa lógica que a lei estadual paulista (artigo 18° da Lei nº 997/76), define como controle de DBO de efluentes a remoção de carga orgânica, porque se analisa a vazão e concentração da entrada e saída do efluente, definindo-se o kg de DBO por dia.

Embora na nova lei federal existam os parâmetros de concentração máxima de DBO para águas doces (nas salgadas e salobras, o parâmetro para carga orgânica é por carbono orgânico total, TOC), o artigo 26° pode permitir manobra para adequar ao mesmo procedimento paulista. Em São Paulo especificamente, tanto no caso da DBO como de outros parâmetros, valerá a orientação jurídica de usar a determinação mais restritiva. O Quadro 04 ilustra uma comparação das classes de águas entre as legislações estadual paulista (Decreto nº 8.468/76) e federal (Resolução CONAMA 20/86 e 357/05).

QUADRO 04 - Comparação das classes de águas doces, salinas e salobras das legislações estadual paulista e federal.

Legislação do Estado de São Paulo ⁽¹⁾	Legislação Federal					
	Águas doces		Águas salinas		Águas salobras	
Em vigor	CONAMA 20/86 ⁽²⁾ (revogada)	CONAMA 357/05 ⁽³⁾ (em vigor)	CONAMA 20/86 ⁽²⁾ (revogada)	CONAMA 357/05 ⁽³⁾ (em vigor)	CONAMA 20/86 ⁽²⁾ (revogada)	CONAMA 357/05 ⁽³⁾ (em vigor)
1	Especial	Especial	-	Especial	-	Especial
-	1	1 ⁽⁴⁾	5	1 ⁽⁴⁾	7	1 ⁽⁴⁾
2	2	2 ⁽⁴⁾	-	2 ⁽⁵⁾	-	2 ⁽⁵⁾
3	3	3 ⁽⁵⁾	6	3	8	3
4	4	4	-	-	-	-

(1) Regulamento da Lei n° 997 de 31.05.76, aprovado pelo Decreto n° 8.468 de 08.09.76.

(2) Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 20 de 18.06.86

(3) Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente n° 357 de 17.03.05, através da qual foi revogada a Resolução CONAMA n° 20/86.

(4) Não deve ser verificado efeito tóxico crônico a organismos (garante a proteção da comunidade aquática: sobrevivência e reprodução)

(5) Não deve ser verificado efeito tóxico agudo a organismos (garante a sobrevivência da comunidade aquática)

FONTE: CETESB (2005)

4.3.6 Legislação estadual paulista

O Estado de São Paulo por ser o mais industrializado acaba sempre inovando no estabelecimento de normas específicas para o controle da poluição do meio ambiente.

A Lei n° 7.663, de 30 de dezembro de 1991, tem grande destaque no cenário referente ao gerenciamento hídrico, pois estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no qual foi introduzido o conceito de usuário pagador, tratado na Seção III desta lei, a qual é intitulada "Da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos". A seguir, é feita uma transcrição dos artigos referentes à questão da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, apresentados na Lei n° 7.663/91.

Artigo 14° - A utilização dos recursos hídricos será cobrada na forma estabelecida nesta lei e em regulamento, obedecidos os seguintes critérios:

- I - cobrança pelo uso ou derivação, considerará a classe de uso preponderante em que for enquadrado o corpo de água onde se localiza o uso ou derivação, a vazão captada em seu regime de variação, o consumo efetivo a que se destina; e
- II - a cobrança pela diluição, transporte e assimilação de efluentes de sistemas de esgotos e outros líquidos de qualquer natureza considerará a classe de uso em que for enquadrado o corpo d'água receptor, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a carga lançada e seu regime de variação, ponderando-se, dentre outros, os parâmetros orgânicos, físico-químicos dos efluentes e a natureza responsável por estes.

Parágrafo 1° - No caso do inciso II, os responsáveis pelo lançamento não ficam desobrigados do cumprimento das normas e padrões legalmente estabelecidos, relativos ao controle de poluição das águas.

Na década de 70, é aprovada a Lei n° 997, de 31 de maio de 1976, regulamentada pelo Decreto n. ° 8.468, de 8 de setembro de 1976, onde foi dada atribuições à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Cetesb, com a responsabilidade pela elaboração de normas, especificações e instruções técnicas relativas ao controle da poluição, fiscalização das emissões de poluentes feitas por entidades públicas e particulares, entre outras.

A lei n° 997/76 dispõe sobre o controle do meio ambiente, sendo a mesma regulamentada pelo decreto n° 8.468/76. No Decreto n° 8.468/76 é estabelecido que o sistema de prevenção e controle da poluição passa a ser rígido na forma prevista no mesmo, sendo estabelecido à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), a competência para aplicação da lei n° 997, do próprio decreto n° 8.468/76 e das normas dele decorrentes. Também são abordados no decreto n° 8.468/76 assuntos relacionados ao controle da poluição da água, ar e do solo.

No que se refere ao controle da poluição das águas, inicialmente é apresentada a classificação dos corpos d'água no Estado de São Paulo, com os respectivos padrões de qualidade para cada classe do uso preponderante.

Com relação ao lançamento de efluentes para o meio ambiente, além de serem definidos os critérios e limites de emissão de efluentes para os corpos d'água (artigo 18), são estabelecidos os critérios e limites para emissão de efluentes em sistemas públicos de esgotos (artigo 19), sendo que para os efluentes de origem industrial deve-se observar os seguintes critérios:

- I – à coleta e disposição final de águas pluviais;
- II – à coleta de despejos sanitários e industriais, conjunta ou separadamente;
- III – às águas de refrigeração.

§ 1º - Os despejos referidos no inciso II deste artigo, deverão ser lançados à rede pública através de ligação única, cabendo à entidade responsável pelo sistema público admitir, em casos excepcionais, o recebimento dos efluentes por mais de uma ligação.

§ 2º - A incorporação de águas de refrigeração dos despejos industriais só poderá ser feita mediante autorização expressa da entidade responsável pelo sistema público, após verificação da possibilidade técnica do recebimento daquelas águas e o estabelecimento das condições das condições para tal, vetada a utilização de água de qualquer origem, com a finalidade de diluir efluentes líquidos industriais.

Artigo 19º. – O lançamento de despejos industriais à rede pública de esgotos será provido de dispositivo de amostragem e/ou medição na forma estabelecida em normas editadas pela entidade responsável pelo sistema.

O Decreto nº 8.468/76 também trata da classificação das águas do Estado de São Paulo, apresentando os respectivos padrões de qualidade para cada classe, bem como os padrões de emissão de efluentes. Conforme o Decreto nº 8.468/76, as águas interiores, situadas no território do Estado de São Paulo são classificadas de acordo com os seus usos preponderantes:

- I - Classe 1: águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;
- II - Classe 2: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);
- III - Classe 3: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;
- IV - Classe 4: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

O artigo 18º do Decreto nº 8.468/76 estabelece critérios para lançamentos de efluentes em coleções de água, enquanto que o artigo 19º estabelece os critérios de lançamentos de efluentes para os sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários. A legislação estadual estabelece estes critérios de lançamentos de efluentes tanto para os corpos d'água quanto para os sistemas de coleta e tratamento de esgotos, fato que não é verificado na legislação federal equivalente.

O entendimento da poluição em geral, estabelecida na Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e, tem um caráter mais amplo. O artigo 3º, inciso III dessa lei estabelece que:

“Para fins previstos na lei, entende-se por:

III – poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.”

A lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabelece as normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujo principal objetivo é assegurar que as águas superficiais e subterrâneas, essenciais à sobrevivência humana e ao desenvolvimento sócio-econômico, possam ser controladas e utilizadas, de forma racional, e dentro de parâmetros de qualidade desejáveis.

Um dos instrumentos da Política Estadual, definido nos artigos 9º e 10º a Lei 7663/91, é a Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos, regulamentada pelo Decreto Estadual 41.258 de 01 de novembro de 1996, e normatizada pela Portaria do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) nº 717 de 12 de dezembro de 1996.

Esses regulamentos trazem uma nova visão quanto à Política dos Recursos Hídricos, privilegiando a gestão descentralizada e participativa, onde os aspectos quantitativos e qualitativos das águas superficiais e subterrâneas são objeto de análise integrada, visando o seu melhor aproveitamento.

Antes da Lei nº 7663/91, o DAEE concedia Outorga baseado na Lei nº 6134, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 32.955 de 07.02.91 através das normas e procedimentos da Portaria DAEE 12, de 14.03.91, baseando-se em suas atribuições definidas no Decreto Estadual nº 52.636, de 03.12.72, de fazer cumprir no Estado de São Paulo, o previsto pelo Decreto Federal nº 24.643, de 10.07.34 - Código de Águas, que era a única referência legal sobre o assunto até então.

No artigo 3º são apresentados os princípios que a Política Estadual de Recursos Hídricos deverá atender, devendo-se destacar, entre estes princípios, o reconhecimento do recurso hídrico como um bem público, de valor econômico e cuja utilização deve ser cobrada.

Da mesma forma que a Lei Federal equivalente, Lei nº 9.433/97, pela Lei nº 7.663/91, a utilização dos recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, só poderá ser efetivada mediante a concessão da outorga do direito de uso, devendo-se observar os artigos 9º e 10º da mesma.

Artigo 9º - A implantação de qualquer empreendimento que demande a utilização de recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, a execução de obras ou serviços que alterem seu regime, qualidade ou quantidade dependerá de prévia manifestação, autorização ou licença dos órgãos e entidades competentes.

Artigo 10º - Dependerá de cadastramento e da outorga do direito de uso, a derivação de água de seu curso ou depósito, superficial ou subterrâneo para fins de utilização no abastecimento urbano, industrial, agrícola e outros, bem como o lançamento de efluentes nos corpos d'água, obedecida a legislação federal e estadual pertinentes e atendidos os critérios e normas estabelecidos no regulamento.

Os artigos apresentados acima, além dos artigos 11º a 13º, foram regulamentados pelo Decreto Estadual nº 41.258, de 31/10/99, onde é atribuída ao DAEE a responsabilidade pela concessão de outorga para o uso dos recursos hídricos no Estado de São Paulo (Decreto nº 41.258, 1996).

Com relação à cobrança pelo uso dos recursos hídricos, deverão ser obedecidos os critérios estabelecidos no artigo 14º da lei em questão.

Artigo 14º - A utilização dos recursos hídricos será cobrada na forma estabelecida nesta lei e em seu regulamento, obedecendo aos seguintes critérios:

- I- A cobrança pelo uso ou derivação, considerará a classe de uso preponderante em que for enquadrado o corpo de água onde se localiza o uso ou derivação, a disponibilidade hídrica local, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a vazão captada em seu regime de variação, o consumo efetivo e a finalidade a que se destina; e
- II- Cobrança pela diluição, transporte e assimilação de efluentes de sistemas de esgoto e de outros líquidos de qualquer natureza, considerará a classe de uso em que for enquadrado o corpo d'água receptor, o grau de regularização assegurado por obras hidráulicas, a carga lançada e seu regime de variação, ponderando-se, dentre outros, os parâmetros orgânicos, físico-químicos dos efluentes e a natureza da atividade responsável pelos mesmos.

Com a criação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIRGH, o Estado assegurará meios financeiros e institucionais para o atendimento dos artigos 205º a 213º da Constituição Estadual, visando a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como a formulação, atualização e fiscalização do Plano Estadual de Recursos Hídricos, congregando órgãos estaduais e municipais e a sociedade civil.

Foram criados pela Lei nº 7.663/91, como órgãos colegiados, consultivos e deliberativos, O Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH, de nível central e os Comitês de Bacias Hidrográficas, com atuação em unidades hidrográficas estabelecidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, sendo a composição e competências desses órgãos, definidas nos artigos 23º, 24º e 25º desta lei.

4.4 Conservação da água na indústria

A água se constitui em recurso natural fundamental para a indústria, e sua participação na produção é variável. A minimização do seu uso será uma questão prioritária para a maioria das indústrias de todo o mundo.

No século passado, países industrializados evoluíram de exploradores de recursos naturais abundantes para conservadores de recursos escassos. As limitações dos recursos naturais da Terra se tornaram uma preocupação crescente com o aumento da demanda para a energia elétrica e produtos industriais. Atualmente, até mesmo países em desenvolvimento estão bastante preocupados e interessados no desenvolvimento controlado e na utilização dos seus recursos.

Os produtores industriais têm que produzir a um custo desejado, mas também têm que considerar outros fatores importantes, como por exemplo: minimizar o consumo de matérias-primas e energia; minimizar a geração de resíduos pelo uso eficiente de recursos; recuperar materiais úteis dos resíduos gerados na produção e tratar todos os resíduos de forma que eles possam ser convertidos a uma forma ambientalmente aceitável antes da disposição.(Bravo, 2003).

O desenvolvimento de técnicas efetivas que conduzem à conservação da água em todos os processos que a utilizam resultará em um consumo diminuído deste valioso recurso natural. Muitos esforços estão sendo feitos e, nos dias atuais, existem várias técnicas de conservação de água desenvolvidas e aplicadas por diversas indústrias. A disponibilidade de água e o preço são a força motriz mais eficiente e estimuladora para a seleção de um ótimo método de conservação de água.

O estudo primário para conservação de água normalmente se refere à água de processo quando o seu uso excede as exigências dos equipamentos. A próxima possibilidade é o reúso da água identificada como levemente contaminada, mas aceitável para o reúso direto em um processo que não requer alta qualidade, como por exemplo, na lavagem de equipamentos. As indústrias de aço e petróleo reduziram o consumo de água, substituindo um sistema de água de resfriamento por um sistema fechado de recirculação.

O reúso do efluente tratado descartado das indústrias é, atualmente, uma grande área de investigação que possibilita novas técnicas de tratamento mais sofisticadas que estão sendo introduzidas no mercado.

Teoricamente, é possível fechar muitos sistemas de processos industriais de reúso de água, mas um limite para esse recurso sempre é estabelecido pelo controle de qualidade do produto, como por exemplo: um sistema fechado em muitas indústrias resultará em uma formação contínua de sais dissolvidos. Porém, o grau máximo de reúso pode ser individualmente estabelecido antes que os problemas possam acontecer. (Mustafá, 1998).

Na grande maioria dos casos, o efluente tratado, que é atualmente descarregado para o esgoto, pode passar por um tratamento adicional e recuperado para uso em áreas operacionais como torres de resfriamento, caldeiras ou como água de lavagem. O tratamento adicional pode envolver o uso de técnicas de membrana como osmose reversa ou ultrafiltração, ou até uma filtração clássica para remover sólidos suspensos. No caso de o esgoto sanitário tratado ser reciclado, são necessários tratamentos adicionais como raios ultravioleta ou cloração para a desinfecção, quando o fluxo de perda de água tratada contiver microorganismos.

É imprescindível que uma avaliação crítica do reúso da água seja executada antes da elaboração e desenvolvimento dos sistemas de tratamento de efluentes; isto é particularmente aplicável quando água e sistemas de administração de efluentes são projetados para novas plantas ou novas linhas de produção.

Tratamento de membrana da água de descarga da torre de resfriamento tem sido usado para reduzir o consumo de água (este tratamento produz água de qualidade elevada) e reduzir o volume de efluentes descartados. A água de descarga da torre de resfriamento pode, também, ser reduzida com o uso de abrandadores e filtragem em conjunto com o controle efetivo de depósitos e técnicas de inibição de corrosão. (Cichocki, 2005)

A segregação de fluxos incompatíveis deve ser considerada antes que o critério do processo de tratamento seja desenvolvido, pois em algumas antigas plantas já existentes, isto pode ser inviável economicamente, ou até, em muitos casos, impossível.

Não é comum que somente uma porção de fluxo de efluente contenha a maior parte de carga de sólidos suspensos. Para isto, uma parte do fluxo precisa ser tratada para remoção dos sólidos suspensos. O tratamento separado desses fluxos é econômico e permite o uso mais efetivo de técnicas de recuperação de água. A água de resfriamento ou outros fluxos de baixa contaminação podem ser segregados e reciclados para o processo produtivo como água de lavagem de equipamentos ou, em alguns casos, como água de processo. (Cichocki, 2005).

Para cada caso, considerações sobre o reúso de água ou efluentes devem ser baseadas numa revisão das atuais práticas de gerenciamento de água, incluindo avaliações de fluxos, análises químicas e balanço de massa de água e efluentes; isto também se aplica ao sistema de tratamento de efluentes existentes. O próximo passo se refere à revisão do uso de água na área de produção e avaliação de possibilidades de racionalização/redução do consumo de água.

Diferentes métodos para o reúso máximo de água de processo e de resfriamento (quando aplicável), assim como efluente tratado das estações de tratamento existentes, são avaliados incluindo análise econômica.

Esta análise econômica é realizada com base nos custos de investimentos, operação e manutenção dos equipamentos selecionados para a implementação, em comparação com a economia dos custos resultantes do menor consumo de água, diminuição do volume de efluente descartado e diminuição do volume de subprodutos decorrentes do sistema de tratamento de efluentes como lamas (diminuição do custo de disposição final). Com base nesta análise, decide-se por estender as modificações e a seleção de tratamento adicional; e o sistema novo é projetado e instalado.

4.4.1 Águas pluviais

A captação de águas pluviais é uma técnica difundida há milhares de anos, especialmente em regiões semi-áridas, onde as chuvas só ocorrem durante poucos meses no ano e em locais diferentes.

No Brasil, até os anos trinta, muitas cidades tiveram casas com sistemas de estocagem de água de chuva em cisternas individuais. Porém, este método tornou-se obsoleto com a construção das redes de abastecimento. (Rebello, 2004).

O aproveitamento de água de chuva nos usos não potáveis mostra-se uma promissora forma de substituição do correspondente volume de água potável e tem implicações positivas e relevantes no que concerne à diminuição do valor monetário das contas de água. (Rebello, 2004).

Ultimamente, a exemplo das áreas rurais, o uso de armazenamento de águas pluviais é retomado em áreas urbanas, principalmente em áreas em que o abastecimento de água depende de reservatórios distantes, como é o caso da cidade de Tóquio, no Japão.

O sistema de captação de água de chuva tem sido utilizado gradualmente, e apresenta as seguintes vantagens:

- a chuva que cai nos telhados é coletada e armazenada em recipientes, evitando que esta venha a entrar nas redes de esgoto e causar inundações;

- o suprimento de água da cidade pode ser mantido por estocar a água, que é utilizada em regas de jardins e descargas sanitárias;
- a água de chuva pode ser utilizada em reservas de incêndios, bem como para usos domésticos.

O aproveitamento de águas pluviais pode ser considerado como uma alternativa de fonte substitutiva para a água de abastecimento público urbano sem o requisito de potabilidade, envolvendo tecnologias de baixo custo. Assim, pode ser adotado como um meio para a diminuição dos problemas relacionados à escassez de água em certos contextos de ocupação urbana. (Rebello, 2004)

A gestão sustentável de águas pluviais em meios urbanos reduz os custos da conta de água, economiza água tratada e energia elétrica (necessária ao bombeamento de água da rede de abastecimento) e restaura o ciclo hidrológico das cidades, favorecendo, por exemplo, a recarga de águas subterrâneas. Além disso, em centros urbanos adensados vem se mostrando em medida eficaz para reduzir o pico de vazão de cheia, bem como retardá-lo. É uma alternativa vantajosa do ponto de vista racional, pois a água é captada e guardada, podendo ser posteriormente filtrada no local de uso, tratada com facilidade, servir para descargas de bacias sanitárias, lavagem de roupas, pisos, carros e calçadas, ou usada em reservas de incêndio e regas de jardim.

Os fatores mais importantes a ser considerados no desenvolvimento de sistemas de captação de água de chuva são:

- viabilidade técnica: a construção deve ser a mais simples possível e os materiais devem estar disponíveis no comércio local;
- viabilidade econômica: um modelo econômico pode ser desenvolvido para executar o sistema e é de fundamental importância;
- aceitação sociocultural: o sistema de instalação das unidades individuais deve ter o melhor entendimento possível para maior adaptação e aceitabilidade das pessoas;
- educação sanitária: é parte integral da propagação dos sistemas de captação de água de chuva para enfatizar a conveniência do sistema e a forma de manter, utilizar e otimizar o uso. Outro aspecto importante é a necessidade de assegurar a qualidade da água de acordo com o uso determinado.

Vale destacar, no entanto, que a utilização de águas pluviais como fonte alternativa ao abastecimento de água de chuva requer, da mesma forma que nos casos anteriores, a gestão da qualidade e quantidade.

O uso de água de chuva apenas para fins não potáveis, não diminui o risco de uma eventual contaminação ao usuário, principalmente nos usos que envolvem o contato primário. (Rebello, 2004).

Segundo May (2004), a água de chuva pode ser utilizada para usos não potáveis, como na lavagem de áreas externas, veículos, bacias sanitárias, sistemas de ar-condicionado e sistemas de combate a incêndio. A aplicação de tal fonte de água implica controle de sua qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico, de forma a não comprometer a saúde de seus usuários, bem como a vida útil dos sistemas envolvidos.

Segundo Rebello (2004), sistemas de aproveitamento instalados em regiões diferentes certamente terão na água de chuva características de qualidade também diferentes, já que os fatores ambientais locais são determinantes para esta ocorrência.

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais é geralmente composto por coletores, tubulações, tratamento e sistema de reserva de água. As águas pluviais podem ser coletadas em telhados e também em áreas superficiais.

Segundo May (2004), para o projeto de dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais devem ser considerados:

- quantidade de água de chuva disponível e demanda a ser atendida;
- área de coleta de água de chuva a ser considerada;
- cálculo do reservatório por meio de equação simples, que considera precipitação em milímetro e área de coleta.

O aproveitamento direto da água de chuva não é uma tarefa fácil em uma planta industrial, visto que há problemas quanto ao volume da precipitação, sua regularidade, distância do ponto de utilização, armazenamento, interferências de *layout*, adequação da qualidade e dificuldades de interação com o processo em que será utilizada. Mesmo que as características da água de chuva fossem adequadas aos processos e que se pudesse atender à pressão requerida, considerando a coluna d'água possibilitada naturalmente pela altura do prédio, seu aproveitamento direto no processo, sem o uso de bombas para recalque, somente poderia se dar com a adoção de controles capazes de, ao se iniciar a chuva, suspender o uso da fonte primária de água e voltar a utilizá-la imediatamente quando parasse de chover. Isto tornaria a situação complexa sob o ponto de vista de malha de controle para a automação. (Bravo, 2005).

No entanto, as vantagens advindas do aproveitamento e a disseminação de sistemas de controle automático têm viabilizado, com relações custo/benefício favoráveis, a adoção desses sistemas.

4.4.2 Reúso de água

A crescente demanda, associada aos elevados custos da água, tem incentivado a avaliação de possibilidades internas de reúso e até mesmo a viabilidade do uso de efluentes tratados de concessionárias como fonte de abastecimento.

Os efluentes gerados pelas atividades consumidoras podem ser avaliados como uma possibilidade de fonte alternativa para suprimento da demanda de usos específicos, configurando o conceito de reúso da água.

O reúso da água ou uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido mundialmente utilizado há alguns anos. A demanda crescente por água tem feito da reutilização de tal recurso um tema de grande importância. Neste sentido, é possível considerar o reúso da água como parte integrante de um conceito mais abrangente, que é o uso racional da água, o qual, por sua vez, está inserido na conservação de recursos naturais, compreendendo a alocação e uso racional, o controle de perdas e desperdícios, bem como a minimização da produção de resíduos e do consumo.

O reúso de água favorece a redução da demanda sobre os mananciais, pela possibilidade de substituição da água de qualidade superior (potável, por exemplo) por uma outra de qualidade inferior, que seja compatível com o uso específico. Este procedimento conceitua-se como substituição de fontes.

Desta forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados, utilizando-se águas originárias de efluentes tratados para o atendimento de demandas cujas finalidades podem prescindir de água. Sua conservação está intimamente ligada à integração dos sistemas de abastecimento, esgotamento e drenagem urbana.

A literatura é rica na terminologia do reúso da água e existem discrepâncias entre vários autores, dificultando o entendimento desta prática. De maneira geral, o reúso de água pode ocorrer de forma direta e indireta, por meio de ações planejadas ou não.

Entretanto, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 1973, citada por Brega Filho & Mancuso, 2003), existem as seguintes categorias:

- reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizadas novamente a jusante, de forma diluída;
- reúso 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 reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Segundo o relatório técnico da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp (2004), são válidas as seguintes definições:

- reuso macro externo: definido como o reuso de esgoto sanitário ou industrial tratado, proveniente de estações de tratamento administradas por concessionárias ou outra indústria;
- reuso macro interno: definido como o uso interno de efluentes tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

A prática de reuso macro interno pode ser implantada de duas maneiras distintas:

- reuso direto: após a avaliação das características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade exigidos para a aplicação que se pretende, o efluente é encaminhado, nas condições em que se encontra, da estação de tratamento até o ponto em que será utilizado.
- reuso após a utilização de técnicas complementares: o efluente disponível pode apresentar, ainda, algum contaminante que comprometa ou inviabilize o reuso direto; assim, é necessária a utilização de técnicas de tratamento que possam adequar as suas características aos requisitos exigidos para uso.

Por exemplo, nos setores de uma planta industrial, após avaliação adequada, é possível adotar reuso em torres de resfriamento, caldeiras, processos, lavagem de pisos. Irrigação, bacias sanitárias, etc.

A Agenda 21 para a construção sustentável (2000) recomenda a implementação de políticas de gestão do uso e reciclagem de efluentes, ressaltando sempre a questão da importância da saúde pública bem como os possíveis impactos ocasionados. Embora não haja no Brasil uma legislação específica para o reuso, na Lei nº 9.433/97 já se ressaltam muitos aspectos direcionantes para implantação de uma Política Nacional de Recursos Hídricos que considere o reuso como forma de maximização destes recursos (Sautchúk, 2004).

A implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos visa assegurar à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água, em quantidade e qualidade, através da utilização racional e integrada dos recursos hídricos. (Rodrigues, 2005).

O reuso de água é uma das formas de utilização racional dos recursos hídricos, e pode ser considerado um dos instrumentos para atingir este objetivo específico.

O enquadramento dos corpos hídricos, segundo os usos preponderantes da água, estabelece quais níveis de qualidade devem ser mantidos, ou atingidos nos respectivos corpos hídricos. Os objetivos do enquadramento são (artigo 9º - Lei nº 9.433/97):

- assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

O reúso pode ser um dos caminhos para que se atinjam tais objetivos, visto que pode ser considerado como uma ação preventiva que irá reduzir a pressão sobre os recursos hídricos (tanto na captação da água, quanto no lançamento de efluentes). A redução da emissão de efluentes, em determinados trechos de corpos hídricos, pode também vir a assegurar a qualidade de determinadas águas atendendo assim os usos mais exigentes, para aquela área específica.

A legislação exige que se apresente o balanço entre as disponibilidades e demandas, em quantidade e qualidade, a fim de se identificar os possíveis conflitos entre usuários; as metas de racionalização do uso; o aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; além de programas e projetos que deverão ser desenvolvidos para que se atinjam as metas previstas (Capítulo IV, Seção I da Lei nº 9.433/97). A racionalização do uso, o aumento de quantidade e a melhoria da qualidade são algumas das possíveis consequências da instituição do reúso. (Rodrigues, 2005).

Segundo Rebouças et al (1999) apud Hespanhol (1999), a qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a ser adotados e os investimentos a ser alocados.

O reúso de efluentes tratados requer a previsão de sistemas hidráulicos duplos, da reservação à distribuição, sem possibilidade de contato da água potável com a água de reúso. É indicada, até mesmo, a adição de corante à água de reúso e a identificação clara dos pontos de consumo.

É fundamental a capacitação dos funcionários em contato com os sistemas que reusam água, por meio de treinamentos, esclarecimentos técnicos e reciclagem contínua.

Qualquer que seja a estratégia adotada, é de suma importância que a prática de reúso seja devidamente planejada, a fim de se obterem os máximos benefícios associados a para que possa ser sustentável ao longo do tempo.

Assim, antes que a avaliação do potencial de reúso do efluente disponível na edificação seja iniciada, é necessário que todos os fatores que possam influenciar em sua quantidade e composição sejam devidamente contemplados.

Isso implica dizer que, necessariamente, a avaliação do potencial de reúso de efluentes deve ser posterior a quaisquer alternativas de racionalização do uso da água, já que estas irão afetar, de forma significativa, tanto a quantidade como a qualidade do efluente.

4.4.3 Água de reúso de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)

Consciente da atual situação de escassez da água em todo o mundo, algumas empresas concessionárias de tratamento de esgoto sanitário desenvolveram, em suas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), uma alternativa capaz de racionalizar o uso da água potável, contribuindo assim para a diminuição do volume de água bruta retirada dos mananciais que se destina ao abastecimento da população. Este subproduto das ETEs é conhecido como água de reúso. O reúso de água é a utilização desta substância por uma segunda ou mais vezes.

Produzida nas ETEs, a água de reúso não é potável, mas pode ser utilizada para outros fins, como, por exemplo, na lavagem de ruas, rega de jardins públicos e refrigeração de equipamentos em processos industriais. Após ser utilizada para o abastecimento público, a água residuária é encaminhada para Estações de Tratamento de Esgotos, onde o efluente passará por um processo tratamento e eventual pós tratamento que têm incluído operações de filtração e processos de cloração, nos casos praticados na cidade de São Paulo. Esse sistema de tratamento permite adequar os teores de poluentes e de microorganismos, em água de reúso adequada a uma série determinada de usos.

Consciência ambiental e garantia de suprimento são apenas dois dos atrativos que a água de reúso oferece para algumas prefeituras, indústrias e empresas da Região Metropolitana de São Paulo.

Atualmente, segundo a Sabesp, já são reaproveitados 780 mil m³ de água por mês, volume suficiente para abastecer toda a população de um município como Taubaté. (Sabesp, 2004)

Para o setor industrial, a empresa está aberta a negócios em torno do reúso da água com sistemas apropriados de distribuição. A reutilização da água apresenta atrativos como menor custo, confiabilidade tecnológica e suprimento garantido. No aspecto qualidade, os riscos inerentes são gerenciados com adoção de medidas de planejamento, monitoramento, controle e sinalização adequados. (Sabesp, 2004)

A primeira empresa a adquirir este subproduto das Estações de Tratamento de Esgotos foi a Coats Corrente, fabricante das Linhas Corrente. Desde 1997, a empresa compra água de reúso da Sabesp para usar na lavagem e tingimento das linhas. A água proveniente da ETE de Jesus Netto. Chega até a empresa por bombeamento por meio de uma tubulação de ferro fundido de 900 metros de comprimento, com diâmetros de 150 a 200 milímetros. Estima-se que a economia diária de água potável chegue a 70 m³/h. (Sabesp, 2004).

As prefeituras das cidades de Diadema, São Caetano, Barueri, Carapicuíba, Santo André e a de São Paulo obtêm água de reúso, dando um exemplo de economia não apenas de água potável, como também de recursos financeiros dos cofres públicos. Nestes casos, o transporte do produto se faz por caminhões-pipa que levam a água de reúso de uma estação de tratamento até seus mais variados destinos.

Ao contrário de consumir água potável para lavar as ruas após as feiras livres, caminhões devidamente preparados seguem às estações de tratamento de esgotos de Barueri, Parque Novo Mundo, ABC e São Miguel Paulista para se abastecer da água de reúso. Atualmente, são aproveitados 34 mil m³ de água mensalmente nestas práticas. Os custos são bastante reduzidos. Os órgãos municipais pagam R\$ 0,36/m³. (Sabesp, 2004).

Outras treze empresas também aderiram à prática como as construtoras OAS, VA Engenharia, Consdon e Marquise, que compram 172 m³ de água de reúso por dia, desde julho de 2002, para compactação de solos, controle de poeiras e lavagem de pisos. (Sabesp, 2004).

Para aprimorar o atendimento, em agosto de 2002, a Sabesp inaugurou o Centro de Reservação de Água de Reúso com capacidade para 50 m³. São dois reservatórios que tornaram o fornecimento ao município de São Caetano do Sul mais ágil, pois o monitoramento do produto é feito no reservatório com quatro leituras diárias. Desta forma, o caminhão-pipa, ao ser abastecido, vai diretamente para seu destino, sem precisar esperar que o laboratório faça a análise do produto no próprio caminhão, como ocorria inicialmente. (Sabesp, 2004)

A Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, por exemplo, com capacidade atual de 9,5 m³/s, com remoção de 90% da carga poluidora - lança a maior parte do esgoto tratado no rio Tietê. Todavia, representa um recurso de grande valor: a partir de soluções tecnológicas apropriadas, toda essa água deve ser fornecida para usos específicos, poupando-se grandes volumes de água potável. Uma parte da água de reúso é utilizada no processo de refrigeração de equipamentos da estação. (Sabesp, 2004).

Estudos preliminares indicam que o efluente tratado nas estações da região metropolitana de São Paulo (RMSP) para reúso planejado industrial tem um custo significativamente menor que a média tarifária industrial praticada atualmente na RMSP. O reúso planejado da água representa, ainda, a possibilidade de ganhos pela economia de investimentos e pela comercialização de efluentes hoje descartados. (Sabesp, 2004)

Parte de um Programa global coordenado pela Organização das Nações Unidas e pela Organização Mundial da Saúde, o Programa "Água de Reúso" busca a proteção da saúde pública, manutenção da integridade dos ecossistemas e uso sustentado da água.

Desenvolvido para fins industriais e até mesmo agrícolas, a água de reúso já é uma realidade também em países como os Estados Unidos, França, Japão, entre outros.

Alguns usos potenciais para a água de reúso:

- processos industriais;
- água para refrigeração;
- sistema de combate a incêndio;
- água de lavagem (piso, pátios, galerias de águas pluviais);
- descarga dos vasos sanitários;
- rega (jardins, campos de futebol, áreas verdes);
- ferti-irrigação (fertilizante para culturas não rasteiras);
- tanques para piscicultura;
- regularização de vazão de cursos d'água.

4.5 Qualidade da água

A água é um grande veículo de doenças, por sua capacidade dispersora e uso generalizado. Algumas das mais generalizadas epidemias que afligiram populações humanas, com exceção da peste bubônica, tiveram sua origem em sistemas de distribuição de água. Por outro lado, onde a água de abastecimento público foi sendo saneada, por medidas de tratamento e, principalmente, desinfecção (por meio de cloro), essas epidemias regrediram rapidamente e a população humana obteve uma melhor qualidade de vida.

No Brasil, a situação ainda é precária com relação à vigilância, à instalação e ao funcionamento de sistemas depuradores; mas, em parte, esta situação é compensada devido à abundância de mananciais, justamente nas áreas mais carentes de recursos e menos populosa. Nas regiões de seca do Nordeste, nos períodos longos de estiagens a população recorre à água de cacimbas, que são de qualidade inadequada ou duvidosa.

A necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade de água é resultante do seu intenso uso e da poluição gerada, cujos fatores limitantes contribuem para agravar sua escassez.

A classificação da qualidade das águas em adequadas ou não está diretamente relacionada com os seus diversos usos. Para classificar se uma água é de boa ou má qualidade, é necessário saber a finalidade de seu uso. Note-se que é de extrema importância conhecer a qualidade da água antes de definir o seu uso; pois poderá ocorrer desperdício de recursos, caso a água tenha utilizado algum tratamento para atingir a qualidade (Mierzwa,2002).

O uso de água potável é um grande exemplo para muitas aplicações que dispensariam seu uso, em função de seu nível de qualidade, como em vários processos industriais, de irrigação e de limpeza.

Para a implementação de sistemas do tipo: conservação, reúso, otimização e reciclagem de água é fundamental estabelecer critérios de adequação da qualidade da água às exigências dos seus usos pretendidos, sempre partindo do pressuposto de que vários usos de água dispensam uma água potável.

É necessário proceder à identificação da qualidade mínima exigida para os diversos tipos de usos pretendidos, conseqüentemente é a principal dificuldade está justamente na identificação desta qualidade mínima. É de suma importância que se tenham conhecimentos específicos destes diversos tipos de usos, principalmente sobre as características, ou parâmetros de qualidade, que interferem em cada um deles.

A qualidade da água é definida segundo as características físicas, químicas, microbiológicas e radioativas. Portanto, para cada tipo de uso, o grau de qualidade exigido pode variar significativamente.

Um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento regional é a disponibilidade de água, tanto em quantidade como em qualidade. A quantidade de água tem se mantido constante desde a antiguidade de acordo com seu ciclo hidrológico. Portanto, tecnicamente a água não está se tornando escassa. O fator importante reside justamente na qualidade da água, ou seja, ocorre uma escassez na qualidade da água para atender a determinadas demandas que estão associadas a uma qualidade mínima para seu uso, respeitada a sua disponibilidade local. As causas desta escassez na qualidade da água são comumente associadas à poluição dos recursos hídricos e ao direcionamento estratégico de atividades consuntivas para regiões onde sua disponibilidade natural é limitada. (Rebouças, 1999).

Mesmo a disponibilidade quantitativa no Brasil sendo expressiva, ocorrem conflitos pelo uso da água motivados pela heterogeneidade da sua distribuição espacial, pelo adensamento populacional descontrolado, pela ocupação desordenada da área de drenagem das bacias hidrográficas, pelo direcionamento estratégico agro-industrial sem que as outorgas e licenciamentos sejam comparados à disponibilidade local e à sua capacidade de carga, bem como pelos desperdícios no uso do recurso.

Pelo exposto, observa-se que o problema de escassez dos recursos hídricos deve ser entendido sobre os dois pontos preocupantes: a quantidade da água, necessária para atender a demandas atuais e futuras; e a qualidade, necessária para permitir o seu uso sem o comprometimento das demandas ecossistêmicas.

Os instrumentos de outorga de uso da água e licenciamento das atividades potencialmente poluidoras necessitam de fundamentação técnica respaldada na capacidade assimilativa dos corpos d'água receptores, para servirem de sustentação a ações de conservação da qualidade das águas no combate a este problema.

A saúde do homem está diretamente ligada à qualidade da água, não só quanto à veiculação dos germes patogênicos, mas também pela presença de agentes. A incidência dos agentes químicos tóxicos sintetizados que poluem os mananciais, como, por exemplo, os defensivos agrícolas, têm aumentado acentuadamente com o desenvolvimento das atividades humanas, trazendo grandes preocupações para a população. É considerada precisamente água apta para o consumo humano, toda aquela, natural ou produzida por um tratamento de potabilização que cumpra as normas em vigor. Estas normas se baseiam em estudos toxicológicos e epidemiológicos, assim como sob abordagem estética.

A água contém, geralmente, diversos componentes, os quais provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas. Para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros, que representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente as águas naturais são a cor, a turbidez, os níveis de sólidos em suas diversas frações, a condutividade elétrica, a temperatura, o sabor e o odor. Embora sejam parâmetros físicos, eles fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água como, por exemplo, os níveis de sólidos em suspensão (associados à turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos (associados à cor), os sólidos orgânicos (voláteis) e os sólidos minerais (fixos), os compostos que produzem odor, etc.

4.5.1 Parâmetros físicos da água

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar fisicamente os efluentes são: cor, turbidez, temperatura, sabor e odor, condutividade elétrica, as concentrações de sólidos em suas diversas frações (em suspensão e dissolvidos, principalmente).

4.5.1.1 Cor

Segundo Piveli (1996), a cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. A cor resulta da existência, na água, de substâncias e em solução; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos. Os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos, etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira, etc.).

Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem de luz. (Piveli, 1996).

As águas naturais classificadas como coloridas normalmente têm um aspecto âmbar, cinza ou mesmo tendendo para o negro. Este é o caso de alguns rios da Amazônia, como o Rio Negro. As águas naturais brasileiras, de modo geral, contêm poucos sais dissolvidos, porque atravessam formações geologicamente antigas.

A remoção de cor de águas para abastecimento público e residuárias industriais ocorrem por de coagulação e floculação. (Piveli, 1996).

4.5.1.2 Turbidez

Turbidez de uma água é uma característica decorrente de substâncias em suspensão, ou seja, de sólidos suspensos, finamente divididos em estado coloidal, e de organismos microscópicos. Nas chamadas águas turvas, seu aspecto se deve à presença de material suspenso, como argila, areia, óxido metálico e outros minerais, além de matéria orgânica, inclusive microorganismos. Essas águas são ricas em nutrientes, possibilitando melhor desenvolvimento de vida aquática. O material suspenso é oriundo, principalmente da erosão do solo, e esses corpos d'água têm o fundo bastante rico em sedimentos originado do material suspenso.

Turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de água. A erosão pode ocorrer do mau uso do solo, em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo interrelações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro. (Piveli, 1996).

É a interferência à passagem da luz através da água, causada por partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microorganismos e outros materiais, que desviam e/ou absorvem os raios luminosos que penetram na água. As partículas de turbidez, além de diminuir a claridade e reduzir a transmissão da luz na água, podem provocar o seu sabor e o odor da mesma, uma vez que "as partículas de turbidez transportam matéria orgânica absorvida" (Esteves, 1988).

Por ser de origem natural, não traz inconveniente sanitário direto, mas é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos.

Embora os parâmetros de cor e turbidez não se relacionem necessariamente com problemas de contaminação, e, sim, com problemas estéticos, eles devem ser monitorados. Os efluentes industriais e domésticos provocam elevações na cor e turbidez. As atividades de mineração são um exemplo típico deste fato, em que os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático.

Segundo Piveli (1996), as partículas que provocam turbidez nas águas são as mais fáceis de serem separadas, por tratar-se de sólidos em suspensão sobre os quais, devido às baixas relações área superficial/volume apresentadas, ocorre a predominância de fenômenos gravitacionais. Desta forma, a turbidez pode ser removida através de sedimentação simples, utilizando-se decantadores, sendo também possível e interessante em alguns casos o emprego da flotação por ar dissolvido. A filtração pode ser entendida como um processo complementar aos anteriores, ou ser empregada diretamente em casos de águas de baixa cor e turbidez.

4.5.1.3 Temperatura

A temperatura é uma medida de calor, é um parâmetro importante, pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido) com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar de acordo com as fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

O aumento de temperatura poderá trazer prejuízos às redes de coleta de efluentes; provocar um aumento da velocidade das reações (como por exemplo, as de natureza bioquímica de decomposição de compostos orgânicos); e, diminuir a solubilidade do oxigênio na decomposição aeróbia.

Desta forma, a definição da temperatura de descartes dos efluentes faz-se necessária para evitar maiores danos às redes coletoras de efluentes, bem como para manter as taxas de oxigenação, normalmente obtidas para a temperatura ambiente.

A temperatura de efluentes industriais pode ser reduzida através do emprego de torres de resfriamento. Qualquer outro processo que provoque aumento da superfície de contato ar/água pode ser usado, como por exemplo, os aspersores. Em muitos casos, apenas o tempo de detenção hidráulico dos efluentes em tanques de equalização é suficiente para promover a redução desejada da temperatura.

4.5.1.4 Sabor e Odor

A característica do sabor e odor são consideradas em conjunto, pois geralmente a sensação de sabor decorre da combinação do gosto mais odor. A água pura não produz sensação de odor ou sabor nos sentidos humanos. São características que provocam sensações subjetivas nos órgãos sensitivos do olfato e do paladar causados pela existência de substâncias como matéria orgânica em decomposição, resíduos industriais, gases dissolvidos, algas, etc. Uma das principais fontes de odor nas águas naturais é a decomposição biológica da matéria orgânica.

4.5.1.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é a capacidade que possui de conduzir corrente elétrica, devido à presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (Porto et al, 1991), sendo, por isto, um parâmetro indicativo da quantidade de sais dissolvidos na água. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

Os sais presentes na água originam-se da dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais.

Alguns fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água, como a geologia da bacia e o regime das chuvas. A condutividade detecta, ainda, as fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. O lançamento de esgotos não tratados também pode contribuir com até 550 mg/l de sólidos dissolvidos fixos (Von Sperling, 1996), dentre os quais grande parte corresponde aos sais dissolvidos.

O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionada por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas (pH 9 ou pH 5), os valores de condutividade se devem apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o H⁺ e o OH⁻. A determinação da condutividade pode ser feita por método eletrométrico, utilizando-se, para isto, um condutivímetro digital.

4.5.1.6 Sólidos em águas

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). (Piveli, 1996).

Segundo Von Sperling (1996), todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos, que, em águas naturais, originam-se do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas. Os sólidos presentes na água, podem ser classificados de acordo com o seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos), com as características químicas (voláteis e fixos) e decantabilidade (sedimentáveis e não-sedimentáveis).

Em relação ao diâmetro, os sólidos se dividem em: sólidos dissolvidos (sais e matéria orgânica, com diâmetro inferior a 10^{-3} μm), coloidais (argilas, vírus e algumas bactérias, com diâmetro entre 10^{-3} e 10 μm) e suspensos (areias, siltes, microorganismos e restos de pequenos animais e vegetais, com diâmetro superior a 10 μm). Os sólidos sedimentáveis correspondem à fração dos sólidos que se sedimentam após uma hora de repouso; e os sólidos voláteis correspondem à fração que se volatiliza a temperaturas elevadas (550°C).

Existem três faixas de tamanho com comportamento distinto sob o ponto de vista do tratamento. Os sólidos em suspensão (partículas com diâmetro médio superior a 1μ) são mais fáceis de ser separados da água. Os sólidos presentes no estado coloidal (diâmetro médio na faixa de $1\text{m}\mu$ - 1μ) já são suficientemente pequenos de forma a apresentar relações área superficial/volume que os tornam estáveis na água devido aos campos eletrostáticos desenvolvidos. Desta forma, são removíveis por sedimentação, desde que precedida de processo de coagulação e floculação. Os flocos que apresentam baixas velocidades de sedimentação nos decantadores podem ser separados em filtros de areia ou filtros de camada dupla de areia e carvão antracito. Os processos de fenômenos de adsorção, troca-iônica, precipitação química e osmose reversa são tratamentos que apresentam boa capacidade de remoção. Nas estações de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais predominantemente orgânicos, ocorrem reduções nas concentrações de sólidos voláteis dos despejos que são tratados por processos biológicos.

Em relação à filtragem da água para uso industrial, têm-se os sólidos suspensos e os dissolvidos, conforme apresentado a seguir:

a) Sólidos suspensos

Sólidos suspensos (ou em suspensão) é a porção dos sólidos totais que fica retida em um filtro que propicia a retenção de partículas de diâmetro maior ou igual a 1,2 μm . Também denominado resíduo não filtrável (RNF). (Piveli, 1996).

Em trechos de baixa declividade nas redes de efluentes, ocorre a deposição de matéria orgânica. Esta matéria orgânica sofre decomposição progressiva que resulta em depleção de oxigênio e produção de gases nocivos. Problemas maiores podem resultar quando um excesso de sólidos suspensos é descarregado nas linhas de efluentes domésticos. Sólidos suspensos são normalmente determinados como frações orgânicas e inorgânicas. A fração orgânica é geralmente distinguida da fração inorgânica quando volatilizada ou oxidada a 550 °C.

Os sólidos suspensos, em altas concentrações constituem-se em um dos principais problemas de qualidade de água, pois pode ocasionar sérios problemas de obstrução física.

b) Sólidos dissolvidos

Muitas indústrias geram efluentes contendo altas concentrações de sólidos dissolvidos que, quando descarregados em águas superficiais, podem limitar seu subsequente uso como água potável ou água de recreação. Os sistemas de tratamento biológico são mais vulneráveis às altas concentrações de sólidos dissolvidos do que os sistemas de tratamento físico/químico; e, normalmente, o limite está em torno de 10.000 mg/l.

Com relação aos sólidos dissolvidos, dificilmente ocasionam obstrução física nos equipamentos, no entanto, havendo interação com outros sais formando precipitados ou favorecendo o crescimento de lodo, pode ocorrer obstrução de emissores.

4.5.2 Parâmetros químicos da água

Os principais parâmetros utilizados para caracterizar quimicamente os efluentes da indústria objeto deste estudo de caso são: pH, acidez e alcalinidade, ferro e manganês, DBO, DQO, cloretos, óleos e graxas.

4.5.2.1 pH

O pH é condição importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental. Na determinação da maioria das espécies químicas de interesse, tanto na análise de águas potáveis como na análise de águas residuárias, é uma das determinações mais comuns e importantes no contexto da química da água. No campo do abastecimento de água, o pH intervém na coagulação química, no controle da corrosão, no abrandamento e na desinfecção. Águas com baixos valores de pH tendem a ser agressivas para instalações metálicas.

O pH representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ; variando de 7 a 14, indica se uma água está ácida (pH inferior a 7) ou alcalino (pH maior que 7). O pH depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações. A vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9. Um valor de pH afastado da neutralidade pode afetar a vida aquática, como os peixes e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (Von Sperling, 1996).

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio (H^+), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Este teor pode ser de origem natural pela da dissolução de rochas em contato com a água, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Pode ter também de origem antropogênica, por despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e despejos industriais (por exemplo, a lavagem ácida de tanques).

Determinadas condições de pH contribuem para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre solubilidades de nutrientes. Além de ser condição de suma importância em sistemas de tratamento físico-químico, também é condição que influi decisivamente em sistemas de tratamento biológico. Em geral, procede-se à neutralização prévia do pH dos efluentes antes de ser submetidos a um tratamento biológico.

4.5.2.2 Acidez e alcalinidade

A alcalinidade da água está relacionada com o seu grande poder de dissolver gás carbônico (CO_2), e este, na forma de ácido carbônico, pode estar combinado, sob várias formas, com os metais alcalinos (Na, K) e alcalinos terrosos (Ca, Mg) na forma de carbonatos.

A alcalinidade é causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água, têm influência nos processos de tratamento de água.

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Embora muitos compostos possam contribuir para o incremento desse constituinte na água, a maior fração deve -se principalmente aos bicarbonatos. A alcalinidade da água não apresenta implicações para a saúde pública, sendo apenas considerada desagradável ao paladar.

A grande importância no controle da acidez dos efluentes reside nos estudos de corrosão, que pode ser provocada tanto pelo gás carbônico (presente em águas naturais) como pelos ácidos minerais (presentes nos efluentes industriais). O parâmetro acidez não se constitui, apesar de sua importância, em qualquer tipo de padrão, e seu efeito é controlado pelo valor de pH, assim como o parâmetro alcalinidade. Este, por sua vez, é de fundamental importância para a formação de hidróxidos metálicos altamente insolúveis quando da reação com coagulantes. Além disto, em determinados processos industriais considera-se necessária a presença de alcalinidade, para produzir efeito tampão suficiente para impedir queda brusca de pH em caso de desequilíbrio. (Oliveira, 2001).

4.5.2.3 Dureza

Resulta na presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados; causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras. Classificação das águas, quanto à dureza (em CaCO_3):

- menor que 50 mg/l CaCO_3 : água mole
- entre 50 a 150 mg/l CaCO_3 : água com dureza moderada
- entre 150 a 300 mg/l CaCO_3 : água dura
- maior que 300 mg/l CaCO_3 : água muito dura

4.5.2.4 Ferro e manganês

Estes minerais podem originar-se da dissolução de compostos do solo ou de despejos industriais. Causam coloração avermelhada à água, no caso do ferro, ou marrom, no caso do manganês, manchando roupas e outros produtos industrializados. Conferem sabor metálico à água. As águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações.

4.5.2.5 Matéria orgânica

A matéria orgânica da água é necessária aos seres heterófitos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, podem gerar alterações, como: cor, odor, turbidez, consumo de oxigênio dissolvido, pelos organismos decompositores. O consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbios. Geralmente, são utilizados dois indicadores do teor de matéria orgânica na água, conforme a seguir:

a) Demanda bioquímica de oxigênio - DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas. Nas águas naturais, a DBO representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido possível de ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá trazer os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos exigidos pelos peixes, levando-os à morte. Em outras palavras, DBO é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação das bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C.

A DBO é, portanto, importante padrão de classificação das águas naturais; constitui-se em parâmetro na composição dos índices de qualidade das águas. No campo de tratamento de efluentes, a DBO é um parâmetro importante no controle das eficiências dos sistemas de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, físico-químicos (embora de fato ocorra demanda de oxigênio apenas nos processos aeróbios, a demanda potencial pode ser medida à entrada e à saída de qualquer tipo de tratamento). A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto de sistemas de tratamento biológico. (Oliveira, 2001).

b) Demanda química de oxigênio - DQO

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de efluentes domésticos e industriais. A DQO é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos. Como na DBO mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente. Em outras palavras, é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por meio de um agente químico. (Oliveira, 2001).

É comum aplicarem-se tratamentos biológicos para efluentes com relações DQO/DBO de 3/1. Valores muito elevados desta relação indicam grandes possibilidades de insucesso, uma vez que a fração biodegradável torna-se pequena, tendo-se ainda o tratamento biológico prejudicado pelo efeito tóxico sobre os organismos, exercido pela fração não-biodegradável. A DQO também é determinada em laboratório, em prazo muito menor que o teste da DBO. Para o mesmo líquido, a DQO é sempre maior que a DBO.

4.5.2.6 Cloretos

O cloreto, geralmente, provém da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas. Provocam corrosão em estruturas metálicas. Da mesma forma que os sulfatos, provocam corrosão em estruturas hidráulicas. (Oliveira, 2001).

4.5.2.7 Óleos e graxas

Muitos efluentes industriais apresentam-se oleosos. Algumas indústrias não produzem efluentes tipicamente oleosos, mas podem possuir algumas linhas de efluentes com esta natureza. Os efluentes domésticos apresentam concentrações de óleos e graxas geralmente na faixa de 50 a 100 mg/l.

Óleos e graxas podem produzir condições bastante desagradáveis nos sistemas de coleta e tratamento de efluentes. Nos sistemas de coleta, a presença de óleos, como combustíveis e outros, pode causar condições de explosividade. Os óleos e graxas provocam obstrução em redes de efluentes e inibição em sistemas de tratamento biológico. Isto faz com que muitas indústrias necessitem de pré-tratamentos para a remoção deste constituinte dos despejos. Quando o teor de óleos e graxas é reduzido, não traz a inibição aos tratamentos biológicos; ao contrário, degradam-se em parte, reduzindo ainda mais sua concentração. (Oliveira, 2001)

4.5.3 Parâmetros biológicos da água

Os microorganismos desempenham diversas funções de fundamental importância para a qualidade das águas. Outro aspecto de grande relevância em termos de qualidade biológica da água é a presença de agentes patogênicos e a transmissão de doenças. A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremamente difícil, em razão de suas baixas concentrações.

Portanto, a determinação da potencialidade de um corpo d'água ser portador de agentes causadores de doenças pode ser feita de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal do grupo dos coliformes. Os coliformes estão presentes em grandes quantidades nas fezes do ser humano e dos animais de sangue quente.

A presença de coliformes na água não representa, por si só, um perigo à saúde, mas indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde. Os principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes totais e coliformes fecais, expressa em número de organismos por 100 ml de água.

De modo geral, nas águas para abastecimento o limite de coliformes fecais legalmente tolerável não deve ultrapassar 4.000 coliformes fecais em 100 ml de água em 80% das amostras colhidas em qualquer período do ano.

4.5.3.1 Microrganismos e organismos patogênicos

Os organismos patogênicos, tais como: bactérias, vírus, protozoários e helmintos, chegam aos corpos hídricos pelo lançamento de efluentes sanitários e podem causar doenças gastrointestinais. Dada a impossibilidade de detecção da grande variedade de organismos encontrados nos efluentes sanitários e a facilidade de medição dos coliformes (totais e fecais), estes são utilizados como principais indicadores de poluição por organismos patogênicos nos corpos hídricos.

A maioria das bactérias encontradas na água é proveniente do solo, sendo a maior parte composta de bactérias saprófitas, nitrificadoras e fixadoras de nitrogênio, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. No entanto, existem bactérias presentes na água que podem ser patogênicas, como as do grupo coliformes, que, segundo Soares e Maia (1999), são, em sua maioria, bactérias intestinais, excretadas pelas fezes e não são geralmente patogênicas, embora sua presença nas águas indique a probabilidade de ocorrência de germes patogênicos.

As bactérias do grupo coliformes podem se dividir em coliformes totais e coliformes fecais. Os coliformes totais constituem-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Já os coliformes fecais são bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais (Von Sperling, 1996).

Essas bactérias são importantíssimas, porque, alimentando-se de matéria orgânica, consomem toda a carga poluidora que lhe é lançada, tornando-se as principais responsáveis pela autodepuração, ou seja, limpeza do rio. Quando o rio recebe esgoto, porém, ele passa a conter outros tipos de bactérias que não são da água e que podem ou não causar doenças às pessoas que dela beberem. O grupo das bactérias coliformes é um dos mais importantes. Bactérias coliformes não causam doenças. Elas, ao contrário, vivem no interior do intestino de todos nós, auxiliando a nossa digestão. É claro que nossas fezes contêm um número astronômico dessas bactérias. Cerca de 200 bilhões de coliformes são eliminados por pessoa, diariamente. Isso tem uma grande importância para a avaliação da qualidade da água dos rios: suas águas recebem esgotos, fatalmente receberão coliformes.

A presença das bactérias coliformes na água de um rio significa, pois, que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos. Por outro lado, são as fezes das pessoas doentes que transportam, para as águas ou para o solo, os micróbios causadores de doenças. Assim, se a água recebe fezes, ela pode muito bem estar recebendo micróbios patogênicos. Por isto, a presença de coliformes na água indica a presença de fezes, logo, a possível presença de seres patogênicos.

4.6 Análise do uso da água na indústria

O setor industrial, por sua responsabilidade pelos processos de poluição dos recursos hídricos, associados ao lançamento, para o meio ambiente, de efluentes contendo substâncias tóxicas, é o que mais deverá se empenhar na busca de soluções e alternativas para a otimização e conservação de água.

Segundo Mierzwa (2002), o maior consumo de água nas indústrias está associado aos processos de resfriamento, que na maioria dos casos, representa uma parcela superior a 70% de todo o volume de água consumido. O Quadro 5 ilustra uma comparação entre o consumo de água indústrias metalúrgicas nos Estados Unidos da América, onde podemos verificar que na indústria de cobre primário o consumo de água para resfriamento sem contato representa 52% do consumo total para esta atividade.

QUADRO 5 : Distribuição do consumo de água na indústria por atividade (%) Estados Unidos da América

INDÚSTRIA	RESFRIAMENTO SEM CONTATO	PROCESSOS ATIVIDADES AFINS	USOS SANITÁRIOS E OUTROS
AÇO	56	43	1
FUNDIÇÃO DE COBRE E AÇO	34	58	8
COBRE PRIMÁRIO	52	46	2
ALUMÍNIO PRIMÁRIO	72	26	2

Fonte: Mierzwa (2002)

Segundo Bravo (2003) a indústria de cobre primário utiliza-se de 13 m³ de água para se produzir uma tonelada de cobre.

Segundo Mierzwa (2002), no Quadro 06 os dados se referem ao consumo de água para o desenvolvimento de todas as atividades industriais, inclusive aquelas referentes às necessidades dos funcionários para fins sanitários e outros usos. Embora estes dados sejam de grande importância, o conhecimento da distribuição do consumo de água por atividade industrial é um parâmetro essencial para a conservação de água na indústria, já que é a partir deste parâmetro, associado ao grau de qualidade necessário para a água, que será possível desenvolver-se a melhor estratégia para o desenvolvimento de um sistema de tratamento de água para uso industrial, selecionando-se as técnicas mais adequadas para a obtenção de água na qualidade e quantidade necessárias.

Para obter resultados positivos na otimização e conservação de água, na minimização da qualidade e toxicidade dos efluentes é necessário que as indústrias, assim como os profissionais que, direta ou indiretamente, sejam responsáveis pelos processos ou sistemas industriais nas quais a água é utilizada, se conscientizem de que a água é insumo de grande importância para as diversas atividades, além de ser reconhecida como um bem público que apresenta valor econômico, devendo-se priorizar o uso das águas de melhor qualidade para o abastecimento humano.

A questão dos efluentes gerados nos processos industriais, tal como se refere à utilização da água também deve ser uma preocupação das indústrias. Isto porque os efluentes incorporam substâncias que são prejudiciais aos seres humanos e ao meio ambiente, as quais, quando descartadas dos processos de origem, sem os cuidados necessários, podem comprometer a operação do sistema destinado ao seu tratamento ou então, afetar a qualidade do corpo receptor deste efluente, podendo resultar em sérios problemas ambientais, neste caso, impondo, à indústria e aos responsáveis pelas atividades que deram origem a estes problemas, as sanções legais pertinentes.

Quadro 6: Necessidade de água por algumas indústrias no mundo

INDÚSTRIA / PRODUTO / PAÍS	Necessidade de água (litros) por unidade de produção (toneladas)
BÉLGICA:	
Alto forno, sem reciclagem	58.000 – 73.000
Alto forno com reciclagem	50.000
Aço acabado e semi-acabado, sem reciclagem	61.000
Aço acabado e semi-acabado, com reciclagem	27.000
Metais não ferrosos, bruto e semi-acabados	80.000
CANADÁ:	
Ferro gusa	130.00
Aço básico	22.000
CANADÁ:	
Fundição	46.000
Processo Martin (Aço Básico)	15.000
Processo Thomas (Conversor Bessemer)	10.000
Aço Forno Elétrico	
Laminação	30.000
ALEMANHA	
Aciaria	8.000 – 12.000
ÁFRICA DO SUL	
Aço	12.500
SUÉCIA	
Fundição de ferro e aço	10.000 – 30.000
ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA	
Fábricas integradas	86.000
Laminação e Trefilação	14.700
Fundição em Alto forno	103.000
Ferro ligas por processos eletrometalúrgicos	72.000
Uso Consuntivo da Indústria	3.800

Fonte: Mierzwa (2002)

Desta forma, verifica-se que a proposta para uma análise do uso da água visando à otimização econômica e ambiental para as indústrias deve levar em consideração os aspectos legais, técnicos e econômicos, referentes ao uso da água.

O modelo proposto, que tem por objetivo identificar oportunidades de otimização do uso da água nos processos produtivos, será dividido em etapas e fases. O modelo descrito foi desenvolvido a partir do Programa de Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientação para o Setor Produtivo da Fiesp/Ciesp - 2004.

A racionalização do uso água requer a sistematização de intervenções, a ser realizadas em uma indústria ou em edificações, que garantam sempre a qualidade e quantidade de água para o consumo. A conservação de água em uma indústria ou edificação é qualquer ação que reduza a quantidade de água extraída na fonte, o consumo e o desperdício de água; e também qualquer ação que aumente a eficiência do uso da água e a reciclagem e reúso de água.

Um Programa de Conservação de Água (PCA) adequado será consolidado a partir do estabelecimento de configurações possíveis de atuação na demanda e na oferta. A montagem das configurações se faz de forma gradativa, considerando início nas ações que otimizem o consumo, com posterior inclusão de ações que considerem ofertas alternativas de água. A implantação de um PCA requer o conhecimento pleno do uso da água (quantitativo e qualitativo) em toda a planta de uma indústria, áreas externas e processos, de maneira a identificar os maiores consumidores e a melhores ações de caráter tecnológico a ser realizadas, bem como os mecanismos de controle que serão incorporados.

Em uma indústria onde a geração de efluentes seja um problema, um critério para a determinação do PCA pode ser a escolha do cenário que resulte na menor geração de efluentes, de modo que as soluções técnicas propostas atendam a este requisito, independentemente dos investimentos necessários. A demanda de água de uma indústria pode ser otimizada, o que, conseqüentemente, reduz a quantidade de efluentes gerados, colaborando, desta forma, com o grau de despoluição dos recursos hídricos, além de contribuir para preservar os suprimentos existentes para as futuras gerações. (Sautchúk, 2004).

A atuação na otimização de água deve manter ou melhorar a qualidade da água exigida para cada tipo específico de uso. O Programa de Conservação de Água (PCA) visa não só à otimização do consumo, mas também a utilização de fontes alternativas de água, de forma a utilizar águas menos "nobres", mantendo-se sempre a qualidade necessária, resguardando a saúde pública. O PCA ótimo será aquele que resultar em maior economia de água, utilizando o menor montante de investimentos e com período de retorno mais atrativo. O PCA ótimo é a soma das ações técnicas, tecnológicas e práticas que geram a maior economia, com o menor investimento e período de retorno.

4.6.1 Água para resfriamento

Segundo Mancuso (2001) a forma mais comum de absorção de calor gerado em processos industriais é por meio da água, podendo-se destacar o resfriamento de um líquido qualquer por trocadores de calor, equipamentos nos quais dois fluidos trocam energia calorífica durante o escoamento em vazão uniforme. Em grande número de indústrias são desenvolvidas operações associadas aos processos de troca térmica, ou seja, aquecimento e resfriamento, onde, na maioria dos casos, utiliza-se a água como fluido de troca térmica, seja na forma de vapor para as operações de aquecimento, ou então, no estado líquido para as de resfriamento.

A água deverá receber parte do calor do fluido quente, objetivando esfriá-lo, nessas condições, a água tendo recebido parte do calor do fluido quente, terá se aquecido, havendo necessidade da introdução constante de água fria para que o processo possa ocorrer de forma contínua.

As torres de resfriamento são equipamentos utilizados para o resfriamento de água industrial, como aquela proveniente de condensadores de usinas de geração de potência, ou de instalações de refrigeração, trocadores de calor, etc. A água aquecida é gotejada na parte superior da torre e desce lentamente através de “enchimento” de diferentes tipos, em contracorrente com uma corrente de ar frio (normalmente à temperatura ambiente). No contato direto das correntes de água e ar ocorre a evaporação da água, principal fenômeno que produz seu resfriamento.

Uma torre de refrigeração é essencialmente uma coluna de transferência de massa e calor, projetada de forma a permitir uma grande área de contato entre as duas correntes. Isto é obtido mediante a aspersão da água líquida na parte superior e do “enchimento” da torre, isto é, bandejas perfuradas, colméias de materiais plásticos, etc, que aumenta o tempo de permanência da água no seu interior e a superfície de contato água-ar.

O projeto de uma torre de resfriamento parte dos valores da vazão e da temperatura da água a ser resfriada. Então, uma vez especificada a geometria da torre em termos de suas dimensões e tipo de enchimento, o funcionamento adequado dependerá do controle da vazão de ar. Em termos de insumo energético, a torre demandará potência para fazer escoar o ar, sendo que o enchimento da torre é um elemento que introduz perda de carga; a água deverá ser bombeada até o ponto de aspersão. A figura 2 ilustra o princípio de operação de uma torre de resfriamento.

Em situações de escassez e/ou elevado custo e demanda, a água é continuamente resfriada para posteriores utilizações. Esse resfriamento pode ser realizado em circuitos fechados com recirculação de água ou em circuitos semi-abertos, também com recirculação de água. Enquanto o primeiro é denominado sistema não evaporativo, o segundo é dito evaporativo e reutiliza água depois de resfriada em equipamentos denominados torres de resfriamento.

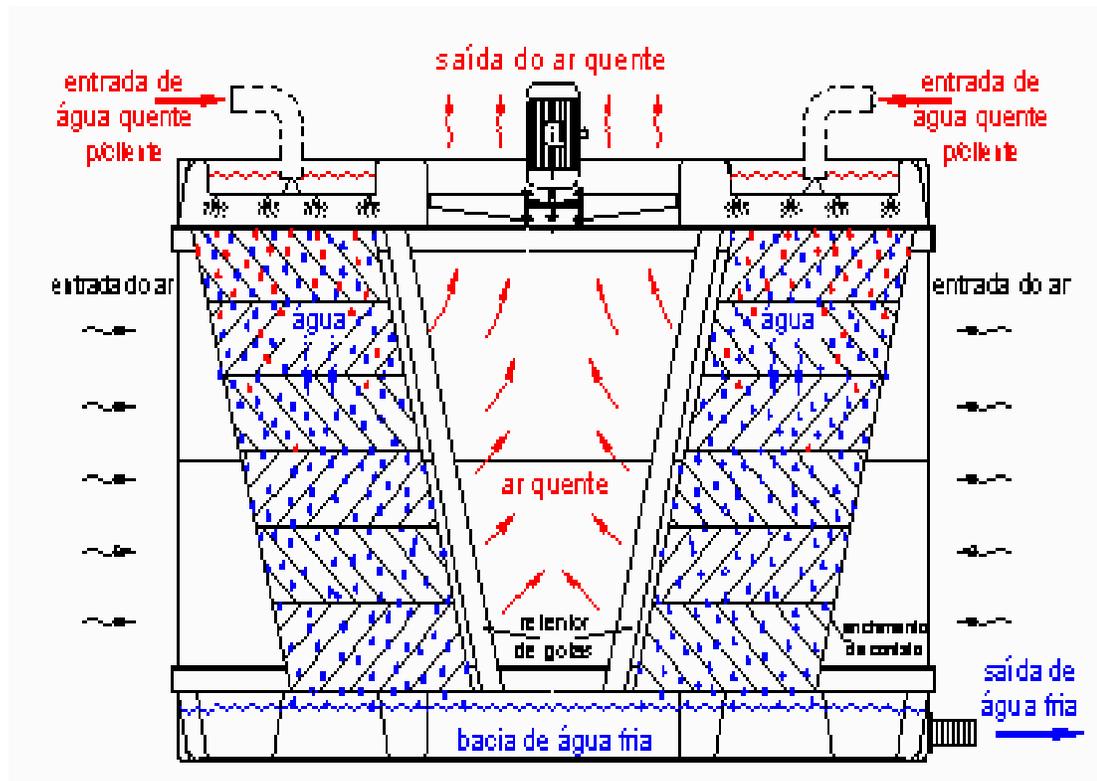


Figura 2: Princípio de operação de torre de resfriamento

Fonte: HD Equipamentos Indústria Ltda.

No caso específico das operações de resfriamento, onde são utilizados sistemas semi-abertos, que são utilizados em situações em que se necessita de vazões elevadas de água e a disponibilidade seja pequena, a água, em temperatura relativamente baixa, ao passar pelos equipamentos de troca térmica sofre aquecimento que pode variar de 5 ° a 10°C em relação à sua temperatura inicial. Após sua passagem pelo equipamento de troca térmica, a água é encaminhada para uma torre de resfriamento, onde a sua temperatura será reduzida devido à evaporação de uma pequena fração do volume de água circulante do sistema.

Durante o processo de resfriamento, como ocorre a evaporação de água, para que seja mantida a capacidade de troca térmica do sistema é necessário que a água evaporada, assim como a fração de água que é removida por arraste e quaisquer outras perdas, seja repostas.

É importante observar que a perda de água por evaporação e a reposição da água perdida conduz a um aumento de concentração das substâncias presentes na água que circula pelo sistema de resfriamento, sendo que o aumento excessivo da concentração de determinados compostos pode trazer problemas para o sistema de resfriamento e demais dispositivos com os quais a água em contato, principalmente naquelas onde ocorre a troca térmica.

Para evitar o problema mencionado, procura-se limitar o aumento da concentração de sais na água que circula no sistema de resfriamento, o que é feito por meio do descarte de uma pequena fração da água que circula pelo sistema, sendo que este descarte denominado “purga”, o qual constitui o principal efluente gerado em um sistema de resfriamento semi-aberto.

A quantidade de efluente a ser gerado, ou seja, a quantidade de água que deve ser purgada do sistema depende da qualidade da água de reposição e da concentração máxima permitida de sais na água de resfriamento, devendo-se destacar o cálcio e sílica e os parâmetros operacionais do sistema. Deve-se ressaltar, no entanto, que os fatores predominantes na determinação da purga dos sistemas de resfriamento são a qualidade da água de reposição e a concentração máxima de sais na água de resfriamento.

Esgotos domésticos tratados têm sido amplamente utilizados como água de resfriamento em sistemas com e sem recirculação. Os esgotos apresentam uma pequena desvantagem em relação às águas naturais, pelo fato de possuírem temperatura um pouco mais elevada. Em compensação, a oscilação de temperatura é muito menor nos esgotos domésticos do que em águas naturais.

Embora responda a apenas 17% da demanda de água não potável pelas indústrias, o uso de efluentes secundários tratados, em sistemas de resfriamento, tem a vantagem de requerer qualidade independente do tipo de indústria e a de atender, ainda, a outros usos menos restritivos, tais como lavagem de pisos e alguns tipos de peças e como água de processo em indústrias mecânicas e metalúrgicas.

Os sistemas de tratamento para reúso em unidades de resfriamento semi-abertos, por exemplo, são relativamente simples, devendo produzir efluentes capazes de evitar corrosão ou formação de depósitos, crescimento de microrganismos e formação excessiva de espuma.

As torres de resfriamento são projetadas de modo a minimizar as perdas de água pelo vento e arraste mantida entre 0,005 a 0,3% da vazão de recirculação.

Os projetos industriais têm capacidade típica de resfriamento situada entre 5° a 22 °C, denominada de faixa, que é definida como a diferença de temperatura entre a água quente de entrada e a água fria da bacia. Cerca de 85 a 95% do resfriamento deve-se a evaporação, sendo o resto atribuído à transferência de calor para o ar circulante, por convecção. Genericamente, a quantidade de água perdida por evaporação pode ser avaliada aplicando-se um fator de 0,85 a 1% da vazão de recirculação para cada 5,55 °C de queda de temperatura ao longo da torre, sendo 1% geralmente adotado para aproximações.

Em sistemas de circuitos semi-abertos com recirculação de água, todo calor absorvido pela água é dissipado em forma de calor latente e calor sensível, à razão de 75 a 90% sob forma de calor latente e o resto sob a forma de calor sensível. Para tanto, parte da água é evaporada a parte é arrastada pelo vapor e pelo fluxo de ar.

Essa última parcela, que é arrastada pelo fluxo de vapor e ar, se dá sob a forma de respingos e é da ordem de 0,2 a 0,3% sobre a vazão de recirculação. Por outro lado, as perdas de evaporação de água dependem de: diferencial de temperatura, umidade relativa do ar e do grau de aproximação entre a temperatura do bulbo úmido.

Em função das perdas por evaporação e respingo, a água desses sistemas sofre concentração crescente do teor de sais dissolvidos que podem ser corrosivos ou incrustantes, devendo ser controlados por purgas programadas, que poderão ser contínuas ou intermitentes.

4.6.1.1 Principais problemas em sistemas de água para resfriamento

Depósitos originados de uma ou mais causas como:

- água com decantação deficiente, provocando pós-precipitação no sistema;
- deficiência na filtração, permitindo a passagem de flocos de decantação;
- absorção de poeira do meio ambiente;
- teores elevados de íons de ferro II (Fe^{2+}), que pela ação das bactérias ferro-oxidantes são oxidados e posteriormente precipitados como tubérculos nas tubulações.

Crostas formadas por:

- presença de dureza temporária;
- presença de silicatos solúveis junto a sais de magnésio.

Fouling originado de:

- um aglomerado de materiais, onde o ligante normalmente é o biomassa e, em outros casos;
- óleo mineral ou fluidos de processo com material aglutinado;
- sólidos suspensos como silte, lama, produtos de corrosão e outros precipitados inorgânicos.

Depósitos metálicos formados na superfície metálica de tubos de aço-carbono por:

- redução de sais metálicos solúveis em água e que nela foram colocados para determinados fins, ou então como produto de ataque de um meio corrosivo.

4.6.1.2 Padrões de qualidade de água

Em função dos problemas descritos, foram desenvolvidos padrões de qualidade de água de reúso para torres de resfriamento. O Quadro 6 insere os padrões recomendados pela Environmental Protection Agency – EPA (1992) para água de reposição em sistemas de resfriamento com circuitos semi-abertos com recirculação.

Quadro 6 – Padrões de qualidade recomendados para água de reúso para torres de resfriamento

Parâmetro ^a	Limite recomendado ^b
Cl	500
Sólidos totais dissolvidos	500
Dureza	650
Alcalinidade	350
pH	6,9 – 9,0
DQO	75
Sólidos em suspensão totais	100
Turbidez	50
DBO	25
Material orgânico ^c	1,0
NH ₄ ⁺ N	1,0
PO ₄	4
SiO ₂	50
Al	0,1
Fe	0,5
Mn	0,5
Ca	50
Mg	0,5
HCO ₃	24
SO ₄	200

^a – Todos os valores em mg/l. exceto pH

^b – Water Pollution Federation, 1989

^c – substâncias ativas ao azul de metileno

Fonte: Mierzwa (2002)

4.6.2 Análise prévia da indústria

Esta fase inicial consiste no levantamento de todos os dados e informações que envolvam o uso da água, objetivando ter uma visão macro sobre a condição atual de sua utilização. Nesta etapa, procura-se, por meio de coleta de dados, caracterizar a empresa quanto à estrutura e produtos que disponibiliza, de forma a orientar análises e conclusões nas próximas etapas. Os resultados desta etapa devem refletir um conhecimento prévio da empresa.

Nesta fase é importante identificar a quantidade de água utilizada nos processos produtivos, os quais muitas vezes são subdivididos conforme a variedade de produtos envolvidos. É de suma importância também a identificação dos quantitativos envolvidos para resfriamento/aquecimento (torres de resfriamento, condensadores e caldeiras), bem como para atividades consumidoras de água, como lavagem de áreas externas e internas.

Esta análise prévia também se destina a conhecer a empresa, e tem como objetivo o levantamento de dados sobre aspectos gerais que possibilitem a visão da dimensão da organização e de suas atividades. Os resultados esperados desta etapa são:

- histórico: um breve histórico da empresa;
- produtos finais: descrição detalhada;
- posição no mercado: qual a sua participação no mercado nacional
- volume de produção: quantidade de produção por produto mensal
- turnos de trabalho: períodos do dia
- quantidade de funcionários: total por período
- insumos utilizados: tipo e quantidade de insumos
- situação ambiental: situação junto aos órgãos competentes estaduais

4.6.3 Análise dos processos

Esta etapa tem como objetivo conhecer os processos e subprocessos (se necessário) detalhando-os. A documentação fiel destes processos é de suma importância para a identificação dos processos críticos e posterior apresentação das oportunidades de otimização, redução, reciclagem e/ou reúso de água.

A apresentação destes processos deve ser feita por meio de fluxogramas. As etapas básicas de construção dos fluxogramas devem ser as seguintes:

- preparar um fluxo de processo, em forma de diagrama, macro para todos os processos produtivos;
- definir o nível de detalhamento pretendido em cada etapa de acordo com os processos que utilizarem água, isto é, a profundidade de detalhamento dar-se-á quando identificada a utilização deste recurso natural, independentemente da quantidade.
- em cada etapa do processo que utilizar água, detalhar processos, subprocessos, atividades ou tarefas.

Os fluxogramas de processos macro e o detalhamento devem ser elaborados pela equipe técnica de implantação do modelo com o envolvimento dos colaboradores envolvidos diretamente, por meio de entrevistas e acompanhamento das atividades da produção. Os resultados esperados nesta etapa são a apresentação do fluxograma e o detalhamento dos processos de trabalho que utilizam água.

A análise de documentos existente servirá de subsídios para o início do balanço hídrico na indústria. O levantamento dos documentos disponíveis pode ser uma forma para obtenção dos dados referentes ao consumo de água (qualidade e quantidade) e geração de efluentes. Este levantamento dos dados e informações que envolvam o uso da água na indústria compreende o mapeamento dos usos da água, por meio da análise do sistema hidráulico, dos processos industriais e usuários que utilizam água e dos índices históricos de consumo.

Segundo Mierzwa (2002), é de suma importância nesta etapa, além da qualidade dos documentos disponíveis, ou seja, pela abrangência, nível de detalhamento e clareza na apresentação das informações, o conhecimento técnico e a experiência das pessoas envolvidas na análise destes documentos.

Segundo o Manual de conservação e reúso de água para indústria da Fiesp (2004), alguns documentos são de suma importância para esta análise prévia:

- fluxogramas dos processos industriais;
- manuais de operação e rotinas operacionais;
- leituras de hidrômetros;
- contas de água e energia (24 meses)
- planilhas de custos operacionais de ETAS/ETES
- planilhas de custos operacionais de poços artesianos;
- planilhas de custos e controles de realização de rotinas de manutenção preventiva e corretiva;
- planilhas de custos e quantidades utilizadas de produtos químicos;
- certificados de outorga das fontes hídricas que abastecem a indústria;
- legislação a ser atendida;
- normas e procedimentos a ser seguidos para atendimento de certificações ambientais;
- projetos de sistemas prediais hidráulicos e elétricos;
- projetos e especificações técnicas de equipamentos, sistemas e processos específicos;
- projeto arquitetônico com detalhamento de setores e *lay-outs* técnicos.
- paradas para manutenção;
- operações de partida e parada das unidades industriais;
- fornecimento de vapor para aquecimento ou água de resfriamento.

Depois de levantados todos os dados disponíveis nesta etapa, poderá surgir de imediato uma avaliação macro do fluxo de água na indústria, na qual pode ocorrer uma primeira compreensão das atividades consumidoras de água. Em muitos casos, será possível identificar a quantidade de água necessária para prover usos específicos, bem como a quantidade empregada no processo produtivo e o grau de qualidade exigido, geração e composição dos efluentes.

A identificação das oportunidades de otimização do uso da água, ou até mesmo de outros insumos, poderá ocorrer em alguns casos por meio das análises destes documentos. Durante toda esta etapa deve ser registrada qualquer oportunidade de otimização do uso da água, desenvolvendo estratégias para um programa de prevenção à poluição, e até mesmo de um gerenciamento de águas e efluentes. Os resultados esperados nesta etapa são a apresentação do fluxograma e o detalhamento dos processos de trabalho que utilizam água.

4.6.4 Análise das atividades industriais "in loco"

Com todas as informações obtidas por levantamentos de dados e documentos, os fluxogramas e o detalhamento dos processos de trabalho que utilizam água, devem-se verificar as instalações industriais, para aferir as informações dos documentos, com realidade e a rotina empregada na prática.

Estes levantamentos de campo devem ser efetuados por técnicos da indústria devidamente capacitados ou por especialistas externos.

Os trabalhos a ser realizados em campo devem ser acompanhados pelos profissionais responsáveis pelas respectivas áreas, para se ter maior nível de detalhamento, descrição das atividades desenvolvidas e para dirimir todas as dúvidas que poderão surgir. É imprescindível que, nesta etapa, tenha o acompanhamento de um profissional da indústria que tenha conhecimento mínimo do sistema hidráulico, e que eventualmente esteja vinculado a área de utilidades da indústria.

Durante a fase de implantação de uma indústria, ou até mesmo após algum tempo de funcionamento, alguns projetos originais podem ter sofrido alterações que não estejam incorporadas nos respectivos documentos. Estas alterações, possíveis de ocorrer ao longo do tempo, referem-se às otimizações e alterações de processos, em razão de avanços tecnológicos, restrições legais, diminuição e aumento da capacidade produtiva, incorporação de novos produtos à linha de produção, etc.

São importantes a identificação e o cadastramento de todos os equipamentos, processos e atividades que utilizam água como exemplo: torres de resfriamento, caldeiras, sistemas de osmose reversa e troca iônica, reatores, tanques de produtos e reagentes, equipamentos de cozinha, equipamentos hidráulicos em ambientes de sanitários e vestiários, etc.

A caracterização da água utilizada em quantidade e qualidade em todas as unidades consumidoras, sendo que muitas vezes pode ser subdividida em função da variedade de produtos envolvidos. As quantidades envolvidas no resfriamento/aquecimento (torres de resfriamento, condensadores e caldeiras), bem como lavagem de áreas externas e internas, etc.

A identificação dos fluxos de água também deve ser realizada nas fontes de abastecimento como por exemplo: rios, poços profundos, rede pública, represas, lagos, caminhões-pipas, etc, bem como os pontos de lançamento de efluentes líquidos (rede pública, rios, fossas sépticas, etc).

Caso existam Estações de Tratamento de Água e de Efluentes, devem-se caracterizar os aspectos qualitativos e quantitativos, bem como identificar e descrever as características dos sistemas de tratamento existentes.

Para que todos os dados referentes à quantidade de água consumida em todas as unidades consumidoras sejam confiáveis, é necessário que elas possuam hidrômetros e que estes sejam calibrados periodicamente, com certificados de calibração.

A medição da quantidade de água utilizada em cada setor ou processo produtivo deve ser feita por um medidor instalado; não havendo, deverá ser feito um plano de setorização contendo os pontos a ser monitorados.

Outra questão importante é a realização de ensaios de análises da qualidade da água utilizada em cada unidade consumidora: pH, dureza, sólidos totais dissolvidos, coliformes fecais, turbidez, temperatura, (entre outros).

Nesta análise prévia, pode-se ter uma primeira avaliação do uso da água na indústria, sendo, em alguns casos, possível quantificar e qualificar a água necessária para determinados processos produtivos. Esta é uma avaliação macro do fluxo de água em uma indústria.

4.6.5 Análise da demanda de água na indústria

Nesta etapa, o ramo de atividade e a capacidade produtiva da indústria são fatores determinantes para a quantidade e qualidade de água necessária ao desenvolvimento de suas atividades industriais.

Vale lembrar que em uma mesma indústria pode ocorrer a utilização de vários tipos de água, em vista das características da água requerida em cada processo produtivo, embora o ramo de atividade da indústria seja o que determina o grau de qualidade da água a ser utilizada. Estes níveis de qualidade são definidos de acordo com as características físicas, químicas e biológicas que a água apresenta. Por outro lado, o porte de cada indústria, que está relacionado com a sua capacidade produtiva, irá definir qual a necessidade de água para cada uso.

As características da água utilizada em cada unidade do processo consumidor de água que foram encontradas dentre os resultados da análise prévia devem ser comparadas à qualidade efetiva requerida para cada uso específico.

Em uma indústria, poderá ocorrer que nem todos os processos ou atividades consumidoras de água exigem que a água utilizada possua o mesmo grau de qualidade do consumo humano; porém, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece padrões de potabilidade da água para consumo humano. Uma das grandes oportunidades de se otimizar o uso da água é utilizar água menos nobre para fins menos nobres. Quando se utiliza água com diferentes níveis de qualidade, é necessário que se controle permanentemente a sua qualidade para garantir funcionalidade e resguardar todos os usuários e equipamentos consumidores da indústria em análise.

Segundo Mierzwa (2002), o consumo de água na indústria, ou seja, a quantidade necessária para o atendimento das diversas atividades industriais, é influenciada por vários fatores como:

- ramo de atividade;
- capacidade de produção;
- condições climáticas da região instalada;
- disponibilidade de água;
- método de produção;
- "idade" das instalações;
- práticas operacionais
- cultura da indústria e da comunidade local.

Em indústrias localizadas em regiões com clima frio, o consumo de água para processos de troca térmica será menor, uma vez que o processo de resfriamento é influenciado pela temperatura ambiente; portanto, o fator de condições climáticas tem influência no consumo de água para processos de troca térmica.

As indústrias que possuem tecnologias modernas e estão sempre buscando inovações, atualizações e modernização nos métodos de produção conseguem obter melhor aproveitamento do uso da água. Em contrapartida nas indústrias que possuem instalações mais antigas, podem ocorrer perdas devido a vazamentos e paradas constantes para manutenção por desgastes dos componentes e equipamentos.

Avaliadas as necessidades referentes ao grau ou graus de qualidade de água, bem como da quantidade requerida para o desenvolvimento das atividades industriais, deve-se, então, associar estas informações, de forma lógica e clara e racional, para que seja possível identificar as possíveis estratégias para a obtenção de água na quantidade e com a qualidade desejada. Neste sentido, é necessário considerar as técnicas de tratamento disponíveis, além da possibilidade de utilização de medidas administrativas que visem a reduzir a necessidade captação e tratamento de água, as quais devem ser baseadas no conceito de prevenção à poluição, ou seja, o uso racional e o reúso.

É importante salientar que as medidas de prevenção de poluição não se restringem, unicamente, aos processos industriais, podendo ser aplicadas ao sistema de produção de água para uso nesses processos, já que este pode ser considerado um sistema de produção, em que onde a matéria-prima é a água bruta e o produto final é a água tratada. Esta deve apresentar os padrões de qualidade para cada uso a que se destina, sendo utilizados para este fim, recursos materiais, humanos e energéticos, de forma idêntica ao que ocorre em qualquer outro processo industrial.

4.6.6 Análise de oferta de água

Após os resultados das etapas anteriores nas quais está caracterizada a demanda de água necessária para atendimento das atividades consumidoras da indústria, a oferta ou disponibilidade de água é uma das mais importantes etapas na metodologia de análise para otimização do uso da água. Nesta etapa, devem ser avaliadas as possíveis fontes de abastecimento de água em seus aspectos qualitativo e quantitativo.

A oferta ou disponibilidade de água é um fator determinante para definir o local de instalação da indústria, pois é a partir desta etapa que se inicia a delinear as estratégias que serão adotadas com relação à captação de água para consumo industrial, bem como para a destinação e/ou manejo dos efluentes que serão gerados.

Deve-se considerar, ainda, que a disponibilidade hídrica é uma variável no tempo e no espaço, dependendo das condições climáticas da região, bem como da forma de ocupação e utilização do solo desta mesma região, conforme pode ser verificado pelos dados apresentados por Mays (1996), Ramiro (1997) e pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (São Paulo - SMA, 1997b).

Uma região com elevado potencial hídrico pode ser afetada pelos problemas relacionados à escassez de água, com o decorrer do tempo. Caso uma indústria instalada nesta situação não tenha uma visão de estratégias a longo prazo, poderá ser obrigada a reduzir, ou até mesmo interromper, suas atividades, em vista da incapacidade de se adequar às novas condições estabelecidas.

Esta situação pode ser encontrada na região metropolitana de São Paulo (RMSP), que hoje conta com 18,5 milhões de habitantes e que possui o maior parque industrial do país (IBGE, 1998), sendo a maior Região Metropolitana do País. Isto resultou em um *déficit* de água para abastecimento urbano, em 1996, de aproximadamente 10 m³/s, implicando a necessidade de importação de água de outras localidades (DAEE, 1998), além da utilização de mananciais que, por um longo período de tempo, foram usados como receptores de efluentes industriais e domésticos, visando a reduzir esse *déficit* de abastecimento (Kussama et al., 1997) e (Makibara, 1998).

As fontes de água que poderão estar disponíveis para uma indústria que se pretende instalar, ou então, no local onde esta já se encontra instalada, são:

- água superficial: rios, lagos, represas e oceanos;
- água subterrânea: poços;
- água dos sistema de abastecimento público: no caso de regiões urbanas;
- água pluviais;
- reúso de água;
- caminhões-pipa;
- água de reúso: adquiridas por concessionárias de ETEs.

Alguns procedimentos deverão ser seguidos pela indústria, para a obtenção do direito para o uso da água, a partir das opções acima de captação.

Pode ocorrer, em alguns casos, que, no local selecionado para a implantação da indústria, haja disponibilidade de duas ou mais fontes de abastecimento de água citadas anteriormente. Nestes casos, deve-se efetuar uma análise técnica e econômica, a fim de optar por uma determinada fonte; ou, então, trabalhar com todas as fontes disponíveis, com o objetivo de se garantir o suprimento de água necessário para o desenvolvimento de todas as suas atividades.

Segundo Mierzwa (2002), esta análise deverá levar em consideração um planejamento de longo prazo, em que são avaliados os seguintes fatores:

- aumento da demanda de água dos recursos disponíveis, por outros consumidores;
- capacidade de atendimento da demanda no caso de expansões;
- disponibilidade de tecnologias para a obtenção de água com as características que atendam aos requisitos mínimos de qualidade, a um custo compatível com as demais alternativas;
- garantia do atendimento da demanda a um custo compatível, caso a água seja obtida de uma concessionária.

Para o abastecimento de água, um dos requisitos importantes na escolha de alternativas deve considerar não somente custos envolvidos na aquisição, mas também custos relativos à descontinuidade do fornecimento, custos de manutenção e operação, custos relativos à garantia de qualidade necessária a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários internos e externos. (Sautchúk, 2004).

Segundo Sautchúk (2004), utilizar água proveniente não da concessionária implica o ônus de tornar-se “produtor de água” e, portanto, responsável pela gestão qualitativa quantitativa deste insumo nas fontes de abastecimento. O uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada, pela utilização inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados. Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contaminação a pessoas ou produtos, ou de dano a equipamentos. O sistema hidráulico deve ser independente e identificado; torneiras de água não-potável devem ter acesso restrito; equipes precisam ser capacitadas; devem ser previstos reservatórios específicos, entre outras ações para garantia de bons resultados.

Recomenda-se a implantação do Sistema de Gestão da Água para monitoramento permanente, com a participação de um profissional especialista na avaliação do uso de fontes alternativas de água. Ressalta-se que, qualquer que seja a fonte abastecedora de água, inclusive a concessionária de saneamento básico, a indústria deve garantir que a qualidade e quantidade disponibilizada em cada caso específico sejam compatíveis com o uso a que se destina.

De acordo com as informações dos usos da água a ser atendidos, deve-se especificar: os tipos de tratamento adequados, a viabilidade técnica de implantação (por exemplo, espaço físico), os investimentos necessários, a logística de operação e os custos de manutenção.

4.6.6.1 Serviço público de abastecimento

No caso da fonte de abastecimento de água por uma concessionária de saneamento básico, na avaliação deve ser verificada a existência de rede pública local. O aspecto econômico também precisa ser observado, pois a tarifa cobrada pode variar de acordo com as diversas atividades industriais. Outro ponto economicamente atrativo para determinadas indústrias é que a concessionária possui diferentes modalidades de fornecimento de água.

4.6.6.2 Captação direta de mananciais

Os mananciais podem ser superficiais e subterrâneos. Os superficiais são inteiramente dependentes, mesmo a curto prazo, do comportamento das bacias hidrográficas. Já os subterrâneos, embora o sejam, têm variações de tempo, nos quais os aquíferos freáticos podem ser influenciados a curto prazo e os artesianos em prazos às vezes muito longos e com áreas de recarga em regiões bem específicas.

Como os mananciais brasileiros, em sua grande maioria, estão concentrados em águas superficiais ou em poços de pequena profundidade, eles dependem essencialmente de manejo das bacias hidrográficas coletoras e processadoras da água de chuva que chega até elas.

A captação de água diretamente de um corpo d'água implica, na maioria das vezes, implementar técnicas de tratamento de acordo com o uso ao qual a água será destinada, devendo ser respeitados e resguardados a legislação vigente, a saúde humana e o meio ambiente.

Há necessidade de um sistema de gestão e monitoramento contínuo da qualidade e quantidade de água utilizada. Os custos totais, em muitos casos, podem ser elevados quando considerados os custos operacionais de bombeamento, tratamento, produtos químicos, energia, manutenção preventiva, técnicos envolvidos e monitoramento contínuo. Além disto, devem ser levados em conta os custos relativos à obtenção da outorga de direitos de uso, bem como a cobrança pelo uso da água que vier a ser instituída pelos comitês de bacias hidrográficas.

No caso de fonte de abastecimento de água captada diretamente de mananciais, deve-se prioritariamente verificar a legislação a ser cumprida, junto aos órgãos ambientais para identificação da possibilidade ou não da captação, da classe do corpo d'água e da bacia hidrográfica onde este corpo d'água está inserido, entre outros. Um aspecto legal a ser verificado também é que, no caso da existência de comitê de bacia hidrográfica estabelecido, deve-se consultar a viabilidade de uso desta água e o valor da cobrança pelo uso da água associada a tal consumo.

Depois de concluídas todas as fases e constatadas a permissão e as condições de captação de água direta de mananciais, deve ser emitida uma outorga para o uso, por meio da entidade fiscalizadora local.

Após a concessão da outorga, a etapa posterior é a caracterização qualitativa e quantitativa da água a ser captada diretamente de mananciais. De acordo com os usos específicos da água, deve-se especificar: os tratamentos adequados, a viabilidade técnica de implantação (por exemplo, espaço físico), os investimentos necessários, a logística de operação, os custos de manutenção e os recursos humanos necessários.

A fonte de abastecimento de água por meio de captação de águas subterrâneas é regida por legislação específica. Para a captação de águas subterrâneas por perfuração de poços artesianos, é necessário obter-se uma licença no Departamento de Água e Energia Elétrica – DAEE, além de solicitar uma outorga de direito de uso, com a responsabilidade de um geólogo habilitado no Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura - CREA.

Devem-se realizar pesquisas de poços anteriormente abertos na região em que a indústria está instalada ou se pretende se instalar. Elas são úteis para a se avaliar a oportunidade ou não de se perfurar um poço. Estas pesquisas auxiliam, pois não se pode garantir a existência de água, vazão obtida e a qualidade da água.

Com relação à qualidade da água disponibilizada, as experiências nas perfurações dos poços estão sempre bem sucedidas. Não há prospecção prévia, portanto, uma maneira simples e econômica de se descobrir se há água e em que quantidade é somente perfurando um poço.

Deverá ser instalado um hidrômetro na saída do poço, após a perfuração, para realização da cobrança do esgoto em quantidade equivalente ao volume de água captado pela concessionária de saneamento básico local, sendo este um instrumento de sistema de gestão.

4.6.6.3 Águas pluviais

Como fonte de abastecimento de água por da captação de águas pluviais, devem-se realizar análises da possibilidade de aplicação desta fonte, como: simulações de captação e reserva de acordo com as séries históricas de dados pluviométricos médios mensais de postos pluviométricos próximos ao local onde está ou se pretende instalar a indústria.

Inicialmente, devem-se identificar possíveis demandas a ser supridas por tal volume. Na segunda etapa, calculam-se a área de coleta e o dimensionamento do volume do reservatório. Além de reduzir o consumo de água potável para os diversos fins, a indústria, ao reservar e captar águas pluviais, também estará contribuindo com os sérios problemas das enchentes em muitas cidades.

4.6.6.4 Reúso de água

Como fonte alternativa de abastecimento de água, a utilização de efluentes tratados, na primeira etapa, deve ser a análise da viabilidade com a caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes gerados, estabelecendo-se os critérios de segregação e os tratamentos necessários. A possibilidade de utilizar diretamente os efluentes sem a necessidade de tratamentos específicos é uma questão que deve ser avaliada durante a etapa inicial, pois esta condição sempre é possível quando a qualidade do efluente gerado é apropriada para a aplicação direta para um uso específico.

Depois de concluídos todos os levantamentos quanto à caracterização qualitativa e os dados quantitativos dos efluentes gerados, juntamente com os requisitos das características de qualidade exigidas para cada determinado uso específico, estas informações e dados serão de suma importância para a definição das tecnologias de tratamento de efluentes necessárias. É indispensável a implantação de um Programa de Sistema de Gestão da Água que execute o monitoramento (quantitativo e qualitativo) continuamente dos efluentes tratados e utilizados como fonte alternativa de água, garantindo o perfeito funcionamento e a vida útil dos equipamentos e processos envolvidos, além de resguardar os usuários de qualquer risco à sua saúde.

Em resumo, para a análise da possibilidade de reúso de efluentes em uma indústria, devem-se considerar as seguintes etapas: análise dos tipos de efluentes gerados; especificação da segregação dos efluentes gerados; verificação da possibilidade de aplicação direta dos efluentes gerados; avaliação da quantidade e qualidade de água do efluente gerado; possibilidades de reúso de efluente tratado; especificação das possíveis tecnologias de tratamento em vista das atividades consumidoras, e avaliação dos custos envolvidos com tecnologias necessárias, dispositivos de controle e implantação do sistema de gestão.

De acordo com as informações dos usos da água a serem atendidos, devem-se especificar: os tipos de tratamento adequados, a viabilidade técnica de implantação do reúso de efluentes (por exemplo, espaço físico), os investimentos necessários, a logística de operação e os custos de manutenção.

4.7 Consolidação dos resultados

Depois de concluídas todas as informações e dados relativos à avaliação de oferta de água, obtém-se uma análise quantitativa e qualitativa das possibilidades de oferta de água para a indústria.

Segundo Sautchúk (2004), são planejadas as ações para incorporações de águas menos nobre para aplicação em atividades consumidoras menos nobres. Desta análise, resultam os seguintes parâmetros:

- possibilidade de abastecimento por meio de concessionária (água potável e água de reúso);
- possibilidade de captação direta e tratamento necessário;
- possibilidade do uso de águas subterrâneas, usos específicos e tecnologias de tratamento necessárias;
- volume de reservação de água de chuva e possíveis usos;
- formas de segregação dos efluentes gerados;
- possibilidade de reúso, aplicações e tecnologias necessárias;
- volume de efluentes minimizado após a incorporação de cada uma das ações anteriormente citadas;
- logísticas de operação;
- custos de manutenção.

Com a avaliação das ofertas de água, são, então, consolidados todos os dados e análises técnicas para a montagem de cenários possíveis de um Programa de Conservação de Água (PCA) a ser implementado à indústria. A partir dos dados coletados nos itens anteriores, nesta etapa tem-se como objetivo utilizá-los para a escolha de um melhor cenário. Esta etapa é fundamental, uma vez que a coleta de dados é suficiente para a determinação de um PCA ótimo. Deste modo, será possível levantar as oportunidades de melhoria dentro de um PCA.

Nesta etapa, é necessário traçar objetivos e metas a ser atingidos pelas etapas anteriores. Os objetivos e metas devem ser coerentes com a política da empresa. Os objetivos sempre são metas gerais, enquanto as metas refletem exigências mais objetivas, mensuráveis sempre que possível. Os objetivos e metas devem ser previstos sempre como itens “alcançáveis”, e não “utópicos”, impossíveis de serem atingidas com os recursos disponíveis.

Os objetivos e metas devem ser traçados a partir da análise dos efeitos dos processos considerados críticos e o impacto ambiental que geram. Como o objetivo proposto no PCA é a conservação de água e a minimização de geração de efluentes, deve ser quantificado como exemplo para remover a subjetividade quanto ao cumprimento, por isto há necessidade que sejam identificados os indicadores de desempenho, ou seja, como será medido de forma objetiva para garantir que a meta foi cumprida. Como exemplo, o indicador será a redução de água utilizada em m³ e quantidade em reais (R\$) do que será economizado.

4.8 Estudo de viabilidade técnica e econômica

Segundo Hirschfeld (2000), o estudo da viabilidade de um empreendimento ou projeto é o exame de um projeto a ser realizado com o objetivo de se validar sua justificativa, devendo levar em consideração os aspectos jurídicos, técnicos, financeiros, entre outros.

Os objetivos desta etapa conforme Sautchúk (2004) são:

- consolidar o Programa de Conservação de Água (PCA);
- planejar as ações para implantação do PCA, com ênfase nos maiores consumidores, para a imediata geração de economias, com baixos investimentos e períodos de retorno atrativos.

Segundo Sautchúk (2004), o estudo de viabilidade técnica e econômica é a etapa de composição dos dados gerados na avaliação de demanda e oferta de água, por meio da criação de diferentes configurações possíveis ou cenários para uma mesma indústria. O número de cenários a ser gerados varia de acordo com a complexidade da tipologia em análise.

Segundo Sautchúk (2004), no entanto, afirma que, no caso de haver mais de um cenário a ser proposto, faz-se importante que a cada novo cenário haja implementação gradativa de tecnologia. Os cenários desenvolvidos deverão ser avaliados de forma a se obter a melhor compatibilização de eficiência técnica e financeira.

As questões de ordem técnica, operacional e econômica devem ser consideradas na implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA). Para uma indústria, quando ocorrem investimentos em qualquer área, os custos de implantação e sua comparação com os possíveis benefícios a ser gerados são questões de suma importância.

Para a implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA), esta relação custo/benefício também é objeto de apreciação das indústrias.

É necessário que seja realizado um investimento inicial para atingir os benefícios e, com isto conseguir os objetivos da otimização do uso da água e redução de efluentes, que estejam diretamente relacionados com o melhor aproveitamento dos recursos naturais e, conseqüentemente, à redução de custos.

Para definição da viabilidade econômica de implantação dos projetos, é realizado estudo de retorno sobre o investimento, considerando:

- investimentos necessários para implantação do projeto;
- economia possível com a sua implantação;
- tempo necessário para retorno do investimento, levando em conta o montante aplicado e taxa de amortização praticada à época.

O objetivo do estudo do retorno sobre o investimento é identificar a melhor forma de atingir as metas de redução propostas, com menor impacto ambiental e menor custo de implantação.

Segundo Mierzwa (2002), a avaliação econômica de alternativas que visam à Conservação de Água deve considerar como custos:

- “custos diretos: incluem os custos que são identificados em uma análise financeira convencional como, por exemplo, capital investido, matéria-prima, mão de obra e custos de operação, entre outros”;
- “custos indiretos: são aqueles que não podem ser diretamente associados aos produtos, processos, ou instalações como um todo, alocados como despesas gerais. Estão incluídos nesta categoria os custos de projeto, os de monitoração e os de descomissionamento”;
- “custos duvidosos: são os custos que podem, ou não, tornarem-se reais no futuro. Esses podem ser descritos qualitativamente ou quantificados de acordo com a expectativa de sua magnitude, frequência e duração. Como exemplo, podem-se incluir os custos originados do pagamento de indenizações e/ou multas resultantes de atividades que possam comprometer o meio ambiente e a saúde da população”;
- custos intangíveis: são os que requerem alguma interpretação subjetiva para a sua avaliação e quantificação. Por exemplo, custos originados pela mudança da imagem corporativa da empresa, relação com os consumidores, moral dos empregados e relação com os órgãos de controle ambiental.

Um fator de suma importância a ser considerado nesta etapa de estudo de viabilidade técnica e econômica do Programa de Conservação de Água (PCA) refere-se à cobrança pelo uso dos recursos hídricos, introduzida com a implantação dos Sistemas Federal e Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Vale ressaltar também a necessidade de se realizar um estudo do retorno sobre o meio ambiente, em que o principal objetivo seja quantificar os ganhos ambientais a partir da implantação dos projetos de conservação de água e minimização de efluentes.

A conservação de água deve ser compreendida como uma componente de viabilidade para a eficiência operacional de qualquer indústria.

A implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA) requer o conhecimento pleno do uso da água (quantitativo e qualitativo) de uma indústria, áreas externas e processos, de maneira a identificar os maiores consumidores e as melhores ações de caráter tecnológico a ser realizadas, bem como os mecanismos de controle que serão incorporados ao Sistema de Gestão da Água estabelecido. A Figura 3 apresenta o fluxograma de ações de um Programa de Conservação de Água (PCA).

Um PCA se inicia com a implantação de ações para a otimização do consumo de água, em busca do menor consumo possível para a realização das mesmas atividades, garantindo-se a qualidade da água fornecida e o bom desempenho destas atividades. Uma vez minimizado o consumo, devem ser avaliadas as possibilidades de utilização de fontes alternativas de abastecimento de água.

Após a avaliação e implementação das ações que compõem o PCA, deverá ser implementado um Sistema de Gestão permanente, para garantia de manutenção dos índices de consumo obtidos e da qualidade fornecida.

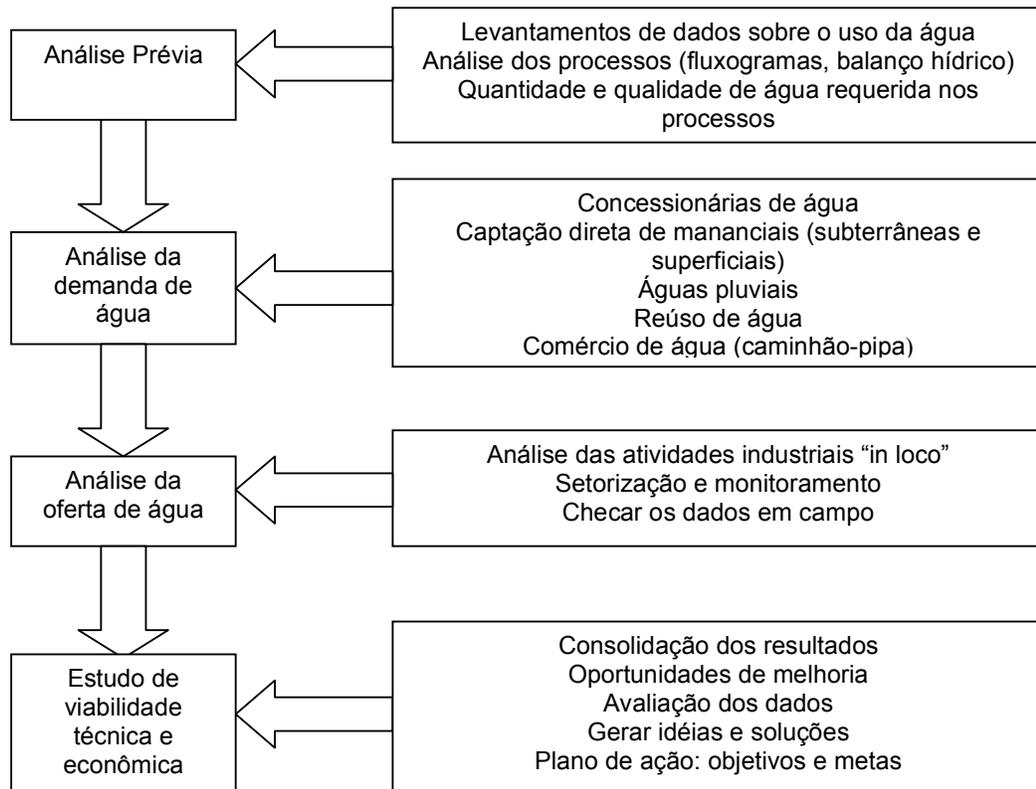


Figura 3: Fluxograma de ações de um Programa de Conservação de Água (PCA)

5 ESTUDO DE CASO: CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM UMA INDÚSTRIA DE FUNDIÇÃO DE METAIS NÃO-FERROSOS (LIGAS DE COBRE E LATÃO)

Instalada em uma área de 200.000 m², disponibiliza mais de 36.000 toneladas por ano de metais não-ferrosos no mercado. Tem participação no segmento nacional de semi-elaborados, produzindo laminados, barras, perfis, fios e arames de latão e cobre, em suas diversas ligas e formatos, assim como vergalhões de cobre. Parte do seu programa de fabricação destina-se à exportação. A empresa conta, atualmente, com mais de 300 funcionários diretos.

5.1 Descrição dos processos produtivos

O objetivo do que segue é descrever cada etapa dos processos de produção, informando as principais operações, bem como suas condições, matérias-primas e produtos.

5.1.1 Matéria-prima (escolha de sucatas)

Nos processos de fundição de metais não ferrosos podem ser utilizadas matérias-primas primárias e secundárias. As matérias-primas primárias são os lingotes de zinco (material virgem), utilizados nas ligas de latão e adicionados diretamente nos fornos de fusão. As matérias-primas secundárias são as sucatas de cobre (fios, cabos, etc.) e latão (torneiras, chuveiros, cavacos de usinagem de latão, etc.), que se apresentam em múltiplas formas, tamanhos e ligas.

5.1.2 Fundição

Os processos de fundição são muito semelhantes entre si, constituindo-se, basicamente, em fundir os materiais e moldá-los em formas apropriadas à sua transformação posterior, forma esta, normalmente, redonda.

As sucatas de cobre e latão são colocadas em fornos de fusão por indução (elétrica), até atingirem o seu ponto de fusão ideal para permitir o lingotamento. Este lingotamento pode ser contínuo (sem parar) e semicontínuo, em que o processo é interrompido e reiniciado a cada carregamento de matéria-prima (sucatas de cobre e latão) no forno de fusão. Os produtos da fundição são tarugos de sete polegadas (7") e rolos de chapas de latão.

A fundição é composta de fornos de fusão na qual o metal é fundido e transportado por meio de calhas basculantes para o forno de espera e o material desejado (chapa, fio ou tarugo) é puxado da camada inferior deste forno de espera, por meio de uma matriz para resfriamento e solidificação do metal líquido. O sistema puxador tem dispositivo para recuar, avançar e parar o metal em produção.

5.1.2.1 Fundição contínua

O processo de fundição contínua consiste em fundir e conformar o produto final numa única operação, eliminando tempos intermediários de esfriamento em moldes, garantindo controle e constância de propriedades físicas e geométricas de cada produto.

Após a combinação criteriosa de matérias-primas e respectiva fusão em forno apropriado, o metal líquido é transferido para o trem de conformação contínua. Passa por uma coquilha de conformação, definindo a seção transversal do perfil.

A matriz é a alma do perfeito funcionamento deste tipo de fundição. É composta de uma carcaça de ferro em que são alojadas: uma placa de cobre (cobre eletrolítico ou cobre berílio), com labirintos para circulação de água e troca de calor com o metal e, sobre o cobre a matriz propriamente dita é grafite. O grafite deve ser contactado ao cobre de forma perfeita. Se este contato não for perfeito, a troca de calor não será bem feita e a peça solidificada apresentará algum defeito.

A placa de cobre tem entradas e saídas de água de modo que se podem controlar a temperatura e vazão de água, em cada setor da matriz. A matriz deve estar pré-aquecida antes de ser colocada no forno. O alinhamento desta matriz com o sistema puxador é importantíssimo.

A puxada do metal líquido é feita acionando-se os roletes puxados a intervalos periódicos e conhecidos. À medida que a peça de aço é extraída da matriz, o líquido vai ocupando seu lugar. O líquido, em contato com o grafite, troca calor com a placa de cobre resfriada e torna-se sólido. Esta operação continua, pelo tempo que durar a matriz, de forma ininterrupta.

A troca de calor também é muito importante. O metal, ao sair solidificado da matriz, deve estar entre 300 a 350 °C. Acima desta temperatura, significa que a circulação de água pelos labirintos da placa não é suficiente ou, que há alguma obstrução provocada por sujeira da água ou ainda, a vazão da água não é suficiente ou, a temperatura de entrada da água não está suficientemente fria (entre 20 e 25°C).

Todos os parâmetros devem ser fixados conforme gradiente de temperatura entre o metal líquido e a temperatura de 300 a 350 °C acima indicada.

O produto das fundições contínuas é normalmente enrolado para chapas e fios. Para tarugos, a cada múltiplo estipulado a barra é cortada.

5.1.2.2 Fundição semicontínua

Os fornos são, basicamente, iguais ao da fundição contínua. Apenas o vazamento é feito pela parte superior do forno por meio do basculamento deste. A fundição semicontínua produz tarugos (moldes redondos usados).

Estes moldes são ajustados a uma carcaça de ferro na qual se faz circular a água para troca de calor. Esta água, após trocar calor com o metal líquido através do molde, passa por uma abertura de 1,00 a 1,50 mm na parte inferior da carcaça, formando um jato de pressão que atinge o metal já solidificado, mas ainda rubro, quando este deixa o molde. Este resfriamento é conhecido como resfriamento secundário. O molde tem entre 500 mm de comprimento.

O sistema como um todo funciona da seguinte maneira: o metal é fundido pelos fornos de fusão, transportado para o forno Holding no qual são feitas as análises e correções necessárias e, vazado para uma bica que comporta, aproximadamente, 500 kg de banho. O metal dentro do molde já está solidificado pela troca de calor com a água corrente da carcaça. O material recebe resfriamento secundário e, em seguida mergulha no tanque de água em que está imerso o pistão regulador da velocidade de fusão.

O nome semicontínua é dado porque, de tempos em tempos, a operação é interrompida.

Como não poderia deixar de ser, também são importantíssimos os controles de temperatura e vazão da água. Além de ser estabelecida para cada tamanho de placa e tarugo, a temperatura de entrada da água nunca deverá estar acima de 25 °C. Tal processo produtivo é de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho, pois é neste processo que o consumo de água se mostra muito alto.

5.1.3 Prensagem ou extrusão

Trata-se de um processo a quente, em que as peças obtidas na fundição, denominadas tarugos, são colocadas em uma serra circular para corte em comprimentos diversos de utilização. Após o corte, os tarugos são colocados em fornos de pré-aquecimentos a gás (gás liquefeito de petróleo) e, aquecidos até 800 °C.

Este aquecimento permite submeter os tarugos a grandes deformações. Assim, os materiais são transformados em barras de diversas dimensões e formatos, denominados materiais prensados ou extrudados.

5.1.4 Decapagem

Os materiais provenientes da prensas de extrusão apresentam, devido ao pré-aquecimento, uma oxidação superficial (óxidos) que deve ser eliminada. Isto é feito mergulhando o material em tanques contendo 18% de ácido sulfúrico diluídos em água. A imersão é por um tempo que varia de 15 a 30 minutos. Após este tempo, o material é lavado em água corrente. Tanto a água de lavagem como o banho contendo ácido sofrem um processo de eliminação destes agregados para permitir a reutilização da água. Isto é realizado continuamente.

A decapagem ácida das ligas de cobre são realizadas em 2 tanques com ácido sulfúricos enquanto que as ligas de latão possuem 5 tanques com ácido sulfúrico. São realizadas análises semanais da concentração de ácido sulfúrico nos tanques de decapagem, com a finalidade de corrigi-la. A decapagem química também é um processo que consome uma quantidade de água, sendo que seu efluente é bombeado para uma Estação de Tratamento de Efluente, em que sofre um tratamento físico-químico.

5.1.5 Trefilação

Trefilação é a redução da seção transversal de uma barra, fio ou tubo, puxando-se a peça por meio de uma ferramenta (fieira, ou trefila) com forma de canal convergente. É fazer passar o material prensado, decapado e apontado, por uma fieira que dará sua dimensão final. Esta operação, conforme a liga a produzir, pode ser feita em uma ou mais fieiras, simultaneamente.

De uma forma genérica, denomina-se fio a barra fornecida em rolos. Os processos de produção são similares aos já descritos para barras, exceto que a produção é sempre executada em rolos.

5.1.6 Processo de laminação de chapas de latão

Quando o produto fundido tem formato retangular e enrolado, seu destino é sofrer operações de laminação, as quais são sempre a frio, ou seja, não há pré-aquecimento. Após a fundição, os rolos são inicialmente fresados.

A laminação é um processo de conformação mecânica que consiste na passagem de um corpo sólido (por exemplo, rolo de latão) entre 2 cilindros de laminação que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários. Conseqüentemente, o corpo da peça (por exemplo, rolo de latão) sofre uma deformação plástica na passagem entre os cilindros de laminação, resultando na redução de sua seção transversal e no aumento de seu comprimento e largura. Para a obtenção de uma determinada dimensão (espessura) do corpo, deve-se submeter o material a sucessivos passes através dos cilindros de laminação, com as distâncias entre si decrescentes.

A passagem do material (por exemplo, rolo de latão) pelos cilindros de laminação ocorre pela ação da força de atrito que atua na superfície de contato entre o material (por exemplo, rolo de latão) e os cilindros de laminação. A laminação a frio é aplicada quando as especificações do produto indicarem necessidade de acabamento superficial superior (obtido com cilindros de laminação menos rugosos e baixa temperatura, evitando assim a formação de óxidos) e propriedades mecânicas e metalográficas especiais.

Para refrigerar os cilindros de laminação, é utilizada uma emulsão oleosa, com concentração entre 8 a 10% de óleo, a uma temperatura de 35 a 45 °C. O consumo de água no processo de refrigeração dos cilindros de laminação é somente para a reposição de perdas que ocorrem por evaporação e refrigeração. Como o processo de laminação das chapas de latão na indústria em questão é feito a frio (desbaste), reduz a espessura da chapa de latão para uma espessura próxima desejada pelo cliente, além de proporcionar melhor acabamento da superfície. Após a laminação de desbaste, para se atingirem as propriedades mecânicas e físicas e a microestrutura desejável, são necessários um recozimento de recristalização e/ou coalescimento.

Este tratamento térmico denominado recozimento é feito empilhando-se até 4 bobinas e colocando-as sob um forno como se fosse um sino. O material é aquecido a 500 °C por 12 horas, restabelecendo a condição de tempera mole. Neste processo de recozimento, a água consumida tem como objetivo o resfriamento dos rolos de latão depois de finalizado o recozimento. A água não entra em contato direto com os rolos de latão, mas ocorrem perdas por evaporação e resfriamento.

5.2 Análise do uso da água

Serão apresentados aqui os principais processos consumidores de água da indústria de fundição de metais não ferrosos, os dados de consumo destes processos, as fontes de abastecimento de água. A Figura 4 apresenta os aspectos relacionados à demanda e oferta de água da indústria em questão.

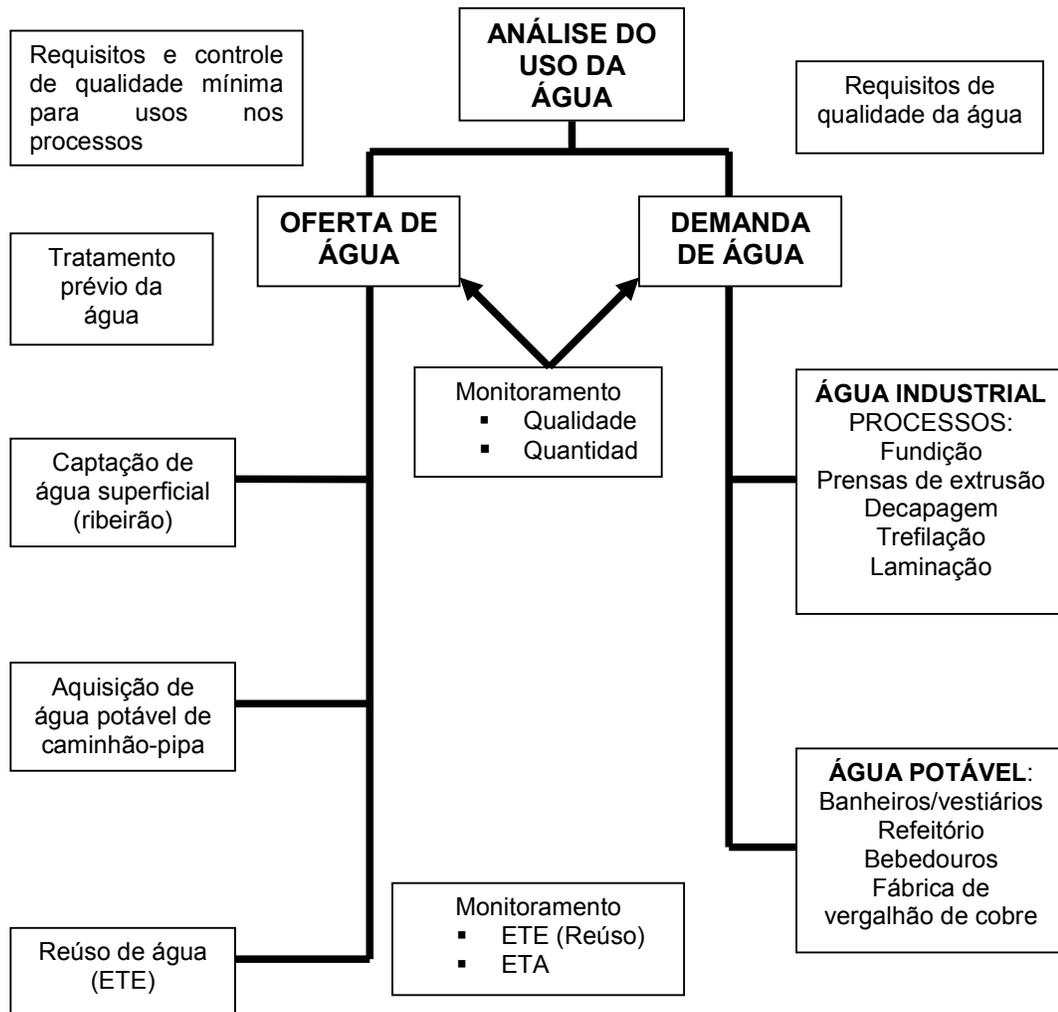


Figura 4 – Análise do uso da água na indústria de fundição de metais não ferrosos

5.3 Análise da demanda de água na indústria objeto deste estudo de caso

Os parâmetros de qualidade da água que podem interferir nos processos de fundição, prensas de extrusão (cobre e latão), laminação e trefilação são: sílica; cálcio e magnésio; temperatura; pH; cloretos; sólidos totais dissolvidos; alcalinidade total; dureza total e condutividade elétrica.

Nos processos de prensas de extrusão (ligas de cobre e latão), a água tem como finalidade a refrigeração das matrizes das prensas e dos produtos prensados. No processo de trefilação (ligas de cobre e latão) a refrigeração do forno de recozimento e das feiras das máquinas de trefilação, nos quais o consumo de água é somente para a reposição que ocorre nas perdas por evaporação e refrigeração. No processo de laminação, a água tem como finalidade a refrigeração dos cilindros de laminação e nos fornos de recozimento. Os parâmetros de qualidade da água para estes processos estão ilustrados no Quadro 7.

No processo de fundição, a água utilizada tem como finalidade a refrigeração: dos painéis elétricos; das matrizes dos fornos de fusão e contínuo; das coquilhas dos fornos de fusão de cobre; das bobinas elétricas dos fornos de indução e das bobinas elétricas dos fornos cadinhos. No resfriamento primário, a água não entra em contato direto com o material, pois tem como objetivo a refrigeração das matrizes, enquanto que no resfriamento secundário a água precisa entrar em contato com o material para que este sofra a solidificação e, em conseqüência, ocorram perdas por refrigeração e evaporação.

A qualidade da água nos processos de fundição, prensas de extrusão (cobre e latão), laminação e trefilação é de suma importância, uma vez que a indústria citada capta água de um ribeirão, que, apesar de sofrer tratamento, apresenta alguns parâmetros que acabam prejudicando o processo de fundição das ligas de cobre e latão.

Os parâmetros sílica, cálcio e magnésio provocam incrustações nos resfriadores, e, conseqüentemente, não há uma excelente troca de calor. Estas incrustações acabam aderindo nas paredes das matrizes dos fornos, e, com isto compromete a qualidade do produto fundido e lingotado.

A condutividade elétrica também provoca as incrustações nos resfriadores, pois os sais presentes na água originam-se da dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais. Os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos.

A questão da qualidade da água neste processo de laminação de chapas de latão é um fator muito importante para o produto a ser produzido. A decapagem é feita durante o desenrolamento do rolo fundido, mergulhando-o em um tanque contendo 18% de ácido sulfúrico diluídos em água. Outra questão importante é a composição das ligas de latão; quanto maior a concentração de zinco nas ligas, maior será a dificuldade de remoção dos óxidos de zinco. Com isto, ocorre o aumento da concentração do ácido no tanque de decapagem e, conseqüentemente, aumento da quantidade de água no sistema.

O processo de decapagem a água tem como função básica a remoção de camadas de óxido, também conhecidas como carepas, que se formam durante os processos de extrusão e laminação de metais. Para que seja possível a laminação a frio, se faz necessário que a bobina seja decapada, química e mecanicamente, para a obtenção de uma superfície limpa, isenta de óxidos ou sujidades.

O principal óxido formado durante os processos de extrusão e laminação de ligas de cobre e latão é o óxido de zinco. Na remoção das carepas são utilizadas soluções decapantes à base de ácido sulfúrico (18%). Os produtos das reações químicas da decapagem devem ser totalmente removidos da superfície dos metais (ligas de cobre e latão), com o objetivo de evitar a contaminação do ataque ácido e a conseqüente formação de manchas de oxidação com prejuízo da qualidade dos produtos. Estas manchas de oxidação podem ser causadas pela secagem dos metais em condições nas quais não houve a completa neutralização da solução ácida proveniente do banho de decapagem.

Os materiais provenientes da prensas de extrusão apresentam, devido ao pré-aquecimento, uma oxidação superficial (óxidos) que deve ser eliminada. Isto é feito mergulhando o material em tanques contendo 18% de ácido sulfúrico diluídos em água. A imersão se dá por um tempo que varia de 15 a 30 minutos. Após este tempo, o material é lavado em água corrente. Tanto a água de lavagem como o banho contendo ácido sofrem um processo de eliminação destes agregados para permitir a reutilização da água. Isto é realizado continuamente.

A decapagem deste processo de trefilação dos rolos de cobre e latão possui 3 tanques de decapagem. Destes, dois tanques servem para a decapagem ácida e um tanque para a lavagem. Esta lavagem apresenta um consumo baixo em relação a outros processos de decapagem ácida nesta indústria. São realizadas análises semanais da concentração de ácido sulfúrico nos tanques de decapagem, com a finalidade de corrigi-la.

Além das manchas de oxidação, podem ocorrer prejuízos também aos processos posteriores, como por exemplo, a trefilação. Por isto, após a remoção da carepa, faz-se necessário efetuar uma lavagem com vazão e pressão suficientes para remoção total do resíduo ácido na superfície.

Os parâmetros de qualidade da água do processo de decapagem monitorados semanalmente são: pH, condutividade elétrica, ferro e cloretos. Estes parâmetros podem contribuir para o aparecimento de manchas na superfície dos metais (ligas de cobre e latão).

Os dados constantes no Quadro 8 são os parâmetros de qualidade mínima da água para os processos produtivos de: fundição, prensas de extrusão, decapagem, laminação e trefilação.

QUADRO 8 - Parâmetros de qualidade da água para os processos: fundição, prensas de extrusão, trefilação e decapagem.

Parâmetro	Importância do controle	Forma de controle	Faixa de controle
pH	A acidez dá início à corrosão nos resfriadores	pHmetros calibrados ou papel indicador de pH	De 6,5 a 8,5
Temperatura	Temperatura fora da faixa ideal, não ocorrerá uma boa solidificação do metal na coquilha	Termômetros calibrados	Entre 20 e 25 °C
Alcalinidade total	A alcalinidade dá início à corrosão nos resfriadores	pHmetros calibrados ou papel indicador de pH	Até 250 ppm /CaCO ₃
Dureza total	Uma água com dureza alta provoca depósitos e incrustações nos resfriadores	Titulação	Até 200 ppm / CaCO ₃
Ferro total	Podem provocar obstruções nas canalizações	Análise colorimétrica	0,0 a 1,5 ppm de Fe
Cloretos	Podem provocar corrosões nas estruturas hidráulicas	Análise volumétrica de cloreto na solução	Até 150 ppm de Cl
Sílica	Teores altos de sílica provocam depósitos e incrustações nos resfriadores		Até 150,00 ppm SiO ₂
Sólidos totais dissolvidos	Aumenta o custo para a produção de água com alto grau de pureza e pode degradar a qualidade do produto final		Até 1.000 ppm de NaCl
Condutividade elétrica	A quantidade de sais dissolvidos na água de resfriamento pode criar depósitos e incrustações nos resfriadores	Condutímetro calibrados	Até 1.500 micromhos

5.4 Análise da oferta de água na indústria

Esta etapa analisou as alternativas existentes para abastecimento de água por intermédio de fontes alternativas para esta indústria de fundição de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão). No caso da indústria objeto deste estudo de caso, foram analisadas 4 (quatro) alternativas para o abastecimento e fornecimento de água às principais atividades consumidoras: concessionária local, poço artesiano, águas superficiais e caminhões-pipa.

5.4.1 Concessionária local - Sabesp

A qualidade da água fornecida pela concessionária é um grande diferencial das outras fontes de abastecimento para a indústria em questão. Além da preocupação com a qualidade da água, a concessionária deve manter e garantir o seu fornecimento quase contínuo. Apesar de a localização da indústria não se encontrar em locais de planos de rodízios, a concessionária não consegue suprir a demanda da indústria em questão e, com isto, o fornecimento em quantidade pela concessionária costuma sofrer interrupções freqüentes.

Uma das alternativas para amenizar esta eventual falta de água seria a indústria manter um sistema de reserva de água que garanta seu pleno funcionamento mesmo em caso de eventual interrupção.

Desta forma, a concessionária local poderia ser uma alternativa para o abastecimento de água desta indústria, pois seria responsável pela gestão da qualidade e quantidade fornecida. Do ponto vista econômico, o fornecimento de água por meio da concessionária local não seria recomendado em vista do grande volume de água consumida por esta indústria.

A concessionária de saneamento básico que atende a região onde esta indústria se encontra instalada não consegue atender à demanda requerida pela indústria na quantidade. A indústria obtém água potável para usos de consumo humano de empresas que comercializam por intermédio de caminhões-pipa.

Em média, são consumidos 2.000 m³/mês de água potável para fins humanos. Sendo o custo de R\$ 6,80/m³, a indústria tem uma despesa mensal de R\$ 13.600,00 com água potável. Os custos para o tratamento de esgoto para este volume não estão computados, uma vez que a empresa possui fossas sépticas.

5.4.2 Água potável

A água potável ou de consumo doméstico é utilizada para ser consumida nos bebedouros, na preparação de alimentos, higiene pessoal e descarga de sanitários e rega de jardins. Após sua utilização, a maior parte da água potável é convertida em esgoto sanitário, sendo coletada e encaminhada a fossas sépticas que a indústria possui.

A indústria em questão adquire água potável de empresas de comércio e transporte por meio de caminhões-pipa, para poder suprir suas necessidades de consumo de água potável. A empresa adquire 2.000 m³/mês para atender às necessidades de uso doméstico.

A principal vantagem desta alternativa é que a indústria sempre terá água na qualidade e quantidade que deseja. Com relação aos aspectos econômicos, a aquisição de água por meio de caminhões-pipa pode representar redução de custos em até 50% de economia.

Considerando-se o elevado grau de qualidade da água fornecida pela concessionária local, superior ao necessário para as diversas atividades e processos desta indústria.

A indústria em questão não consome água potável da concessionária de saneamento local por esta não conseguir suprir a demanda necessária, e também pelo aspecto econômico, uma vez que os custos estão acima dos da empresa que fornece por caminhões-pipa.

5.4.3 Captação de água direta de mananciais – água subterrânea (poço artesiano)

A indústria em pauta utilizava como fonte alternativa de abastecimento de água potável a captação de água subterrânea, por um poço artesiano. Mas teve que paralisar esta captação em vista de este poço artesiano ter esgotado toda sua reserva. Devido ao tipo de solo no qual hoje esta indústria se encontra instalada, a opção de captação de água subterrânea está comprometida pelas características do solo e da qualidade da água captada.

Foi realizada uma perfuração de um novo poço artesiano para análise do subsolo, possibilidade de exploração e capacidade de produção. Durante os testes desenvolvidos após a escavação deste poço, chegou-se à conclusão de que a qualidade da água não atende às exigências desta indústria. A partir das análises das amostras da água coletada, foi possível concluir que é inviável, economicamente, a captação de água através de poço artesiano, em vista das necessidades de tratamentos específicos, custos operacionais, entre outros.

5.4.4 Captação de água direta de mananciais – água superficiais (ribeirão)

As águas superficiais têm como principal característica maior concentração de sólidos em suspensão, além do fato de sua composição ser imediatamente afetada pelas condições climáticas e pelas características geológicas da região onde essa água escoar, enquanto que as águas subterrâneas apresentam como principais contaminantes substâncias dissolvidas, tais como íons metálicos, responsáveis pela dureza das águas, ou complexos orgânicos naturais, sendo que a sua composição varia de região e as condições climáticas afetam suas características gradualmente.

Ressalta-se que este tipo de fonte estará sujeito às regras de cobrança pelo uso da água e que, dependendo da qualidade da água do manancial, o tratamento para adequação às necessidades do processo produtivo poderá ser inviável economicamente.

A indústria em questão capta água diretamente de águas superficiais (ribeirão) para fins de usos industriais nos processos de: fundição, prensas de extrusão, decapagem, laminação e trefilação. A água captada do ribeirão é realizada uma vez por dia, sendo o volume captado de 100 m³/dia, totalizando 3.000 m³/mês.

Esta água passa por uma Estação de Tratamento de Água (ETA), onde é submetida a um processo de tratamento por coagulação e floculação para se promover à separação dos sólidos presentes na água. Após o processo de coagulação, a água passa pelo processo de floculação, o qual tem como objetivo fazer com que as partículas sólidas colidam entre si, para que formem agregados maiores, flóculos, e mais pesados, os quais serão separados posteriormente pelo processo de decantação.

O processo decantação é a etapa subsequente aos processos de coagulação e floculação e tem por objetivo separar os flocos, formados na etapa de floculação, da água. Após isto, a água passa por um processo de filtração em filtros de areia e carvão, que tem por objetivo remover da água, efluente dos decantadores, as partículas que ainda se encontram presentes. Depois deste processo de filtração, a água é distribuída para os diversos setores pontos de consumo e para os sistemas de produção de água com características, de acordo com o uso a que esta água se destina.

Os resultados das análises realizadas em 19.12.2005 dos parâmetros de qualidade da água exigidos para os processos produtivos apresentados na Tabela 1, mostram que a qualidade da água utilizada nos processos industriais é um fator de suma importância para a manutenção da qualidade do produto, da segurança das operações, da *performance* dos equipamentos e dos processos.

Tabela 1: Resultados das análises dos parâmetros da qualidade da água realizado no 19.12.2005

Requisitos de qualidade para água de uso industrial	RIBEIRÃO	ETA (SAÍDA)	TR	ETE (ÁGUA DE REÚSO)	LIMITES
pH	6,90	7,00	7,40	7,20	6,5 – 8,5
Gás carb. dissolvido	28,00	20,00	7,00	8,00	Até 5,0 ppm CO ₂
Temperatura					20 – 25 °C
Alcalinidade total	110,00	100,00	90,00	60,00	Até 200 ppm de CaCO ₃
Dureza total	64,00	66,00	90,00	154,00	Até 250 ppm de CaCO ₃
Ferro total	1,56	0,71	0,46	0,85	0,0 – 1,5 ppm de Fe
Cloretos	42,60	49,70	35,50	49,70	Até 150 ppm de Cl
Sílica	14,31	15,38	17,29	1,65	Até 150 ppm de SiO ₂
Sólidos totais dissolvidos	206,50	184,40	198,10	2.513,00	Até 1.000 ppm NaCl
Condutividade	295,00	262,00	283,00	3.590,00	Até 1.500 micromhos

ETA: Estação de Tratamento de Água

TR: Torre de resfriamento

ETE: Estação de Tratamento de Efluente

Fonte: Indústria de Fundição de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão)

A água deve estar disponível na quantidade e qualidade necessárias para atender a cada uso específico. Assim, torna-se importante a inclusão dos parâmetros de qualidade para a análise do uso da água na indústria de fundição de metais não ferrosos (ligas de cobre e latão).

5.4.5 Reúso de água

Em geral, toda atividade industrial à geração de efluentes é inevitável. Contudo, a quantidade e características dos efluentes irão depender, principalmente, do ramo de atividade da indústria, da capacidade de produção e do método de produção utilizado.

Como exigência da legislação, e com o objetivo de reduzir os impactos para a o tratamento da água, o tratamento de efluentes deve ser realizado por meio da utilização de operações e processos unitários. Estes processos devem ser capazes de reduzir a concentração dos contaminantes presentes para níveis com os padrões de emissão estabelecidos em normas ou a níveis adequados para formas de reúso subseqüentes, ou mesmo para lançamento em corpos receptores. Em muitos casos, o tratamento de efluentes pode ser realizado utilizando-se as mesmas tecnologias normalmente adotadas para tratamento de água, mas muitas vezes torna-se necessário lançar mão do uso de outras tecnologias, as quais são específicas para a remoção dos contaminantes presentes nos efluentes.

Na indústria objeto de estudo de caso, a Estação de Tratamento de Efluentes - ETE foi construída com o objetivo de efetuar o tratamento dos efluentes de decapagem ácida dos processos produtivos. Este efluente, bombeado a Estação de Tratamento de Efluentes, é proveniente dos setores de:

- decapagem da linha de cobre;
- decapagem da linha de latão;
- trefilação de fios de cobre e latão;
- laminação de chapas de latão.

Os efluentes gerados nestes 4 processos acima citados poderiam sofrer dois tipos de tratamento:

- a) tratamento para atender aos parâmetros de acordo com a legislação ambiental;
- b) tratamento para reúso de água na reposição das perdas por evaporação das torres de resfriamento.

Como a indústria em pauta é uma grande consumidora de água, e parte deste consumo está vinculada a perdas por evaporação das torres de resfriamento e na refrigeração dos processos produtivos, a opção escolhida pela indústria foi o tratamento físico-químico do efluente com reúso da água.

Todos os efluentes provenientes das decapagens ácidas dos processos produtivos são bombeados para 4 tanques. Este tratamento físico-químico consiste primeiramente na correção do pH, pois, em se tratando de decapagem ácida, o efluente a ser tratado está com seu pH ácido (na faixa entre 1 e 4). Após este processo, corrige-se o pH, neutralizando-o com soda cáustica ou cal virgem, para que permaneça com o pH neutro (entre 7 e 8). Em seguida, adiciona-se um polímero com o objetivo de se obter a floculação das partículas em suspensão. Os efluentes tratados dos quatro tanques são bombeados para dois tanques nos quais ocorrerá a decantação da água. A água passa por uma filtração, e, por gravidade, cai em um tanque para ser bombeada para as torres de resfriamento com a finalidade de reposição das perdas por evaporação. O lodo é retirado dos tanques de decantação, para secagem e a água é bombeada para a reposição de parte das perdas de evaporação das torres de resfriamento.

5.5 Fluxograma dos processos produtivos e balanço hídrico

O balanço hídrico é realizado com base em dados de projetos, com o objetivo de identificar e quantificar os pontos de consumo de água, assim como as fontes de geração de efluentes líquidos, permitindo assim o estudo de oportunidades de redução, reúso, otimização e reciclagem de efluentes.

Quanto mais detalhado for o balanço hídrico, mais eficiente será o processo de identificação de oportunidades de melhorias, agilizando, assim, a implantação das modificações necessárias para racionalização no uso dos recursos hídricos. O balanço hídrico deverá ser elaborado a partir de uma cuidadosa investigação e análise da planta, considerando registros existentes, medições de vazão por ultra-som (ou equivalente), ou ainda a partir de cálculos de engenharia.

Objetivou-se ter uma visão geral do uso da água na metalurgia referente à quantidade de água nova entrando/efluente gerado no processo e o grau de reúso/reciclo aplicado. As informações de consumo de água foram extraídas do sistema de informação da empresa, que apresenta os consumos medidos para algumas unidades e rateados para outras. Os efluentes gerais das unidades de processo são razoavelmente monitorados e representam uma boa aproximação do que é gerado em cada unidade.

Portanto, o balanço geral mostrado representa apenas uma aproximação das entradas e saídas das correntes de líquidos das unidades de processo, que podem ter informações seguras para algumas unidades e estimativas para outras. A Figura 5 apresenta o diagrama do fluxo de processo e o balanço hídrico da metalurgia,

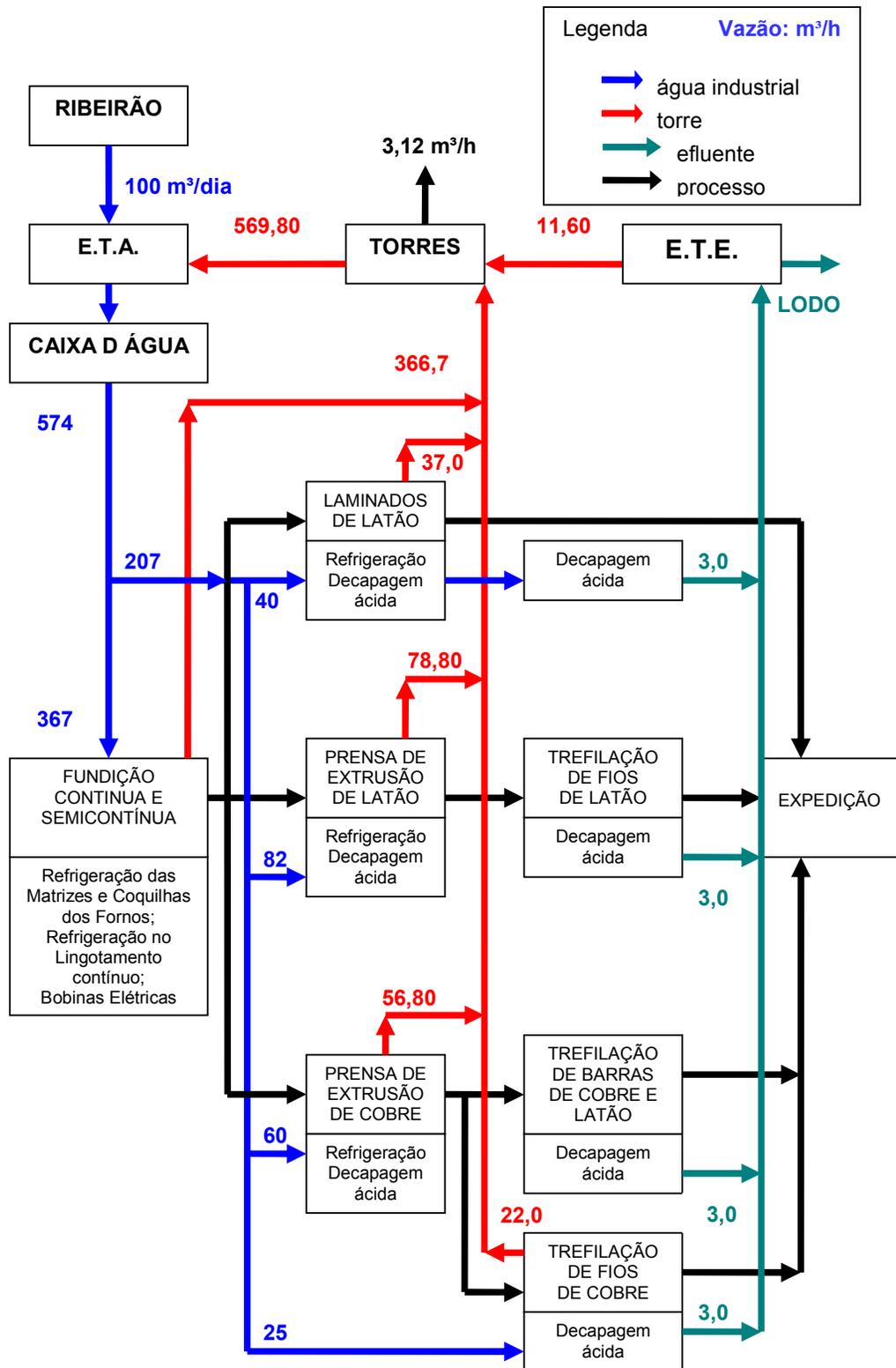


Figura 5: Diagrama do fluxo de processo e balanço hídrico de metalurgia

6 ESTUDO DE OPORTUNIDADES DE OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA

Considerando o prazo, os recursos e as limitações de informações disponíveis para a execução deste estudo, e a impossibilidade de se cobrir integralmente o complexo metalúrgico, decidiu-se selecionar uma unidade de processo que apresenta condições favoráveis às determinações das vazões de água. Esta seleção foi pautada nos fatores tempo e disponibilidade de recursos para a execução das tarefas.

Portanto, para fins desta pesquisa, escolheu-se uma unidade produtiva, objetivando-se buscar integração interprocessos. Dadas estas premissas, selecionou-se a unidade de FUNDIÇÃO, em que a utilização de água tem como objetivo a refrigeração das matrizes e coquilhas dos fornos, resfriamento no processo de lingotamento contínuo e das bobinas elétricas.

Considerando as dificuldades que seriam encontradas, os recursos e as limitações de informações disponíveis para a execução deste estudo, verificou-se que seria impossível abranger integralmente a complexo metalúrgico. Portanto, para fins desta pesquisa, selecionou-se a unidade de produção – FUNDIÇÃO.

6.1 Justificativa do processo escolhido

A seleção da unidade de produção baseou-se no melhor conhecimento do processo por parte do autor e na facilidade que se teria para as medições, assim como na disponibilidade de informações de vazões. Além disto, após a verificação preliminar das correntes de água de cada unidade, decidiu-se por concentrar esforços nesta unidade, em que o consumo de água é bem representativo, ou seja, 367 m³/h, significando 63,9% do consumo total (574 m³/h). A figura 6 apresenta um gráfico do consumo de água industrial.

Buscou-se verificar a possibilidade de otimização do uso da água na unidade selecionada. Os fornos de fusão e contínuos são tecnologicamente, muito antigos. Para os fornos de cobre, existem tecnologias modernas. Neles, o processo de vazamento de metal pode atingir até 14 tarugos em cada corrida; enquanto que o no forno atual, em operação na indústria, ocorre o vazamento de somente um tarugo por corrida.

Parte da água que abastece o processo de fundição retorna para as torres de resfriamento, onde sofre um tratamento específico para eliminar as impurezas que a água incorpora durante o processo.

Em geral, os parâmetros analisados mensalmente pela indústria da água que retorna para as torres de resfriamento são: pH, alcalinidade total, dureza, sólidos totais dissolvidos, condutividade, sílica, ferro total e cloretos. O que pode ocorrer em sistema de refrigeração de fundição é vazamento de óleos, prejudicando assim o sistema de refrigeração da água nas torres de resfriamento.

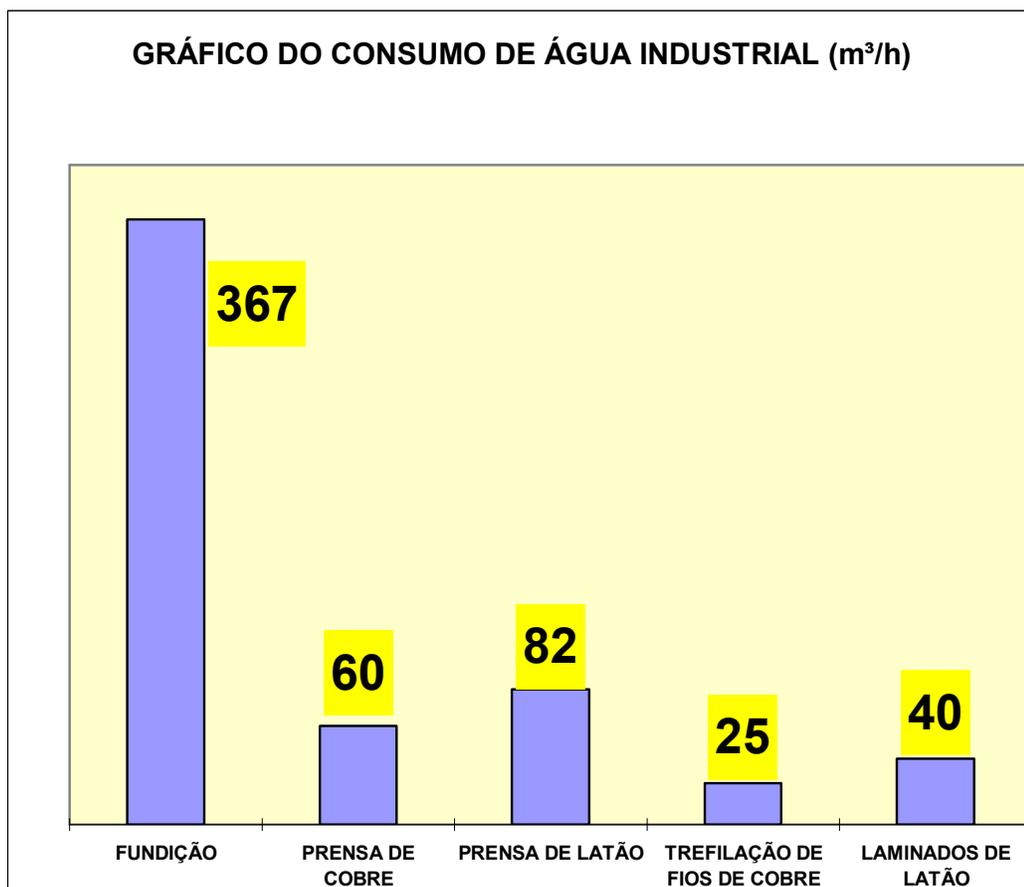


Figura 06: Gráfico do consumo de água industrial (m³/h)

6.2 Oportunidades de otimização com a tecnologia existente

As oportunidades de otimização do uso da água com as tecnologias existentes hoje na indústria são poucas, pois os fornos existentes são muito antigos. Hoje, existem tecnologias modernas, com uma produtividade maior, e que proporcionam economia de energia e água.

As tecnologias existentes atualmente na indústria, além de apresentarem um alto consumo de água, são grandes consumidoras de energia elétrica.

6.3 Substituição das coquilhas do forno de cobre

O forno de cobre tem em média uma produção de 17 toneladas por dia. Este forno semicontínuo é muito antigo, e com isto, a indústria em questão foi buscar melhorias para poder aumentar sua produtividade e diminuir o consumo de água, visto que o sistema de refrigeração não é eficiente.

Um ponto importante a ser considerado neste caso será a segurança que os operadores de fornos terão, uma vez que, no processo atual, ocorrem muitos acidentes provocados pelo choque térmico (contato do metal líquido com a água).

A substituição das atuais coquilhas do forno de cobre irá melhorar a produtividade do forno, diminuindo o consumo de água. O atual sistema de refrigeração das coquilhas será modificado, fazendo alterações no tamanho das coquilhas. As coquilhas atuais medem em torno de 700 mm, e irão sofrer uma redução no tamanho; em consequência, a área de contato será menor, fazendo com que a área de refrigeração também seja menor, diminuindo assim também o consumo de água.

A redução do consumo de água nas unidades operacionais da metalurgia deve começar pela melhoria do estado das instalações de uma forma geral. A tecnologia desenvolvida com o fabricante do forno nos EUA foi a redução da altura das coquilhas: a anterior possuía 700 mm e atual está com 500 mm. As coquilhas sofreram uma redução de 16,67%, e, com isto, os diâmetros das tubulações de entrada e saída das coquilhas também se modificaram mantendo, porém, a mesma pressão anterior. Com a diminuição da altura das coquilhas, a área de refrigeração será menor, assim diminui-se também o contato da água com a coquilha será menor também.

O diâmetro das tubulações de entrada e saída era de 3" (três polegadas), e o atual passou a ter 2 ½". De acordo com os dados estimados pelo fabricante, haverá uma economia de 1,5 m³/h, o que representará 1.080 m³/mês. Tomando como base o custo atual de R\$ 7,50 da água potável adquirida de empresas que a comercializam por meio de caminhões-pipa, ter-se-á uma economia de R\$ 8.100,00 mensais.

Cabe ressaltar que a economia gerada será certamente superior ao acima especificado, uma vez que os valores são sempre estimados.

6.4 Torre de resfriamento

As torres de resfriamento são projetadas de modo a minimizar as perdas de água pelo vento e arraste mantidas entre 0,005 e 0,3% da vazão de recirculação. Os projetos industriais têm capacidade típica de resfriamento situada entre 5 a 22°C, denominada faixa, que é definida como a diferença de temperatura entre a água quente de entrada e a água fria da bacia.

Cerca de 85 a 95% do resfriamento deve-se à evaporação, sendo o restante atribuído à transferência de calor para o ar circulante, por convecção. Genericamente, a quantidade de água perdida por evaporação pode ser avaliada aplicando-se um fator de 0,85 a 1% da vazão de recirculação para cada 5,55 °C de queda de temperatura ao longo da torre, sendo 1% geralmente adotado para aproximações.

No caso da indústria em questão, outra alternativa que está sendo implementada é justamente a substituição de uma das torres de resfriamento. A tecnologia utilizada será a de torre do tipo resfriador de fluidos de circuito fechado. Princípio de operação: água a ser resfriada circula internamente aos tubos de trocador de calor da unidade. Esta água não se evapora e nem sofre contaminação do ar ambiente. O calor do fluido do processo passa através das paredes da serpentina para a água de recirculação, que é levada para baixo em cascatas sobre as mesmas paredes. O ar é forçado para cima através da serpentina, evaporando uma pequena porcentagem de água de recirculação, absorvendo o calor latente de vaporização e lançando o calor na atmosfera.

A água de recirculação remanescente cai no tanque, enquanto que a água arrastada pela corrente de ar é separada nos eliminadores de gotas, retornando ao tanque para ser recirculada pela bomba. Com isto, a indústria estará otimizando e racionalizando o uso da água nestes equipamentos, pois estes representam 3,12 m³/h.

A torre de resfriamento que será retirada do processo possui uma vazão de recirculação de 200 m³/h de água, com uma perda total de 2,09 m³/h. A torre de resfriamento que substituirá a torre descrita anteriormente terá uma vazão de 110 m³/h de água, com uma perda total de 1,76 m³/h de água.

Com a mudança da torre de resfriamento, houve uma redução na perda de água por arraste e evaporação de 0,33 m³/h. Considerando que o processo é contínuo, ou seja, 24 horas por dia, um total de 7,92 m³/dia de água será economizado. No final do mês, ter-se-á uma economia de 237,6 m³/mês.

Com a nova tecnologia na mudança da coquilha, houve também redução no volume de água de recirculação na torre de resfriamento, sendo que a anterior possuía uma vazão de recirculação de 200 m³/h e a atual passou a ter 110 m³/h, o que corresponde a uma diferença de 90 m³/h, representando 55% de redução do volume de recirculação na torre de resfriamento. Na Tabela 2 estão os dados comparativos entre as torres de resfriamento. Se forem comparados com o volume total que o setor de fundição consome, será notada uma redução de aproximadamente 25%.

Tomando como base o custo atual de R\$ 7,50 da água potável adquirida de empresas que comercializam por meio de caminhões-pipa, tem-se uma economia de R\$ 1.782,00 mensais.

Tabela 2: Dados comparativos das torres de resfriamento

DADOS DAS TORRES DE RESFRIAMENTO	ANTERIOR	NOVA
Vazão de recirculação (m³/h)	200	110
Perda total (m³/h)	2,09	1,76
Temperatura de água quente (°C)	40	40
Temperatura de água fria (°C)	30	30
Temperatura de bulbo úmido do ar (°C)	24	24

Fonte: Indústria de fundição de metais não-ferrosos

O total de recursos financeiro que serão investidos na substituição da torre de resfriamento é de R\$ 30.000,00.

6.5 Retorno sobre os investimentos

Para definição da viabilidade econômica de implantação dos projetos, é realizado estudo de retorno sobre o investimento, levando em conta os seguintes fatores:

- investimentos necessários para implantação do projeto;
- economia possível com a sua implantação;
- tempo necessário para retorno do investimento, considerando o montante aplicado e a taxa de amortização praticada à época.

A indústria em questão realizou um investimento total nas aquisições do sistema de coquilhas com nova refrigeração e da torre de resfriamento a um valor em torno de R\$ 150.000,00 (cento e cinquenta mil reais). O período de retorno dos investimentos deverá ser de 12 meses.

7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa alcançou o objetivo geral proposto, de análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos, visando sua otimização econômica e ambiental.

Os trabalhos desenvolvidos de revisão bibliográfica e do estudo de caso apresentado mostraram que a otimização do uso de água pode ser considerada ferramenta básica para a implementação de um Programa de Conservação de Água (PCA) na indústria e é capaz de contribuir de forma significativa para a atenuação dos problemas relacionados à escassez de água. As iniciativas de otimização do uso da água podem conduzir a uma redução significativa na demanda de água e na geração de efluentes.

A otimização do uso de água significa atuar de maneira sistêmica na demanda e oferta de água. Ampliar a eficiência do uso da água representa, de forma direta, economia e expansão do uso dos recursos, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, bem como atendendo ao crescimento populacional, implantação de novas indústrias, preservação e conservação do meio ambiente. Assim sendo, as iniciativas de racionalização do uso da água se constituem em elementos fundamentais em qualquer iniciativa de conservação.

Com a implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA), a empresa poderá aumentar a sua capacidade competitiva, devido à redução de custo e aumento da confiabilidade produtiva, adquirindo imunidade a sanções governamentais relacionadas ao consumo de água. A empresa se desenvolverá, também, nos aspectos de qualidade e processos, aumentando sua produtividade e, ao mesmo tempo, gerando mais empregos e, assim, cumprindo com o seu papel social. Iniciativas de otimização do uso da água, mesmo que isoladas, têm mostrado resultados interessantes em relação à redução do consumo ao retorno financeiro e podem ser usadas como marketing para melhorar sua imagem frente à sociedade, comunidades, consumidores e clientes.

A conservação de água na indústria implica menor necessidade de captação dos recursos hídricos naturais, constituindo-se, portanto, uma estratégia eficaz para a conservação dos mananciais, em seus aspectos qualitativos e quantitativos. Desta forma, aumenta a disponibilidade hídrica das regiões onde a água é escassa, além de contribuir para equacionar a disputa pelo uso de águas primárias, quando existe.

Outro aspecto na conservação de água é que, pela menor geração de efluentes líquidos, a reutilização constitui-se numa ferramenta útil para o controle da poluição e, conseqüentemente, para a conservação do meio ambiente. Assim, reduzem-se os riscos com penalizações ambientais, melhora-se a imagem da indústria perante as comunidades, clientes e órgãos de controle ambiental, bem como favorece-se a obtenção de selos verdes e certificações ambientais (ISO 14.000).

A definição dos requisitos de qualidade, baseada em cada uso, é imprescindível para que haja o menor consumo de água possível, sem prejuízo em relação à qualidade do produto e à *performance* dos equipamentos.

O balanço hídrico construído proporcionou uma visão detalhada dos consumos de água para fins industriais e geração de efluentes nos processos de fundição, prensas de extrusão (cobre e latão), laminação, decapagem e trefilação; constitui-se um conjunto de dados e informações imprescindível para a identificação de uma oportunidade de racionalização do uso de água, justamente no processo que é o maior consumidor de água dentre todos os processos industriais.

As indústrias vêm sendo, cada vez mais, afetadas por esse problema devido em função dessa escassez da elevação constante dos preços e da perspectiva de cobranças ainda maiores, num futuro próximo.

Na análise do uso da água em uma indústria de fundição de metais não-ferrosos visando à otimização econômica e ambiental, a redução do consumo de água no processo de fundição começou pela mudança de tecnologia obsoleta por uma atual. A avaliação para a redução expressiva do uso da água com a quebra do paradigma tecnológico consistiu em se verificar a razão de sua utilização no processo e as possibilidades de se reformular a concepção do projeto do processo.

Este trabalho tratou de estudar o uso da água em uma unidade de processo da indústria de fundição de metais não-ferrosos (ligas de cobre e latão) e identificou oportunidades de redução do consumo de água em uma unidade de processo industrial. Com a introdução de tecnologias modernas no processo de fundição de metais juntamente com a substituição da torre de resfriamento, houve uma redução da ordem de 25% se comparados com o volume total que a unidade produtiva da fundição consome. Além disso, a otimização do uso da água é um fator de competitividade que representa benefícios na imagem de responsabilidade social da empresa.

O maior motivador para a implantação do Programa de Conservação de Água (PCA) é a redução do consumo de água. Os estudos permitiram verificar que à medida que as tecnologias modernas vão sendo introduzidas, os impactos resultantes sobre o consumo de água tornam-se significativos. Para cada tipologia há sempre benefícios ambientais, econômicos e sociais que podem e devem ser explorados como fator de atratividade para a consolidação do Programa de Conservação de Água (PCA).

Sugere-se, a partir das constatações evidenciadas, futuras pesquisas em novas plantas industriais para o aperfeiçoamento do Programa de Conservação de Água (PCA), tendo em vista sua eficácia e eficiência, conforme constatado neste trabalho, com prováveis resultados significativos no aumento da produtividade do segmento industrial e reflexos positivos no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Lei n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Brasília: Congresso Nacional, 1997.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>, acesso em 23.11.2005

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>, acesso em 25.10.2005

ALBUQUERQUE, F. S. A. **A responsabilidade civil e o princípio do poluidor pagador**. Faculdade de Direito da UFPE. Agosto de 1999. Disponível em: <http://www.omnicom.com.br/ocanal/polpag.htm>. Acesso em: 28.01.2005

ALVES, W. et ZANELLA, L. Conservação e Tratamento da Água. Apostila da disciplina de mesmo título do Mestrado Profissional do IPT. IPT, 2004.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA. **Apresenta definições de conservação de água**. Disponível em: <http://www.awwa.org>. Acesso em: 12.03.2005

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. *Glossário de Termos Hidrológicos*. Versão 1.0. Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 27.06.2005.

ALPINA AMBIENTAL, Disponível em: <http://www.apilnaambiental.com.br> . Acesso em: 03.09.2005

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**, II CA. Brasília, 1999. [apud SETTI, Arnaldo Augusto et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. p.70].

BERNARDIS, R., **Novos Conceitos em tratamento e reúso de água**. Latin Chemical, 2002.

BRAGA, B. et al. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A , **Manual de tratamento de águas residuárias Industriais**. São Paulo, CETESB, 1993.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Recursos Hídricos**: Legislação. Brasília, 2001. 54p.

BRAVO, J. L. R. **Levantamento de oportunidades para racionalização do uso da água em unidades de processo de uma metalurgia de cobre primário**. 2003. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2003.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO; P. C. 2003 **Conceito de reúso de água**. In : Reúso de Água. Editora Manole Ltda. Barueri - SP.

CICHOCKI, A. - **Conservação de água - Um desafio para indústria de hoje**- Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br>. Acesso em: 20 de agosto de 2005.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. 2. ed. Brasília: Senado Federal, 1997.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. 3 ed. Brasília: Senado Federal, 2001. 598p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. São Paulo. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>, Acesso em: 14.05.2005

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP, **Relatório estabelecimento de diretrizes técnicas, econômicas e institucionais e de programa de ação para implantação de sistema de água de reúso na região metropolitana de São Paulo**, São Paulo, 2002.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - Cetesb. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/> Acesso em: 28.05.2005

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama n.º 20 de 18 de junho de 1986. Brasília: D.O.U., 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/> . Acesso em: 05.02.2005

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE. São Paulo. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br> . Acesso em: 25.08.2004

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisa de dados dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br>>. Acesso em: 25.08.2004.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Síntese do relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1999a. 53p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Águas subterrâneas: uma riqueza de São Paulo**. São Paulo, 1999b. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br>>. Acesso em: 02.07.2004

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. São Paulo, 1994. Disponível em:<<http://www.daee.sp.gov.br>>. Acesso em: 10.07.2004.

DUTRA, L. E. D.; ANTUNES, A. M. S., **A água e a indústria química, uma questão de responsabilidade ambiental. O estado das águas no Brasil 2001-2002**, ANA - Agência Nacional de Águas, 1º ed., 77-01, 2003.

ESTEVES, F. A., **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência, Finep. 1988. 573p.

_____. **Fundamentos jurídicos do anteprojeto de lei da cobrança pela utilização das águas do domínio do Estado de São Paulo**. In: THAME, A., C. M. (org.) **A Cobrança pelo Uso da Água**, São Paulo, IQUAL, 2000. 256p.

EPA - United States Environmental Protection Agency, Discharges of Vehicle Wash Water. Disponível em: <http://www.dcs1.com>. Acesso em: 15.11.2005

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. **Manual de conservação e reúso de água para a indústria**. São Paulo: 2004.

FERNANDEZ, J. C. & GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002.

GARRIDO, R. J. S., **Alguns pontos de referência para o estágio atual da política nacional de recursos hídricos. O estado das águas no Brasil 2001-2002**, ANA - Agência Nacional de Águas, 1º ed., 3-5, 2003.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico - uma visão realista**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação**: São Paulo, Escrituras, 1999. 249-303 p.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 25.11.2005

KELMAN, J. 2000, **Outorga e cobrança de recursos hídricos**. In: Thame, A. C. de M. (org.), **A cobrança pelo uso da água**, Cap. 5.2, São Paulo, IQUAL - Instituto de Qualificação e Editoração Ltda.

KELMAN, J. 1997a. **Gerenciamento de recursos hídricos: Parte I - Outorga**. In: SIMPÓSIO BARSILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. Anais. ABRH. v. 1, p. 123-128.

KELMAN, J. 1997b **Gerenciamento de recursos hídricos: Parte II - Cobrança**. In: SIMPÓSIO BARSILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. Anais. ABRH. v. 1, p. 129-139.

LANNA, A. E. L. **Introdução à gestão ambiental e à análise econômica do ambiente**. (Pós Graduação em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Área de Ciências Ambientais. 1996

LAVRADOR FILHO, J. 1987 **Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado de Água e Algumas Considerações Sobre Suas Possibilidades no Brasil**. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo.

MAKIBARA, H. **O Plano integrado de aproveitamento e controle dos recursos hídricos das bacias do alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista** (Hidroplan, Revista Águas e Energia Elétrica - DAEE, outubro de 1998, p. 58-67.

MANCUSO, P. C. S., **O reúso de água e sua possibilidade na região metropolitana de São Paulo**, Tese apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1992. 132 p.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. 576 p.

MARTINEZ Jr., F. e BRAGA Jr. B. P. F. 1995. **O princípio usuário-pagador e o desenvolvimento sustentável**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 1995, Recife. Anais. ABRH. v.3, p. 85-90.

MATTIO, J. A., **Reúso de água industrial**, Revista Meio Ambiente Industrial, ano IV, edição 20, nº 19, p. 130-134, julho/agosto de 1999.

MAY, S. **Estudo de viabilidade ao aproveitamento de água de chuva para o consumo não potável em edificações**. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MAYS, L. W., **Water Resources: an Introduction**. In: Water Resources Handbobook, McGraw-Hill, 693, 1996.

METCALF & EDDY (2003). **Wasterwater engineering: treatment and reuse**. 4. Ed. Boston: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria - Estudo de caso Kodak Brasileira**. 2002. 2v. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

MORAES, A. J. **Manual para a avaliação da qualidade da água**. São Carlos: RiMa, 2001. 44p.

MUSTAFA, G.S. **Reutilização de efluentes líquidos em indústria petroquímica**. 1998. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 1998.

OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 342p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, L. **Sistemas de coleta e tratamento de efluentes na indústria automobilística visando reúso industrial**. 2001. 118p. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo. 2001.

PEREIRA, J. S. **A cobrança pelo uso da água como instrumento de gestão dos recursos hídricos: da experiência francesa à prática brasileira**. 2002. 205 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre

PIVELLI, R. P., **Qualidade das águas**. Apostila curso de pós-graduação em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 98 p.

POMPEU, Cid. Tomanik. **Aspectos legais e institucionais da gestão das águas**, I ENCONTRO ESTADUAL SOBRE ASPECTOS LEGAIS DA GESTÃO DAS ÁGUAS. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos - SRH/BA, 2002.

POMPEU, C. T., 2000, **Fundamentos jurídicos do anteprojeto de lei da cobrança pelo uso das águas do domínio do Estado de São Paulo**. In: Thame, A. C. de M. (org.), *A Cobrança pelo uso da água*, Cap. 4.2, São Paulo, IQUAL - Instituto de Qualificação e Editoração Ltda.

PORTARIA N.º 518 - **Controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**, Ministério da Saúde, 25.03.2004.

PORTARIA N.º 1469/GM - **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências**, Ministério da Saúde, de 29/12/2000.

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap. 1, p.25-57.

PORTO, M. Banco Mundial. Recursos hídricos e saneamento na região metropolitana de São Paulo: **um desafio do tamanho da cidade**. Brasília, 2003. 84 p.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. Caracterização da qualidade de água. In: BRANCO, S. M. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / ABRH, 1991. cap. 2, p. 27-66.

PROGRAMA NACIONAL CONTRA O DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. São Paulo. Disponível em: <http://pncda.gov.br>. Acesso em: 28.06.2005

RAMIRO, N. F. A. **Água para o desenvolvimento sustentável**, A Água em Revista, Revista Técnica e Informativa da CPRM - Ano V - Edição de Novembro, Número 9, 1997. p.21-32.

REBELLO, G.A.O. **Conservação de água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. 2004. 96p. Dissertação de mestrado do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, São Paulo.

REBOUÇAS, A. C. 1999. **Águas doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação**. Capítulo 1. São Paulo, Escrituras Editora, 1999, pg. 1-59.

REBOUÇAS, A. C. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras, 2004.

REBOUÇAS, A. C. **Água doce no mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação**: São Paulo, Escrituras, 1999. 1-36 p.

REBOUÇAS, A. C.; **Águas subterrâneas**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas Doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação**: São Paulo, Escrituras, 1999. 117-146 p.

RESOLUÇÃO N.º 357 - **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências** - Conama, Ministério do Meio Ambiente, de 17.03.2005.

RODRIGUES, R.S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil – Proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. 192p. Dissertação de mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2005.

SALATI, E.; LEMOS, H.M.; SALATI, E. **Água e o desenvolvimento sustentável**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas Doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação**: São Paulo, Escrituras, 1999. 39-62 p.

SANTOS, M. O. R. M., **O impacto da cobrança pelo uso de água no comportamento do usuário**, Rio de Janeiro, 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2002.

SAUTCHÚK, C. A., **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações**, Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 332 p.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANAEE; ANA, 2001. 328p.

SPERLING, M. V. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, UFMG, v.2, 1996. 211p.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. 246p.

SOARES, J. B; MAIA, A. C. F. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: EUFC, 1999. 206p.

THAME, A., C. M. **Fundamentos e antecedentes**. In: THAME, A., C. M. (Org). **A cobrança pelo uso da água**, São Paulo: IQUAL, 2000. 256p.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências – Um estudo atualizado sobre o uso racional de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003, 248p.

TUNDISI, J. G. **O futuro dos recursos hídricos**. Campinas: Multiciência, 2003, 15p.

VON SPERLING, M. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. 246p.