

# MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

Sistema  
**FIRJAN**

**SESI-RJ**  
**SENAI-RJ**

FIRJAN  
CIRJ  
SESI  
SENAI  
IEL  
SISTEMA FIRJAN

**SEBRAE**  
**RJ**

# Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria

## **FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN**

**Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira**  
Presidente

**Isaac Plachta**  
Presidente do Conselho Empresarial de Meio Ambiente

**Augusto Cesar Franco Alencar**  
Diretor Operacional Corporativo

**Rotterdam Pinto Salomão**  
Superintendente do SESI-RJ e Diretor Regional do SENAI-RJ

**Marilene Carvalho**  
Diretora de Inovação e Meio Ambiente

**Luís Augusto Azevedo**  
Gerente de Tecnologia e Meio Ambiente

**Christine Lombardo Costa Pereira**  
Especialista em Meio Ambiente

## **SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO SEBRAE/RJ**

**Orlando Santos Diniz**  
Presidente do Conselho Deliberativo Estadual

**Sergio Malta**  
Diretor Superintendente

**Evandro Peçanha Alves**  
**Bento Mario Lages Gonçalves**  
Diretores

**Andréia Crocamo**  
Gerente da Área de Políticas Públicas

**Dolores Lustosa**  
Coordenadora do Núcleo SEBRAE/RJ de Ecnegócios e de Meio Ambiente

## **AUTORES**

**Ivanildo Hespanhol** (Coordenador)  
**José Carlos Mierzwa**  
**Luana Di Beo Rodrigues**  
**Maurício Costa Cabral da Silva**  
Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA/IRCWR

Divisão de Documentação e Normas - Biblioteca  
Sistema FIRJAN.  
Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria.  
Rio de Janeiro: DIM, 2006.  
1ª Edição  
ISBN  
1. Reúso de água 2.Conservação de água I. Título  
Março de 2007  
363.728

# Sumário

<b>1</b>	INTRODUÇÃO .....	4
<b>2</b>	ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS .....	6
<b>3</b>	PLANO DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA (PCRA).....	8
	<b>3.1</b> Levantamento de dados .....	8
	<b>3.1.1</b> Análise documental .....	8
	<b>3.1.2</b> Levantamento de dados em campo .....	10
	<b>3.1.3</b> Compilação e apresentação de dados .....	10
	<b>3.2</b> Identificação de opções de otimização do uso e reúso da água	13
	<b>3.2.1</b> Otimização do uso da água .....	13
	<b>3.2.2</b> Reúso da água .....	15
	<b>3.2.3</b> Aproveitamento de águas pluviais .....	19
	<b>3.2.4</b> Recarga de aquíferos .....	19
	<b>3.3</b> Ponto de mínimo consumo de água (Water Pinch).....	20
	<b>3.4</b> Aspectos Econômicos .....	21
<b>4</b>	PCRA - EXEMPLOS PRÁTICOS .....	26
	<b>4.1</b> Indústria Metalúrgica .....	22
	<b>4.2</b> Indústria automotiva e de equipamentos .....	24
<b>5</b>	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	26
<b>6</b>	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

# 1

## INTRODUÇÃO

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

Para se adaptar a este novo cenário, a indústria vem aprimorando seus processos e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental para atender às especificações do mercado interno e externo. Em linha com esta tendência, já encontramos bons exemplos de implantação de sistemas e procedimentos de gestão da demanda de água e de minimização da geração de efluentes.

Dependendo da disponibilidade hídrica, além de iniciativas para a redução do consumo de água, a produção industrial fica condicionada à análise das seguintes opções, que não são necessariamente excludentes:

I - Manter a situação tradicional, utilizando água de sistemas públicos de distribuição e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

II - Adquirir água de reúso ou água de utilidade, produzida por companhias de saneamento, através de tratamento complementar de seus efluentes secundários; ou,  
III - Reusar, na medida do possível, os seus próprios efluentes, após tratamento adequado.

Esta última opção costuma ser mais atrativa, com custos de implantação e de operação inferiores aos associados à captação e ao tratamento de águas de mananciais ou à compra de água oferecida por empresas de saneamento, tanto de sistemas potáveis como de sistemas de água de reúso.

A prática de conservação e reúso de água, que vem se disseminando em todo o Brasil, consiste basicamente na gestão da demanda, ou seja, na utilização de fontes alternativas de água e na redução dos volumes de água captados por meio da otimização do uso.

A gestão da demanda se inicia por um processo integrado de identificação e medição contínua de demandas específicas de cada sub-setor industrial. Essa informação

gerenciada permite um efetivo controle da demanda individualizada e orienta a eliminação do desperdício operacional e a modernização dos processos.

Uma vez controlada a demanda, inicia-se a gestão da oferta, que consiste em substituir as fontes de abastecimento convencionais por opções mais favoráveis em termos de custos e de proteção ambiental.

As opções se concentram: no reúso da água que constitui os efluentes gerados na própria indústria; no aproveitamento de águas pluviais de telhados ou pátios internos; e, eventualmente, no reforço das águas subterrâneas por meio de recarga artificial dos aquíferos subjacentes à própria indústria com efluentes industriais controlados e adequadamente tratados.

A prática do reúso em sistemas industriais proporciona benefícios ambientais significativos, pois permite que um volume maior de água permaneça disponível para outros usos. Em certas condições, pode reduzir a poluição hídrica por meio da minimização da descarga de efluentes. Existem também benefícios econômicos, uma vez que a empresa não acrescenta a seus produtos os custos relativos à cobrança pelo uso da água.

Considerando a importância da conservação e do reúso da água na indústria, a FIRJAN e o SEBRAE-RJ desenvolveram este manual para proporcionar, de maneira prática

e direta, as orientações básicas para o desenvolvimento e a implantação de Planos de Conservação e Reúso de Água (PCRA).

Com as devidas adaptações, as etapas, apresentadas no Capítulo 3 e enumeradas abaixo, permitem a formulação de um PCRA em quaisquer tipos de indústrias:

- Levantamento e compilação de dados;
- Identificação de opções para gestão da demanda e otimização do uso da água;
- Determinação do potencial de reúso de água;
- Aproveitamento de águas pluviais.

O manual também tem como objetivos apresentar aspectos da metodologia do ponto de mínimo consumo de água ("water pinch") e a conceituação básica do processo de avaliação econômica da implementação de um PCRA.

# 2

## ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

O aumento da demanda de água e a poluição dos mananciais têm despertado a preocupação de vários setores da sociedade, que se mobiliza para tentar garantir uma relação mais harmônica entre as suas atividades e os recursos hídricos.

A Constituição de 1988 estabelece que a água é um bem da União ou dos estados, ressaltando que o seu aproveitamento econômico e social deve buscar a redução de desigualdades.

Com base na Constituição de 1988, foi elaborada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433 de 1997), que define a água como um bem de domínio público, dotado de valor econômico. A Política também estabelece diretrizes para o melhor aproveitamento.

Na Lei 9.433, o Capítulo IV trata dos instrumentos definidos para gestão dos recursos hídricos, como a outorga pelo direito de uso da água e a cobrança correspondente.

Um dos objetivos da cobrança pelo uso da água é incentivar a sua racionalização, que pode contemplar medidas de redução do consumo por meio de melhorias no processo e pela prática de reúso.

A primeira regulamentação que tratou de reúso de água no Brasil foi a norma técnica NBR-13.696, de setembro de 1997. Na norma, o reúso é abordado como uma opção à destinação de esgotos de origem essencialmente doméstica ou com características similares. Quatro classes de água de reúso e seus respectivos padrões de qualidade foram definidos na norma e são apresentados na tabela 2.1.

Com o crescente interesse pelo tema, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), publicou a Resolução 54, em 2005, que estabelece os critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Nessa resolução, são definidas as cinco modalidades de reúso de água:

- Reúso para fins urbanos;
- Reúso para fins agrícolas e florestais;
- Reúso para fins ambientais;
- Reúso para fins industriais;
- Reúso na aquicultura.

A Resolução será regulamentada e estabelecerá diretrizes de qualidade da água de reúso para cada uma das modalidades. Estes são exemplos da incorporação dos temas relacionados à conservação e reúso de água na legislação brasileira.

**Tabela 2.1 – Classes de água de reúso pela NBR-13.969 e padrões de qualidade**

Água de Reuso	Aplicações	Padrões de Qualidade
<b>Classe 1</b>	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
<b>Classe 2</b>	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L
<b>Classe 3</b>	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL
<b>Classe 3</b>	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 5000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

# 3

## PLANO DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA (PCRA)

Um Plano de Conservação e Reúso de Água (PCRA) é uma importante ferramenta na promoção do uso racional da água na indústria. Para implantá-lo eficientemente, é necessário considerar os aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos.

Deve ser empregada uma metodologia que permita, por análise de processos e atividades, avaliar as oportunidades para implantação de práticas que reduzam o consumo de água por meio da otimização do uso e do reúso; identificando as características quantitativas e qualitativas da água consumida e dos efluentes gerados em cada setor.

Na Figura 3.1, é apresentado um diagrama das principais etapas para o desenvolvimento de programas de conservação e reúso de água. A metodologia empregada contempla ações para uma caracterização das atividades e dos processos industriais, principalmente nos de significativo consumo de água e geração de efluentes.

### 3.1. Levantamento de dados

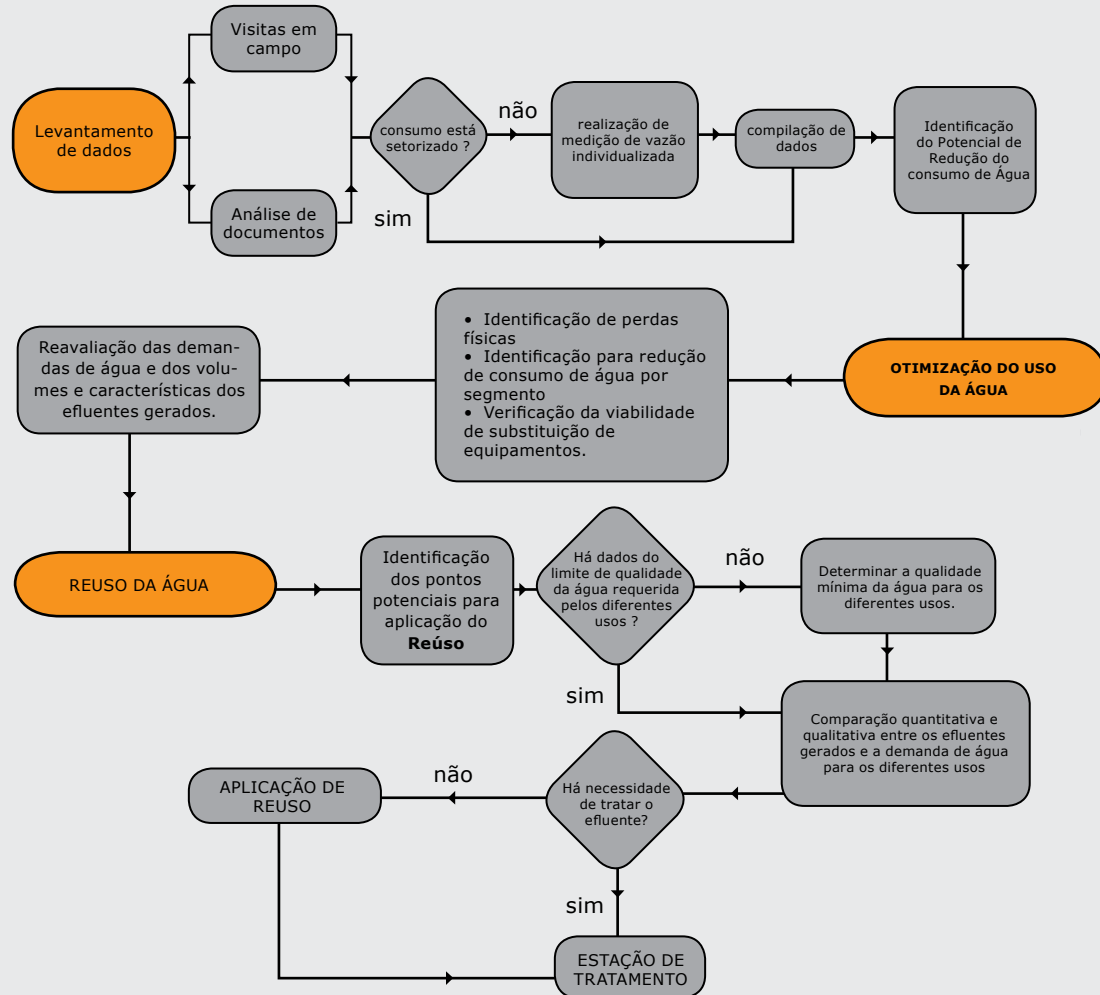
Este processo inicial (identificação, caracterização e quantificação) é composto das seguintes atividades: Análise documental; Levantamento de dados em campo; e Compilação e apresentação dos dados.

#### 3.1.1. Análise documental

É necessário iniciar com uma análise dos documentos disponíveis na indústria, que contenham: as características da produção industrial; os produtos gerados; as informações sobre consumo de água nos diversos setores; as plantas das edificações; os fluxogramas de processos; os laudos com as características dos diferentes efluentes gerados; a qualidade da água utilizada nos diferentes processos; os fluxogramas das estações de tratamento; as rotinas operacionais; e os planos e os programas futuros, referentes à expansão industrial com seus efeitos sobre a demanda de água e de geração de efluentes.



**Figura 3.1 – Diagrama para desenvolvimento do PCRA**



Após a coleta de dados, é necessária uma análise da qualidade e idoneidade dos documentos disponíveis por técnicos com conhecimento e experiência (Figura 3.1).

### 3.1.2. Levantamento de dados em campo

O levantamento de dados em campo tem o objetivo de coletar informações que não estão disponíveis nos documentos bem como de identificar oportunidades para otimizar o uso da água e analisar o potencial de reúso de efluentes gerados no próprio local de sua produção.

É necessário que as visitas técnicas nos setores sejam acompanhadas por seus responsáveis, para a obtenção de informações específicas, como o relato das condições críticas operacionais.

### 3.1.3. Compilação e apresentação dos dados

Os dados obtidos nas etapas anteriores devem ser organizados e tabulados para permitir uma avaliação sistêmica dos processos. Uma parte dos dados poderá ser utilizada para a construção de um diagrama de blocos, conforme ilustrado na Figura 3.2, representando um macro fluxo do processo industrial, associado aos usos de água e à geração de efluentes, desde a fonte de abastecimento até a estação de tratamento e disposição final.

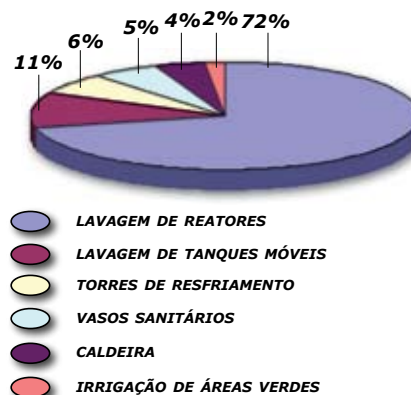
As categorias de uso da água devem ser definidas para atender às necessidades e às características de cada

indústria, conduzindo a uma avaliação precisa das diferentes demandas. Para exemplificar, na Tabela 3.1 e na Figura 3.3, são apresentados os resultados obtidos em um levantamento de demanda de água por categoria de uso.

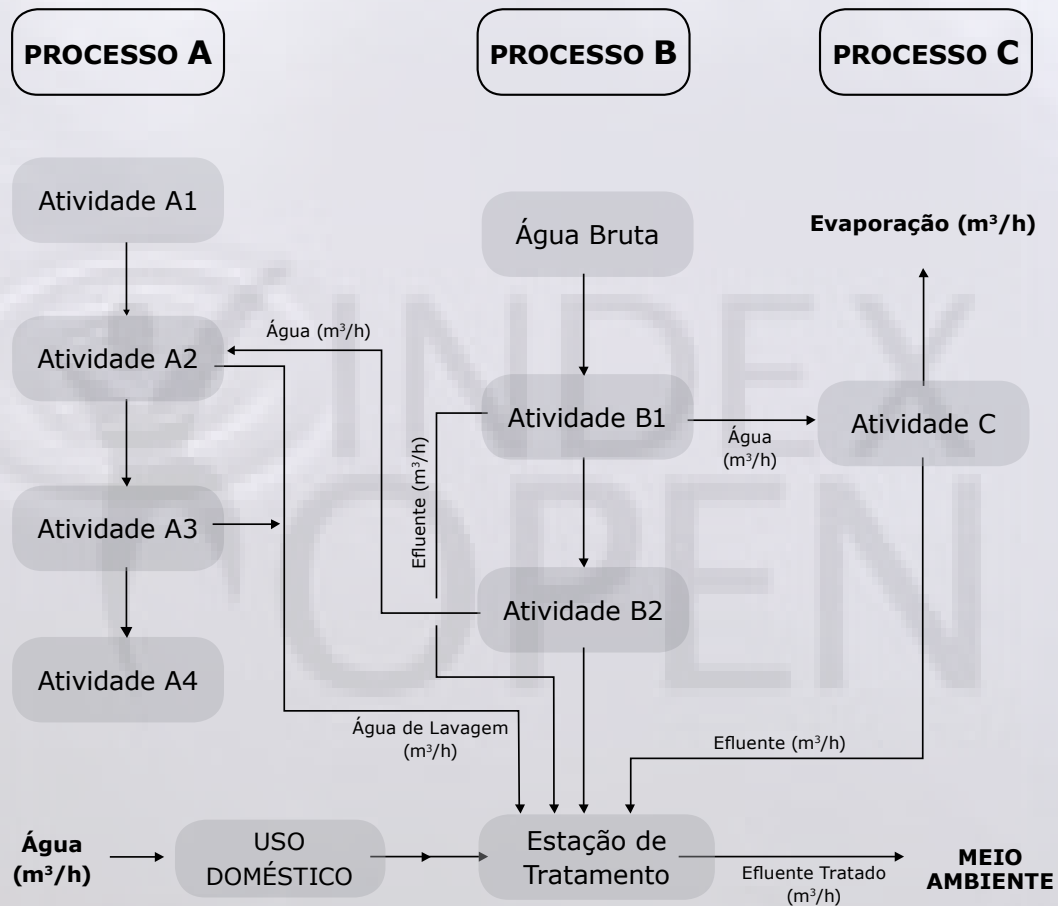
**Figura 3.1 – Exemplo de setorização do consumo de água em indústria alimentícia**

CATEGORIA DE USO	DEMANDA DE ÁGUA (M <sup>3</sup> /DIA)	PORCENTAGENS
Lavagem de reatores	76,12	71,40
Lavagem de tanques móveis	11,68	10,96
Torres de resfriamento	6,78	6,36
Vasos sanitários	5,76	5,40
Caldeira	4,35	4,08
Irrigação de áreas verdes	1,92	1,08

**Figura 3.3 – Consumo de água por categoria de uso**



**Figura 3.2 – Fluxos de água e efluentes em uma unidade industrial (Mierzwa e Hespanhol, 2005).**

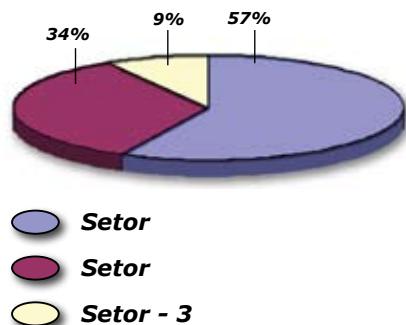


A fase seguinte, setorização do consumo, consiste na identificação e quantificação do consumo de água por categoria de uso em cada setor. A Tabela 3.2 e a Figura 3.4 ilustram os resultados obtidos em um procedimento de setorização de consumo em uma unidade industrial hipotética, que permite a identificação dos pontos críticos de consumo de água.

**Tabela 3.2 - Exemplo de distribuição de consumo de água nas categorias de uso por setor.**

CATEGORIA DE USO	SETOR	DEMANDA (VOLUME/TEMPO)
Lavagem de equipamentos	setor 1	demanda CLS - 1
	setor 2	demanda CLS - 2
	setor 3	demanda CLS - 3
resfriamento	setor 2	demanda CRS - 2
	setor 3	demanda CRS - 3
caldeira	setor 1	demanda CGS - 1

**Figura 3.4 - Exemplo de um gráfico de distribuição de consumo de água de lavagem por setor industrial**



Essa avaliação fornecerá subsídios para a identificação de ações que proporcionam a redução do consumo de água. A prioridade das ações e dos procedimentos depende de sua complexidade e de seus custos de implantação.

### 3.2. Identificação de opções de otimização do uso e reúso da água

A aplicação de uma sistemática de redução do consumo da água exige ações e medidas seqüenciais. Desta forma, com as ações de otimização consolidadas, é necessário identificar as opções para a implantação da prática do reúso de água e/ou do aproveitamento de águas pluviais.

#### 3.2.1. Otimização do uso da água

Com base nas informações levantadas, são analisados os seguintes processos desenvolvidos na indústria:

- Identificação de perdas físicas e desperdícios;
- Acompanhamento, em campo, dos processos que utilizam água;
- Comparação do consumo de água, por segmento industrial e a produtividade com outras indústrias;
- Avaliação da viabilidade da substituição de equipamentos existentes por modelos mais modernos e mais econômicos no consumo de água e de energia.

a) Identificação de perdas físicas e desperdícios

A partir dos dados de setorização do consumo, verifica-se, por exemplo, se um alto consumo de água está relacionado a vazamentos ou a desperdícios.

Para a identificação de perdas físicas, devem ser realizados testes no sistema hidráulico. Os desperdícios podem ser identificados acompanhando as atividades desenvolvidas pelos funcionários. Em geral, as perdas físicas e desperdícios ocorrem devido a:

- Vazamentos: perda de água devido a problemas em tubulações, conexões, reservatórios e outros equipamentos;
- Negligência dos usuários: por exemplo, torneira mal fechada após seu uso ou falta de rotina operacional.

A detecção de vazamentos pode ser feita por inspeções visuais ou pela utilização de equipamentos específicos, de preferência, não intrusivos, às vazões de entrada e saída dos componentes ou sistemas, por meio de um balanço hídrico.

Pressões elevadas em linhas de distribuição podem contribuir para as perdas de água com rupturas, vazamentos em juntas, ou fornecimento de água em quantidade superior à necessidade de um determinado ponto de consumo.

Em muitos casos, com pequenos investimentos para correção das perdas, são obtidas significativas reduções do consumo de água e da geração de efluentes. Os desperdícios devem ser corrigidos com programas de treinamento e de conscientização.

b) Acompanhamento dos processos

Nesta etapa, são realizados acompanhamentos dos processos que utilizam água, com o objetivo de identificar possíveis alterações para reduzir o consumo.

Há um grande potencial de redução do consumo de água em operações de lavagem de peças e equipamentos,



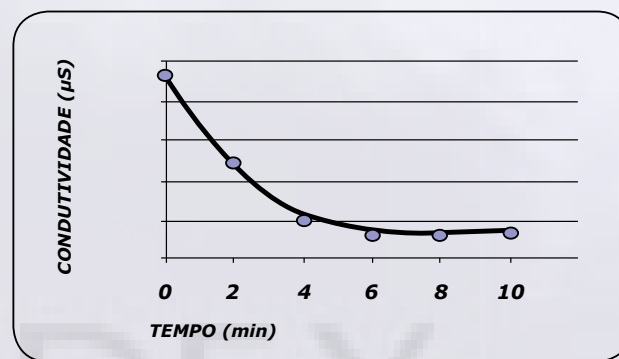
pois, em geral, elas são realizadas sem controle técnico adequado, com duração excessiva e consumindo grandes volumes de água.

Na lavagem de equipamentos de grande porte, este tipo de problema é facilmente detectado pelo acompanhamento da atividade, que consiste na coleta de amostras da água utilizada para lavagem e do efluente correspondente, em intervalos de tempo pré-determinados, em todo o processo. Este procedimento permite identificar o tempo necessário para a realização da operação de lavagem.

Na Figura 3.5, é apresentado um exemplo do controle da eficiência de operações de lavagem de componentes, considerando a monitoração da condutividade elétrica do efluente produzido. A partir do sexto minuto, a operação de lavagem já poderia ser interrompida, pois a condutividade elétrica no efluente do sistema foi estabilizada: seu valor numérico é equivalente ao da água de alimentação.

Assim, manter a operação de lavagem, a partir deste ponto, implica em um consumo desnecessário de água, pois a lavagem não está sendo mais necessária.

**Figura 3.5 - Curva referente ao decaimento da condutividade em função do tempo de lavagem**



c) Comparação do consumo de água por segmento

Uma outra forma de identificar consumos inadequados nas indústrias é fazer a comparação do consumo de água por unidade de produto produzido ou de equipamentos equivalentes, com o consumo de outras indústrias.

Infelizmente, indicadores de consumo adequados ainda não estão disponíveis no Brasil e indicadores internacionais raramente são aplicáveis às nossas condições de produção.

d) Avaliação da viabilidade da substituição de equipamentos

Uma vez que muitas indústrias nacionais vêm operando por muitos anos, os equipamentos e dispositivos utilizados nos processos produtivos e nas operações auxiliares costumam consumir quantidades relativamente elevadas de água. Como solução, pode-se buscar, no mercado, equipamentos ou dispositivos que apresentem um menor consumo. Neste caso, uma avaliação econômica pode demonstrar se a substituição do equipamento é viável.

### **3.2.2. Reúso de Água**

É importante enfatizar que as opções de reúso só devem ser consideradas após a implantação das opções de redução do consumo de água. Para a prática adequada do reúso, deve ser identificada a qualidade mínima da água necessária para um determinado processo ou operação industrial.

Muitas vezes, não existe informação sobre o nível mínimo de qualidade de água para uma atividade industrial, o que pode dificultar a identificação de oportunidades de reúso. É necessário, portanto, um estudo mais detalhado do processo industrial para a caracterização da qualidade de água. Simultaneamente, é preciso realizar um estudo de tratabilidade do efluente, para que seja estabelecido um sistema de tratamento que produza água com qualidade compatível com o processo industrial considerado.

Em alguns casos, a qualidade da água de reúso pode ser definida com base nos requisitos exigidos por processos industriais já bem difundidos (como as torres de resfriamento) em que a qualidade mínima necessária é conhecida, devido à sua ampla utilização em atividades industriais.



### **Utilização de efluentes como água de reúso**

Para a aplicação da prática do reúso de água em indústrias, existem duas alternativas a serem consideradas. Uma delas é o reúso macro externo, definido como o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias. A

segunda, que será detalhada neste manual, é o reúso macro interno, definido como o uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

A adoção do reúso macro interno pode ser de duas maneiras distintas: reúso em cascata e de efluentes tratados.

### **Reúso em cascata**

Neste processo, o efluente gerado em um determinado processo industrial é diretamente utilizado, sem tratamento, em um outro subsequente, pois o efluente gerado atende aos requisitos de qualidade da água exigidos pelo processo subsequente.

Na maioria dos casos, os efluentes gerados nos processos industriais são coletados em tubulações ou sistemas centralizados de drenagem, dificultando a implantação da prática de reúso em cascata. Por esta razão, para possibilitar o reúso, devem ser feitas as alterações para que o efluente não seja misturado com os demais.

Uma variação do reúso em cascata é o reúso parcial de efluentes, que consiste na utilização de uma parcela do efluente gerado. Este processo é indicado quando ocorre a variação da concentração dos contaminantes no efluente com o tempo. Esta situação é comum em operações de lavagem com alimentação de água e descarte do efluente de forma contínua.





A mistura do efluente com água de qualquer outro sistema de coleta convencional pode ser considerada como uma outra forma do reúso em cascata. Este caso ocorre quando o efluente gerado apresenta características de qualidade próximas das necessárias para uma determinada aplicação, não sendo, entretanto, suficiente para possibilitar o reúso, ou quando a vazão desse efluente não atende à demanda total.

A qualidade da água de reúso é um fator preocupante para quaisquer tipos de reúso em cascata, principalmente quando as características do efluente podem sofrer variações significativas. Nestes casos, recomenda-se a utilização de sistemas automatizados de controle da qualidade, com uma linha auxiliar de alimentação do sistema convencional de abastecimento da empresa.

### **Reúso de efluentes tratados**

Esta é a forma de reúso que tem sido mais utilizada na indústria. Consiste na utilização de efluentes gerados localmente, após tratamento adequado para a obtenção da qualidade necessária aos usos pré-estabelecidos.

Na avaliação do potencial de reúso de efluentes tratados, deve ser considerada a elevação da concentração de contaminantes que não são eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas.

Na maioria das indústrias, as técnicas utilizadas de tratamento de efluentes não permitem a remoção de compostos inorgânicos solúveis. Para avaliar o aumento da concentração desses compostos nos ciclos de reúso, adota-se uma variável conservativa, que seja representativa da maioria dos processos industriais. Geralmente, o parâmetro "Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)" é o mais



utilizado nos balanços de massa para determinar as porcentagens máximas de reúso possíveis.

Portanto, para determinar a quantidade de efluente que pode ser utilizada em um determinado processo industrial, é necessário elaborar um balanço de massa, para verificar a evolução da concentração de SDT. A Figura 4.6 mostra um esquema deste procedimento, desenvolvido em função da entrada de sais, que são ciclicamente adicionados ao processo. Pode-se observar um dos efluentes sendo introduzido no processo produtivo "B", misturando-se com a água de alimentação, para garantir a concentração de SDT permitida no processo.

Em alguns casos, para possibilitar o reúso de um determinado efluente, é necessário um **tratamento preliminar adicional**, para permitir que a concentração de um poluente específico seja compatível com o processo que o utiliza.

Este tratamento adicional, muitas vezes, possibilita a eliminação dos contaminantes de interesse. Com isso, pode-se obter um efluente tratado com características de qualidade equivalentes à água que alimenta toda a unidade industrial.

A avaliação do potencial de reúso deve ser efetuada posteriormente à fase de gestão da demanda e de reúso em

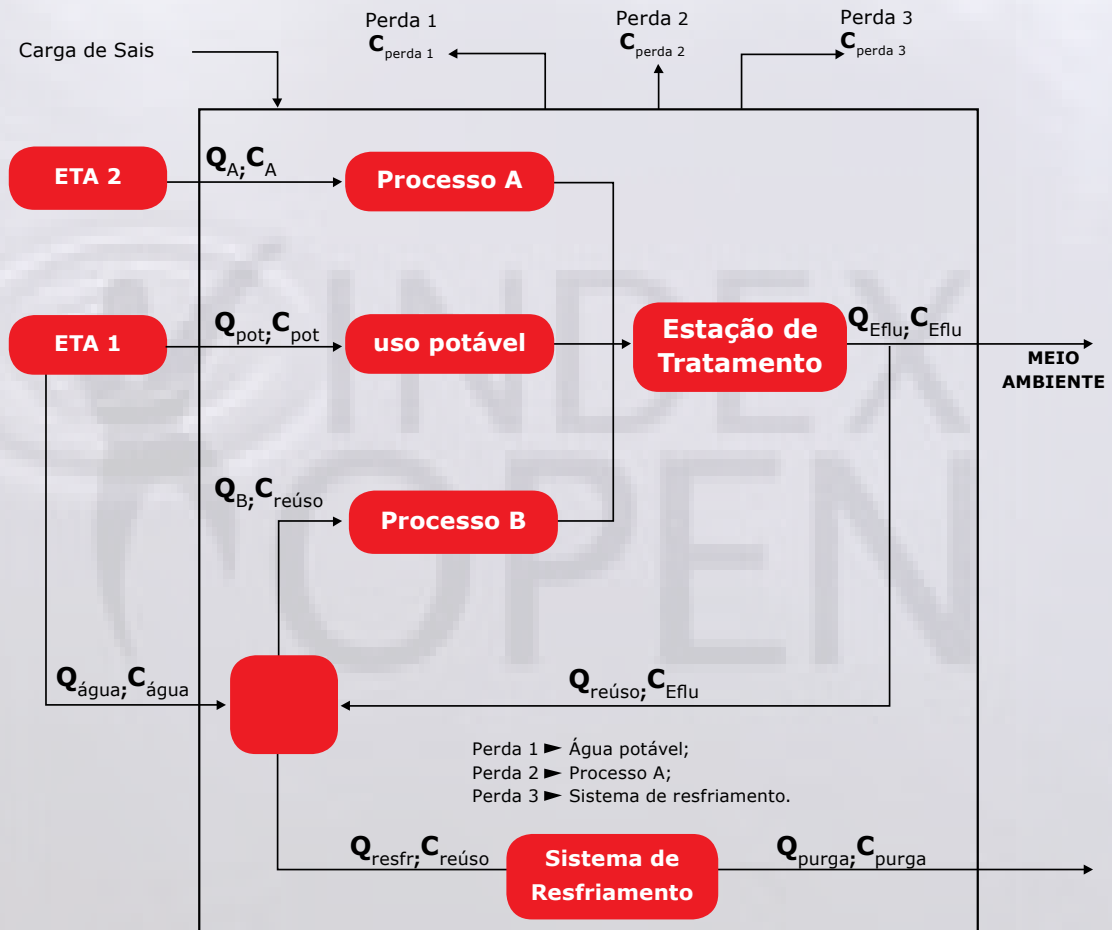
cascata, uma vez que estas ações irão afetar, de forma significativa, tanto a quantidade quanto a qualidade dos efluentes produzidos, podendo comprometer toda a estrutura de reúso que tenha sido implementada anteriormente ao programa de redução do consumo.

### 3.2.1 Aproveitamento de águas pluviais

As águas pluviais são fontes alternativas importantes, devido às grandes áreas de telhados e pátios disponíveis na maioria das indústrias. Além de apresentarem qualidade superior aos efluentes considerados para reúso, os sistemas utilizados para sua coleta e armazenamento não apresentam custos elevados e podem ser amortizados em períodos relativamente curtos. Esta fonte deve ser utilizada, na maioria das vezes, como complementar às fontes convencionais, principalmente durante o período de chuvas intensas. Os reservatórios de descarte e de armazenamento devem ser projetados para condições específicas de local e de demanda industrial.

O aproveitamento de águas pluviais demanda estudos específicos para cada situação particular. São necessários dados de área de cobertura ou de pátios, séries históricas de índices pluviométricos diários, características da demanda industrial e de área disponível para implantação de reservatórios e de eventuais sistemas de tratamento e de distribuição.

**Figura 3.6: Avaliação da concentração de sais em um sistema de reúso de água**



Um sistema de aproveitamento de águas pluviais, em geral, é composto por:

- Reservatório de acumulação;
- Reservatório de descarte (eliminação da água dos primeiros minutos de chuva, que efetua a “limpeza” da cobertura);
- Reservatório de distribuição (atendendo às características da NBR 5626 – Instalação predial de água fria);
- Unidades separadoras de sólidos grosseiros;
- Sistema de pressurização através de bombas para abastecimento dos pontos de consumo;
- Sistemas de tratamento ou apenas sistema de dosagem de produtos para desinfecção da água;
- Tubos e conexões (rede independente).

### 3.2.2 Recarga de aquíferos

A captação de águas subterrâneas por grandes indústrias, que disponham de grandes áreas, pode ser complementada com a recarga artificial dos aquíferos subjacentes à própria indústria. Esta recarga pode ser efetuada com os efluentes domésticos ou industriais, após tratamento adequado, através de bacias de infiltração. Como as camadas insaturadas, localizadas acima dos aquíferos possuem um potencial para remoção de poluentes e de organismos patogênicos, em alguns casos os custos dos



sistemas de tratamentos necessários para recarga podem ser inferiores aos do tratamento necessário para reúso direto.

Esta prática poderá ser avaliada e autorizada para grandes indústrias, a partir da realização de estudos e levantamentos hidrogeológicos adequados, das características da camada insaturada e dos parâmetros hidráulicos do próprio aquífero, tais como composição, porosidade, capacidade de infiltração e coeficientes de transmissividade, entre outros.

### **3.3. Ponto de mínimo consumo de água (“Water Pinch”)**

Os problemas atuais de escassez de recursos hídricos levaram ao desenvolvimento de novas tecnologias, que propiciam a otimização da utilização do reúso de água, particularmente no ambiente industrial.

Neste contexto, a metodologia de Ponto de mínimo consumo de água é uma ferramenta ideal para permitir que o reúso de água na indústria seja feito de maneira completa, evitando quaisquer desperdícios de efluentes.

Em sua concepção básica, considera-se que a água utilizada em um determinado processo industrial tem a função de assimilar contaminantes, o que resulta nas alterações de suas características de qualidade durante o uso.

O primeiro passo para se determinar o ponto de mínimo consumo de água é estabelecer as concentrações limites dos contaminantes envolvidos, na entrada e na saída dos processos. Com esses dados, realiza-se um balanço de massa para quantificar a carga de contaminantes transferida durante uma determinada operação.

Como ocorre uma tendência do aumento da concentração de contaminantes durante o uso, é necessário identificar a possibilidade de utilização do efluente de um pro-

cesso em outro que seja menos restritivo em termos de qualidade de água.

A ferramenta de ponto de mínimo consumo de água é de grande utilidade para novos projetos, pois permite definir a estrutura de distribuição de água, assim como a localização das unidades, para viabilizar o menor consumo de água e de geração de efluentes com o menor custo.

A avaliação das atividades em que a água é utilizada e onde ocorre a geração de efluentes é de grande importância, assim como a definição de parâmetros críticos de controle e dos respectivos limites de qualidade em cada processo.

### **3.4. Aspectos econômicos**

Atualmente, as imposições de mercado para o setor industrial tornam impraticáveis a tomada de qualquer decisão sem uma avaliação dos aspectos econômicos associados.

Para a escolha da alternativa que apresente a melhor viabilidade econômica, é necessário que sejam identificadas as tecnologias disponíveis para tratamento de efluentes e seus respectivos custos.

O estudo econômico para implantação de um projeto de otimização e reúso de água e de aproveitamento de

águas pluviais pode ser baseado no período de retorno do investimento ("pay back"), que permite avaliar o tempo necessário para a recuperação do capital investido.

A título de ilustração o tempo de retorno simples do investimento de um determinado projeto pode ser calculado da seguinte forma:

$$T = \frac{(V-O)}{E}$$

*T* = tempo de retorno (anos);

*O* = Custo operacional (anual);

*V* = Valor total de investimento (global);

*E* = economia apresentada mediante implantação do projeto (anual.)

Para avaliações mais completas e melhor elaboradas, podem ser utilizados outros modelos econômicos disponíveis, que levam em consideração os custos de capital, de operação e manutenção, da taxa e o período de retorno de investimento.

A definição da viabilidade econômica do programa de conservação e reúso de água é atribuição da área financeira. No entanto, além dos aspectos monetários, deve ser considerada a disponibilidade futura de água para a manutenção das atividades no local.

# 4

## PCRA - EXEMPLOS PRÁTICOS

Para possibilitar um melhor entendimento da dinâmica do desenvolvimento de programas de conservação e re-úso de água, são apresentados a seguir dois casos práticos em uma indústria metalúrgica e em uma indústria automotiva. Nos dois casos, os trabalhos desenvolvidos seguiram a metodologia apresentada na figura 3.7.

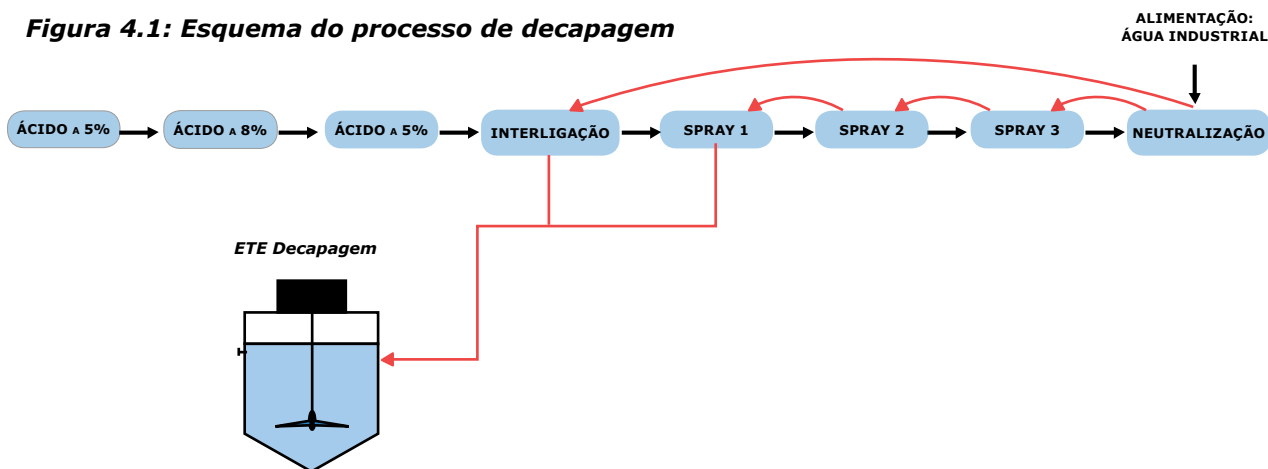
### 4.1 Indústria metalúrgica

Na indústria em questão, foram avaliados os potenciais de otimização do uso e re-úso da água, bem como o aproveitamento de águas pluviais. Na etapa preliminar dos trabalhos, foram identificados os pontos que apresentavam as maiores demandas de água e geração de efluentes, que podem ser observadas na tabela 4.1.

**Tabela 4.1 - Quantidade de água necessária e volume de efluentes gerados nos processos**

Processo	Entrada (m <sup>3</sup> /h)	Efluente (m <sup>3</sup> /dia)
Decapagem	5	5
Revestimento <sup>a</sup>	0,9	0,9
Laminadores <sup>b</sup>	0,5	1,0
Torres de Resfriamento	0,9	N/D
<b>Total</b>	<b>7,3</b>	<b>--</b>

Dentre os vários processos analisados, o mais significativo com relação ao volume de água consumido e de efluente gerados é o processo de decapagem, detalhado na figura 4.1. No processo de decapagem, onde a chapa metálica é imersa em uma solução ácida e submetida a lavagens subseqüentes, foi sugerida a implantação de um dispositivo capaz de minimizar o arraste de ácido, que ocorre durante a saída da chapa, entre o banho decapante e a seção de lavagem.

**Figura 4.1: Esquema do processo de decapagem**

Esta medida poderá possibilitar: a realização da operação de lavagem com um menor volume de água, pela redução da vazão da água; ou a geração de um efluente com menor carga de contaminantes.

No setor do revestimento, há possibilidade de alterar os sistemas de lavagem existentes pela implantação de aspersores que promovam a limpeza das chapas utilizando menor volume de água. Além disso, pode-se implementar lavagens em contra-corrente, por meio da introdução de tanque, antecedendo as lavagens existentes. Cabe ressaltar que, para esta opção, é necessária uma alteração da estrutura para a instalação de tanques adicionais.

Já no caso do reúso de água, foi sugerida a implantação de um sistema de Osmose Reversa para tratar o efluente da decapagem, juntamente com alguns efluentes da área

do setor de revestimento. Isso possibilitaria o reúso na própria decapagem ou em outro setor conveniente, uma vez que a utilização de um sistema de Osmose Reversa permite obter água com elevado grau de qualidade.

Como fonte alternativa ao suprimento de parte da demanda, foi apontada a possibilidade de aproveitamento de água pluvial, que deve ser submetida a um tratamento simples, composto por sedimentação, filtração e desinfecção, antes de ser utilizada nos diferentes processos. Uma estimativa de custo referente à implantação e operação dos dois sistemas propostos foi realizada. Após análise dos resultados das simulações com diferentes dimensões dos sistemas propostos, concluiu-se que os mais viáveis são os apresentados na tabela 4.2, referentes ao suprimento de 160 m<sup>3</sup>/dia de água.



**Tabela 4.2 - Estimativa de custos para suprimento de 80 m<sup>3</sup>/dia de água pluvial e 80 m<sup>3</sup>/dia de água de reúso**

Conjunto de Sistemas	Custo dos Sistemas (R\$)	Economia (R\$/ano)	Tempo de Amortização (anos)
Sistemas de Águas Pluviais* + Sistema de Osmose Reversa	182.679,00	119.237,00	1,55

\* Reservatório de 300 m<sup>3</sup>

## 4.2 Indústria automotiva e de equipamentos

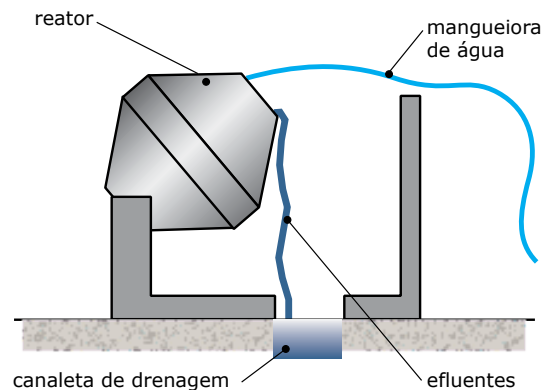
Para esta indústria, foi avaliado o potencial de reúso da água. Também foi realizado o dimensionamento de uma estação de tratamento de efluentes. Na etapa preliminar dos trabalhos, foram determinados os pontos de consumo de água e a geração de efluentes. Os resultados são apresentados na tabela 4.3.

**Tabela 4.3 - Quantidade de água necessária e volume de efluentes gerados nos processos**

Processo Industrial	Demanda de Água (m <sup>3</sup> /h)
Desbaste	8,3
Polimento	6,9
Tratamento de Superfície	1,5
<b>Total</b>	<b>16,7</b>

Observando a tabela 4.3, nota-se que o desbaste e o polimento são os processos que mais consomem água. Foram feitos acompanhamentos mais detalhados nestes setores onde a principal utilização da água é para remover os materiais desbastados ou polidos, em tambores basculantes (figura 8). Desta forma, as peças são lavadas com a introdução de água industrial nestes tambores e, quando a água começa a sair dos tambores, com baixa turbidez e cor; as peças são consideradas limpas.

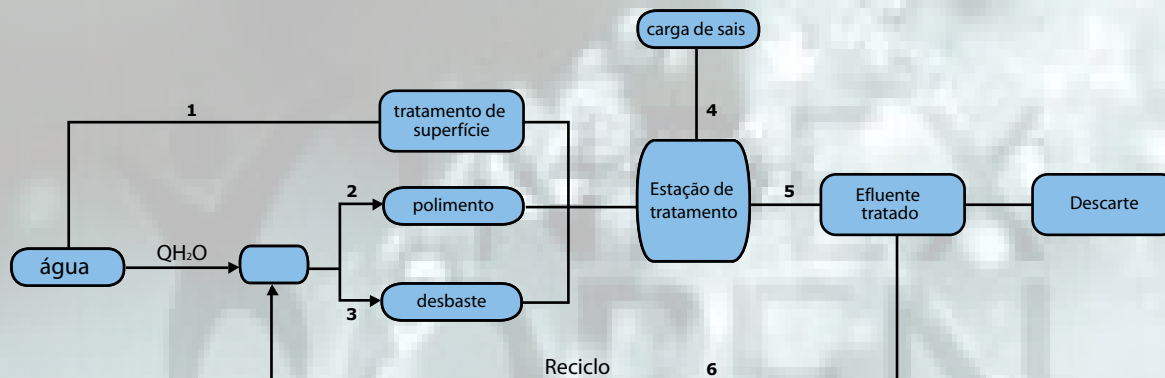
Figura 4.2: Sistema de lavagem das peças nos processos de desbaste e polimento



Com os dados de demanda de água e de concentrações de sólidos dissolvidos, contaminantes que limitam o po-

tencial de reúso de água nos diferentes processos produtivos, foi elaborado um fluxograma simplificado (figura 4.3), para o balanço de massa no sistema. A partir dele, foi possível determinar o potencial máximo de reúso de água aceitável para os processos envolvidos.

Figura 4.3: Esquema do balanço de massa para determinação do reúso de água (acima).



A análise dos resultados obtidos pela simulação, a partir da definição da máxima concentração de contaminantes na água de reúso, mostrou que a porcentagem de reúso mais adequada é de 60%. Assim, apenas uma parte da demanda total (40%) deve ser suprida pela fonte tradicional de abastecimento de água.

Para os processos de desbaste e polimento, foi sugerida uma otimização durante a lavagem das peças, com a instalação de condutivímetros na água de saída dos tambores, para automatizar o processo de limpeza.

# 5

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- 1.** A escassez de água é um tema cada vez mais real nos grandes centros urbanos e industrializados, uma condição que coloca em risco as metas de desenvolvimento regional e do país.
- 2.** Fazer o melhor uso dos recursos naturais disponíveis, principalmente da água, é condição essencial para se atingir os níveis de desenvolvimento almejados.
- 3.** No âmbito industrial e nos demais segmentos econômicos, os conceitos de conservação e reúso estão alinhados com o modelo de gestão ambiental vigente.
- 4.** A elaboração e implementação de PCRA's na indústria pode resultar em benefícios significativos em termos econômicos, ambientais e de imagem da empresa.
- 5.** Uma vez implantado o PCRA, deve ser estabelecido um comitê coordenador para acompanhar e fazer as adaptações necessárias.
- 6.** Relatórios de gestão deverão ser emitidos periodicamente, estabelecendo uma comparação com o estado geral (inclusive econômico) da indústria antes da implantação do plano e durante a sua evolução.
- 7.** O sucesso de programas de conservação e reúso de água depende da participação de equipes devidamente capacitadas. Para a obtenção dos melhores resultados, é recomendada a contratação de profissionais ou empresas habilitadas para desenvolvimento e implementação de PCRA's.

# 6

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_ Brasil (Legislação), Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

\_\_\_\_\_ CNRH, Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.

\_\_\_\_\_ Rio de Janeiro (Legislação), Lei nº 4.247, de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

\_\_\_\_\_ Rio de Janeiro, Projeto de Lei nº 1.350/2004. Torna obrigatória a utilização de sistema de reúso de água servida e o uso das águas pluviais para fins não potáveis nas edificações que especifica, situadas no Estado do Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_ CEIVAP, Deliberação nº 8, de 06 de dezembro de 2001. Dispõe sobre a implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002.

\_\_\_\_\_ CEIVAP, Deliberação nº 15, de 04 de novembro de 2002. Dispõe sobre medidas complementares para a implantação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002, em atendimento a Deliberação CEIVAP nº 08/2001.

\_\_\_\_\_ Comitês PCJ, Deliberação conjunta nº 025/05, de 21/10/2005; alterada pela Deliberação conjunta dos Comitês PCJ nº 027/05, de 30/11/2005,

ANA, FIESP, SindusCon-SP, COMASP, Conservação e reúso de água em edificações. São Paulo, 2005.

Hespanhol, I.; Gonçalves, O.M. (Coordenadores), Conservação e Reúso de Água – Manual de Orientações para o setor industrial – Volume 1. Organização FIESP/CIESP. São Paulo, 2004.

Mierzwa, J.C.; Hespanhol, I. Água na indústria – Uso racional e reúso. Oficina de Textos. São Paulo, 2005. 144 p. Tabela 6 - Estimativa de custos para suprimento de 80 m<sup>3</sup>/dia de água pluvial e 80 m<sup>3</sup>/dia de água de reúso

