

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

JOSÉ WAGNER FARIA PACHECO

**GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE CURTUMES DO ESTADO DE SÃO PAULO –
UM DIAGNÓSTICO SOB OS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

SÃO PAULO
MARÇO – 2010

JOSÉ WAGNER FARIA PACHECO

**GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE CURTUMES DO ESTADO DE SÃO PAULO –
UM DIAGNÓSTICO SOB OS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob orientação do Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles

SÃO PAULO
MARÇO – 2010

Pacheco, José Wagner Faria

P116g

Gestão de água na indústria de curtumes do Estado de São Paulo – um diagnóstico sob os princípios da produção mais limpa / José Wagner Faria Pacheco. - São Paulo: CEETEPS, 2010.

211 f.

Dissertação (Mestrado) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2010.

1. Gestão da água. 2. Produção mais limpa. 3. Indústria de curtume. I. Título.

JOSE WAGNER FARIA PACHECO

GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE CURTUMES DO
ESTADO DE SÃO PAULO - UM DIAGNÓSTICO SOB
OS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA



PROF. DR. DIRCEU D'ALKMIN TELLES



PROF. DR. PEDRO CAETANO SANCHES MANCUSO



PROF^ª DR^ª. SILVIA PIERRE IRAZUSTA

São Paulo, 09 de março de 2010

Dedicatória

Ao meu pai Álvaro (*in memoriam*) e à minha mãe Nair, que sempre procuraram passar-me a importância e o valor do estudo e do trabalho.

À minha esposa Marisa, pela sua companhia, ajuda, apoio e compreensão.

Aos meus filhos Guilherme e Daniel, pela privação da minha presença.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles, por sua orientação serena, objetiva, valiosa e pelos conhecimentos transmitidos.

Às Prof^{as}. Dr^{as}. Elisabeth, Sílvia, Maria Lúcia e Esméria, tanto pelos conhecimentos importantes que me passaram, como pela atenção, apoio e incentivo para continuar.

Aos colaboradores da secretaria de pós-graduação (Cleonice, Carlos, Sérgio, Wallace, Neide), sempre prontos a ajudar e a “lembrar” os trâmites necessários.

Aos colegas de curso, companheiros que dividiram sua vivência e seus conhecimentos comigo durante as aulas e trabalhos conjuntos, bem como pelo apoio e incentivo.

À CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, pela oportunidade a mim oferecida de cursar esta pós-graduação, bem como pelo tempo e pelos recursos necessários à sua consecução. Em especial, às seguintes pessoas desta instituição: Flávio Ribeiro, meu gerente, pelo apoio, orientação e incentivo; técnicos e gerentes das agências pelo interior de São Paulo, que colaboraram com informações importantes e nos contatos com as empresas, por ocasião da pesquisa de campo; secretárias Toshiko Ueda e Cíntia Souza, pela ajuda e providências, durante minhas ausências; Rosana Borges e Leonora de Castro, pela “força” e incentivo em horas difíceis; e João Wagner, pelo interesse e conseqüente estímulo.

À AMCOA, na pessoa do Sr. César Barros e ao SINDICOURO, representado pelo Sr. Alberto Skliutas, pela colaboração com informações sobre o setor de curtumes, na orientação para a escolha das empresas e nos contatos com elas.

Ao Sr. Walter Ferrari, pela sua ajuda valiosa, produto de sua grande vivência e pela gentileza e atenção a mim dispensadas nos afazeres desta pesquisa.

A todas as empresas que gentilmente me receberam e colaboraram com as respostas a esta pesquisa, parte central deste trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram para a sua realização.

A Deus, Quem permitiu que tudo isto acontecesse.

Epígrafe

*Águas que nascem na fonte serena do mundo [...]
E deságuam na corrente do ribeirão...
Águas que movem moinhos,
São as mesmas águas que encharcam o chão...
E sempre voltam humildes pro fundo da terra...
Terra, planeta Água...*

Adaptado de Guilherme Arantes

Resumo

PACHECO, J. W. F. **GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA DE CURTUMES DO ESTADO DE SÃO PAULO – UM DIAGNÓSTICO SOB OS PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA**. 2010. 211f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Mestrado Profissional, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2010.

A percepção geral, ainda comum, de que a água doce e renovável do planeta é um recurso infinito, é ilusória, pois sua distribuição é heterogênea no tempo e no espaço. Além disto, as águas superficiais e subterrâneas têm sofrido pressões da humanidade, seja pela sua demanda e uso crescentes, seja pelas substâncias das mais diversas naturezas que nelas são lançadas, provenientes das atividades humanas. Isto pode desequilibrar ecossistemas e inviabilizar mananciais. Assim, cada vez mais, torna-se imperativo o uso racional da água. A indústria utiliza água em suas operações e em alguns casos, de forma intensiva, como a indústria de curtumes. O conceito da Produção mais Limpa (P+L), por sua vez, estabelece exatamente a conservação e o reúso da água como princípios para a sua utilização pela indústria, bem como por outras atividades. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico da gestão de água nos curtumes com ribeira do Estado de São Paulo sob o enfoque da P+L, para servir como uma base de ações visando melhoria desta gestão. A metodologia envolveu: a determinação dos parâmetros ou aspectos da gestão de água sob o ponto de vista da P+L; a consideração de alguns fatores de indução e de dificuldade para esta gestão; a elaboração de formulário de pesquisa com estes parâmetros e fatores; a seleção de curtumes com operações de ribeira de três estratos – pequenos, médios e grandes; e a entrevista dos curtumes selecionados, utilizando-se o formulário de pesquisa, após uma visita às suas instalações. Os resultados foram compilados na forma de tabelas e gráficos e analisados. Eles mostraram que embora seja positiva a ocorrência de algumas boas práticas nestes curtumes, em geral, a gestão de água sob P+L é incipiente. As medidas de P+L relativas ao uso de água mostraram-se mais presentes do que os aspectos de gestão. Como fatores indutores da gestão de água, destacaram-se os custos do gerenciamento de efluentes, entre outros. Como dificuldades ou obstáculos, foram citados ausência de linhas adequadas de crédito para melhorias e barreiras pessoais (resistências, baixa conscientização etc.). Como partes das razões para a ausência de aspectos de gestão de água, foram apontadas baixa prioridade para esta gestão e custos baixos da água captada.

Palavras-chave: Gestão de Água. Produção mais Limpa (P+L). Indústria de Curtume. Couro. Uso Racional.

Abstract

PACHECO, J. W. F. **WATER MANAGEMENT IN THE TANNERIES OF SÃO PAULO STATE – A DIAGNOSIS UNDER THE CLEANER PRODUCTION PRINCIPLES**. 2010. 211s. Dissertation (Master's degree in Technology) – Program of Professional Master's degree, State Center of Technological Education Paula Souza, São Paulo, 2010.

The general perception still common of which renewable water in the planet is an endless resource is illusory once its distribution is heterogeneous through the time and space. Furthermore, surface and underground waters have suffered under mankind pressures by its increasing demand and use and by assimilation of all sorts of substances which are thrown off in its bodies by the human activities. This can make ecosystems unstable and water sources not viable. In this way, it becomes imperative the rational use of water. Industry uses water in its operations and sometimes in an intensive way, as the tanning industry does. The Cleaner Production (CP) concept, by its turn, establishes exactly the water conservation and reuse as guides for its use by industry and other activities. In this way, the aim of this work was to get a diagnosis of the water management in the tanneries with beam house operations of the São Paulo state under the focus of CP. This would be a basis for actions aiming improvements in water management. The methodology included: establishing the parameters or aspects of water management under the CP point of view; considering some factors as drivers and barriers for this practice; making a survey form with these parameters and factors – a diagnosis questionnaire; selecting tanneries with beam house steps from three categories – small, medium and large tanneries; and interviewing the selected tanneries using the referred survey form after visiting their production sites. The results were organized in tables and graphs for analysis. Results showed that although being positive the occurrence of some good practices in these tanneries, in general, the water management under CP is incipient. The CP actions related to the water use showed themselves more present than the water management aspects. As drivers of the water management the tanneries pointed wastewater management costs among others. As barriers, tanneries pointed the absence of suitable credit or financing lines for improvements and personal barriers (resistances, low awareness etc.). As parts of the reasons for the absence of water management aspects, low priority for this management and low costs of the withdrawn water were pointed.

Key-words: Water Management. Cleaner Production (CP). Tannery. Tanning Industry. Leather. Rational Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O ciclo hidrológico	22
Figura 2 – Distribuição das águas na Terra em um dado instante	24
Figura 3 – Escala de correlação: tendência do surgimento de estresse ambiental e geração de conflitos em função da disponibilidade hídrica e do aumento da população.....	34
Figura 4 – Retiradas e consumos entre os principais usos consuntivos das águas brasileiras.....	41
Figura 5 – Divisão hidrográfica do Estado de São Paulo e sua classificação regional	45
Figura 6 – Evolução da distribuição do IQA, 2003-2008	50
Figura 7 – Distribuição dos efeitos tóxicos nos pontos amostrados das águas superficiais em São Paulo, 2008	52
Figura 8 – Evolução da distribuição do IAP, 2003-2008.....	53
Figura 9 – Exportação global de couros e peles dos principais Estados – 2008 (em US\$).....	110
Figura 10 – Fabricação de couros – etapas de ribeira, curtimento e acabamento molhado	112
Figura 11 – Fabricação de couros – etapas de pré-acabamento e acabamento final	112
Figura 12 – Captação / consumo de água dos curtumes pesquisados de características básicas de processo semelhantes	138
Figura 13 – Situação dos aspectos de gestão de água no conjunto de curtumes pesquisados	144
Figura 14 – Situação dos aspectos de gestão para cada estrato pesquisado	145
Figura 15 – Evolução da ocorrência dos aspectos de gestão de água pelos estratos pesquisados	146
Figura 16 – Situação das medidas P+L relacionadas à gestão de água no conjunto de curtumes pesquisados.....	148
Figura 17 – Situação das medidas P+L relacionadas à gestão de água para cada estrato pesquisado	149
Figura 18 – Evolução da ocorrência de medidas P+L relacionadas com o uso de água pelos estratos pesquisados	150

Figura 19 – Notas auto-atribuídas pelos curtumes à sua gestão de água	156
Figura 20 – Notas médias auto-atribuídas pelos curtumes à sua gestão de água ..	157
Figura 21 – Esquema de possíveis sistemas convencionais de tratamento de água para a indústria (APÊNDICE C)	205
Figura 22 – Esquema de um sistema de separação / filtração por membranas (APÊNDICE C)	206

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Usos principais das águas, seus requisitos gerais de qualidade e seus efeitos gerais nos corpos d'água.....	31
Quadro 2 – Contaminantes naturais da água.....	36
Quadro 3 – Identificação das bacias hidrográficas paulistas e sua distribuição de acordo com sua classificação regional.....	46
Quadro 4 – Associação entre usos industriais da água e os respectivos requisitos gerais de qualidade.....	77
Quadro 5 – Classes gerais de contaminantes nos efluentes líquidos.....	82
Quadro 6 – Tipos de curtumes.....	114
Quadro 7 – Medidas de P+L de caráter geral, ligadas à gestão de água nos curtumes.....	124
Quadro 8 – Principais medidas de P+L no uso de água em curtumes, por macro-etapa do processo.....	125
Quadro 9 – Aspectos e respectivos parâmetros de gestão de água a serem investigados nos curtumes, sob o foco da P+L.....	130
Quadro 10 – Aspectos ou indicadores de potencial influência ou justificativa para as práticas de gestão de água da empresa.....	131
Quadro 11 – Curtumes entrevistados – perfil geral com alguns dados operacionais de interesse.....	136
Quadro 12 – Situação de aspectos da rotina de gestão de água.....	141
Quadro 13 – Situação de ações ou medidas de P+L relacionadas ao uso / gestão de água em curtumes – conservação e reúso / reciclagem de água.....	142
Quadro 13 – Situação de ações ou medidas de P+L relacionadas ao uso / gestão de água em curtumes (continuação).....	143
Quadro 14 – Situação de conhecimento sobre aspectos relativos à gestão e uso de recursos hídricos na comunidade.....	152
Quadro 15 – Aspectos relativos ao conhecimento de P+L.....	159
Quadro 16 – classificação geral das águas subterrâneas brasileiras, de acordo com a resolução CONAMA 396/08 (APÊNDICE B).....	202
Quadro 17 – Processos de separação por membranas – aplicações principais e algumas particularidades (APÊNDICE C).....	207

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas e volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra.....	23
Tabela 2 – Suprimento renovável de água do planeta: distribuição por região	25
Tabela 3 – Distribuição média aproximada da água doce disponível e da população pelos continentes e relação água / população	27
Tabela 4 – Classificação de disponibilidade hídrica adotada pela ONU – 1997.....	27
Tabela 5 – Contribuição dos fluxos subterrâneos à descarga dos rios (km ³ /ano).....	29
Tabela 6 – Água renovável disponível e suas captações, por região do planeta e por setor principal de atividade consuntiva (valores absolutos e relativos percentuais) – 2000 (quilômetros cúbicos por ano - km ³ /ano, salvo outra unidade indicada).....	32
Tabela 7 – Evolução do uso de água no mundo	33
Tabela 8 – Relação entre ICRH e DEA com o potencial de conflitos pelo uso da água	34
Tabela 9 – Disponibilidade hídrica, vazões médias e de estiagem por região hidrográfica brasileira	38
Tabela 10 – Distribuição dos recursos hídricos, da área superficial e da população do Brasil (em % do total do país)	39
Tabela 11 - Valores das demandas consuntivas no Brasil segundo os diferentes tipos de uso (m ³ /s), por região hidrográfica – ano de referência 2006.	41
Tabela 12 – Disponibilidades hídricas superficiais e demandas de água por uso consuntivo principal e por bacia hidrográfica, no Estado de São Paulo.	47
Tabela 13 – Redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo – 2008.....	49
Tabela 14 – Classificação geral das águas (superficiais) brasileiras, de acordo com a resolução CONAMA 357/05	63
Tabela 15 – Consumo de água em algumas indústrias no mundo.....	75
Tabela 16 – Categorias de água de acordo com sua composição ou qualidade	77
Tabela 17 – Dados de pesquisa sobre gestão ambiental em grandes empresas – gestão de água.....	100
Tabela 18 – Distribuição do consumo de água em curtume completo	116
Tabela 19 – Alguns valores de consumo de água para vários tipos de curtume	116

Tabela 20 – Geração de efluentes líquidos – distribuição pelas principais etapas geradoras do processo (m ³ efluentes / t couro processado)	117
Tabela 21 - Dados típicos de parâmetros medidos em efluentes brutos de curtumes com processos convencionais completos – distribuição por etapas básicas ou macro-etapas do processo (matéria-prima: peles bovinas salgadas; dados em kg / t pele)	119
Tabela 22 - Caracterização de efluentes líquidos brutos, homogêneos, após peneiramento, de uma indústria que executa curtimento ao cromo, não recicla banhos residuais e tem etapa de oxidação de sulfeto.....	119
Tabela 23 – Perfil dos curtumes amostrados	133
Tabela 24 – Requisitos de qualidade para água de uso industrial. Parâmetros em mg/l, exceto quando especificada a unidade (APÊNDICE C)	204
Tabela 25 – Processos de separação por membranas – características básicas (APÊNDICE C)	206
Tabela 26 – Disponibilidade hídrica no Brasil por região e por estado e nível de utilização (ANEXO A)	209
Tabela 27 – Classes de índice de estado trófico (IET) e suas características (ANEXO A).....	210
Tabela 28 – Condição de estado trófico em águas brasileiras (IET) (ANEXO A)....	210

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABQTIC	Associação Brasileira de Químicos e Técnicos da Indústria do Couro
AMCOA	Associação dos Manufatores de Couros e Afins do Distrito Industrial de Franca
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CIC	Câmara de Indústria, Comércio e Serviços
CICB	Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil
CIRRA-USP	Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – Universidade de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos (São Paulo)
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DAE-SCS	Departamento de Água e Esgoto – São Caetano do Sul
DEA	Disponibilidade Específica de Água
DESA-PD	<i>Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat</i>
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FONASC.CBH	Fórum Nacional da Sociedade Civil nos Comitês de Bacias Hidrográficas
GEMI	<i>Global Environmental Management Initiative</i>
ICRH	Índice de Comprometimento dos Recursos Hídricos
INESCOP	<i>Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas</i>
IPPC	<i>Integrated Pollution Prevention and Control</i>
IUCN	<i>International Union for Conservation of Nature</i>
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MENA	<i>Middle East and North Africa</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
ONUUDI	Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial
PCRA	Programa de Conservação e Reúso de Água
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SINDICOURO	Sindicato da Indústria do Curtimento de Couros e Peles no Estado de São Paulo
SMA	Secretaria do Meio Ambiente (São Paulo)
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNEP IE/PAC	<i>United Nations Environment Programme – Industry and Environment / Programme Activity Centre</i>
UNEP-IETC	<i>United Nations Environment Program – International Environmental Technology Centre</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	19
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1 ÁGUA – UM PANORAMA GERAL.....	21
2.1.1 ÁGUA NO PLANETA	21
2.1.2 ÁGUA NO BRASIL.....	37
2.1.3 ÁGUA EM SÃO PAULO	44
2.2 A GESTÃO DA ÁGUA.....	55
2.2.1 O REÚSO DE ÁGUA.....	59
2.2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS	62
2.3 USO E GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	71
2.3.1 A ÁGUA INDUSTRIAL	72
2.3.2 Os EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	81
2.3.2.1 TRATAMENTO DOS EFLUENTES INDUSTRIAIS.....	82
2.3.3 O CUSTO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	87
2.3.4 O REÚSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA	89
2.3.5 A GESTÃO – ROTINA E MELHORIA	93
2.4 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) E A GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA.....	103
2.5 A INDÚSTRIA DE CURTUMES E A ÁGUA.....	109
2.5.1 O PROCESSO PRODUTIVO.....	110
2.5.2 O USO DA ÁGUA E OS EFLUENTES LÍQUIDOS	115
2.5.3 A P+L EM ÁGUA E EFLUENTES	122
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	129
3.1 ESPECIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS DO LEVANTAMENTO E SELEÇÃO DA TÉCNICA DE PESQUISA	129
3.2 AMOSTRAGEM.....	132
3.3 COLETA E COMPILAÇÃO DOS DADOS.....	133
3.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	134
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
4.1 PERFIL OPERACIONAL DOS CURTUMES PESQUISADOS.....	135
4.2 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUA SOB P+L	139
4.2.1 GESTÃO INTERNA DA DEMANDA SOB P+L	140
4.2.2 ASPECTOS RELACIONADOS À GESTÃO INTEGRADA.....	151
4.2.3 AUTO-AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE ÁGUA.....	153
4.2.4 CONHECIMENTO SOBRE P+L.....	159
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES	160
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA OUTROS TRABALHOS.....	163
5.2 CONTRIBUIÇÕES ESPECÍFICAS POTENCIAIS DESTE TRABALHO	164
CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166

APÊNDICE A – Levantamento – Formulário de Pesquisa.....	180
APÊNDICE B – Classificação das Águas Subterrâneas – CONAMA 396/08.....	201
APÊNDICE C – Alguns Aspectos do Uso de Água na Indústria.....	203
ANEXO A – Alguns Dados Sobre a Água no Brasil.....	208

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Água, essencial à vida, é um recurso renovável, mas não ilimitado. Isto vem sendo alertado e tem se tornado mais claro para a sociedade, ao longo dos últimos anos, à medida que a pressão sobre os recursos hídricos cresce de forma significativa, em várias regiões do planeta.

As demandas por água aumentam, principalmente, em função de aumento populacional e de expansão de atividades produtivas, agrícolas e industriais, que a utilizam como insumo importante. Assim, em certas regiões, tem-se “demandas crescentes concorrentes” (abastecimento público X atividades produtivas), o que pode gerar conflitos pelo uso da água nestas áreas. Por outro lado, verificam-se “ofertas decrescentes” – em quantidade e/ou qualidade: por exemplo, regiões com escassez de água, devida a rebaixamento de águas subterrâneas por super-exploração e/ou a mudanças no regime hidrológico, com diminuição de pluviosidade e de recarga de aquíferos; mananciais degradados pela ação antrópica, seja por esgotamento doméstico ou por poluição proveniente de atividades agrícolas ou industriais. Neste contexto e até em consonância com a lei de mercado da oferta e da procura, torna-se gradativamente mais difícil e oneroso, obter água para seus diversos usos.

Desta forma, a prática do uso racional de água por toda a sociedade torna-se cada vez mais importante e urgente. Ao longo das últimas três décadas, esta percepção vem crescendo de forma gradual e vários atores da sociedade iniciaram planos e ações voltadas à gestão de recursos hídricos. O governo, em suas três esferas, já tem políticas e institutos legais voltados ao gerenciamento destes recursos, visando disciplinar o seu uso e garantir a proteção e a disponibilidade da água para os seus mais variados usos (BRASIL, 1997).

A indústria é um dos usuários de água para várias finalidades, na realização de suas atividades. Alguns setores industriais fazem uso intensivo de água em suas operações e as práticas de gestão deste recurso variam bastante de um setor para o outro, em função de aspectos como importância relativa da água para as operações industriais, disponibilidade local deste recurso, grau de desenvolvimento tecnológico do setor produtivo, práticas de gestão típicas deste setor, custos, grau de conscientização ambiental relativa ao uso da água para as atividades produtivas e

para a comunidade, entre outros. Portanto, há diversos graus de gestão de água na indústria. O tema deste trabalho diz respeito a esta gestão.

Dentre as atividades industriais que fazem uso intensivo de água, está o setor produtivo de couros – os curtumes. Por exemplo, para produzir 1 kg de couro bovino acabado, a partir de 4 kg de pele bovina salgada (conservada), são necessários cerca de 120 kg (ou litros) de água. O Brasil, detentor do maior rebanho bovino do mundo, naturalmente é um dos maiores produtores mundiais de couros. No país, o Estado de São Paulo lidera a exportação de couros, seguido de perto pelo Rio Grande do Sul (FARENZENA, 2005, p. 281; CICB, [2009?]).

Nos curtumes, em várias etapas do processo produtivo, faz-se necessário o tratamento das peles animais em banhos aquosos, bem como lavagens intermediárias destas peles, entre estes banhos. O processo industrial completo, desde as peles “in natura” ou conservadas até o couro final, pronto para suas aplicações (confecção de artefatos de couro), divide-se em quatro macro-etapas básicas: ribeira, curtimento, acabamento molhado e acabamento final. A macro-etapa de maior consumo d’água é a da ribeira, responsável pela maior parte da limpeza das peles, visando remover delas o que não é de interesse para o produto final – de 60 a 70% do consumo d’água total, considerando-se o processamento completo, ocorre nesta macro-etapa (PACHECO, 2005, p. 25).

Os curtumes dividem-se em tipos de acordo com a(s) macro-etapa(s) do processo completo que realizam. Assim, há os curtumes integrais ou completos (fazem as quatro macro-etapas), os curtumes de “wet-blue” (as duas primeiras macro-etapas – até o curtimento, inclusive) e os curtumes de acabamento (as duas últimas ou a última macro-etapa). Também há aqueles curtumes que realizam as três primeiras macro-etapas (PACHECO, 2005, p. 16).

A indústria paulista de curtumes caracteriza-se pelo predomínio de indústrias de pequeno e médio porte, onde, em geral, prevalece uma administração tradicional, familiar. Normalmente, as indústrias de grande porte são mais estruturadas, profissionalizadas. Estão em menor número, mas são responsáveis pela maior parte da produção total do Estado.

Considera-se que práticas de gestão ambiental e especificamente de gestão de água, precisam de melhorias e estruturação mais adequada e em algumas empresas do setor, estas ações ainda são precárias e estão em estágio inicial. No

entanto, não se tem um quadro claro ou de referência do estado atual destas práticas ou de como elas têm evoluído.

Como contraponto, sabe-se que algumas indústrias paulistas de curtumes de grande porte, mais estruturadas e mais profissionalizadas, e mesmo algumas menores, já apresentam algumas práticas de processo com impactos positivos para o uso racional de água.

Por outro lado, a Produção mais Limpa (P+L) é uma estratégia ou ferramenta de gestão que aplica um tratamento *preventivo* aos aspectos ambientais das atividades produtivas e de serviços, visando racionalizar os processos por meio da minimização do consumo de recursos (dentre eles, a água), de insumos tóxicos ou perigosos ao ambiente e ao homem, bem como da minimização da geração de resíduos de qualquer natureza (ONUDI, 2008).

Portanto, de acordo com o exposto, pode-se constatar a importância de se ter um diagnóstico da gestão de água na indústria paulista de curtumes onde se realiza a ribeira, principalmente naqueles de pequeno e médio porte, de forma a servir como base para eventuais ações futuras por parte deste setor, bem como de seus coatores (cadeia produtiva do couro, governo etc.), visando consolidar o uso racional da água nesta atividade produtiva. Neste sentido, o conceito e a abordagem da P+L, aplicados especificamente ao uso industrial de água nos curtumes, podem contribuir de forma significativa para orientar práticas adequadas de gestão de água nesta indústria.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um diagnóstico da gestão de água nos curtumes que realizam a etapa de ribeira no Estado de São Paulo, sob o enfoque da Produção mais Limpa (P+L).

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar ou identificar eventuais fatores ou aspectos indutores da gestão de água nos curtumes.
- Identificar quais os principais fatores que dificultam a adoção de práticas de gestão de água nos curtumes.
- Verificar eventuais medidas de P+L aplicadas nos curtumes que contribuam para melhoria da gestão de água destas unidades produtivas.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ÁGUA – UM PANORAMA GERAL

Neste tópico, aborda-se a questão e o estado geral da água no planeta, no Brasil e no Estado de São Paulo, considerando aspectos relativos à quantidade, à qualidade e ao uso da água, fatores essenciais do estado e da disponibilidade dos recursos hídricos.

2.1.1 ÁGUA NO PLANETA

No planeta Terra, a água é um elemento essencial a vários ecossistemas e à vida. Ela é intrínseca a vários organismos vivos, dentre eles o homem, bem como possibilita condições ambientes que mantêm a vida. A maioria destes organismos tem a água como elemento predominante em sua estrutura física, atuando como veículo de assimilação e eliminação de muitas substâncias, sendo assim essencial à sua dinâmica fisiológica.

Do mesmo modo, a presença da água em maior ou menor quantidade define a estrutura e as funções de certo ambiente. Constituindo oceanos, rios, lagos, abundante em florestas tropicais, esparsa e rara nos desertos, a água está diretamente ligada à identidade de ambientes e paisagens. Através do ciclo hidrológico, sua influência na definição da dinâmica climática das regiões do planeta é fundamental (TELLES; COSTA, 2007, p. 1).

Conforme descreve Tundisi (2003, p. 5), toda a água do planeta está em contínuo movimento cíclico entre as reservas sólidas, líquidas e gasosas. Os componentes deste *ciclo hidrológico* são:

- Precipitação: água adicionada à superfície do planeta, a partir da atmosfera. Pode ser líquida (chuva) ou sólida (neve, granizo – gelo);
- Evaporação: transformação da água líquida em água gasosa ou vapor d'água – principalmente dos oceanos, mas também dos rios, lagos e represas;

- Transpiração: perda de vapor d'água principalmente pelas plantas, mas também pelos animais;
- Infiltração: processo pelo qual a água é absorvida pelo solo;
- Percolação: processo pelo qual a água entra no solo e nas formações rochosas, até atingir o lençol freático;
- Drenagem: movimento de deslocamento da água nas superfícies, durante as precipitações.

Qual o “motor” do ciclo hidrológico terrestre? De acordo com Tundisi (2003, p. 24), este ciclo é “impulsionado pela energia da radiação solar, pela ação dos ventos, pela interação dos oceanos com a atmosfera e pela evaporação a partir das massas de águas continentais e oceânicas”.

A figura 1 esquematiza o ciclo da água no planeta.

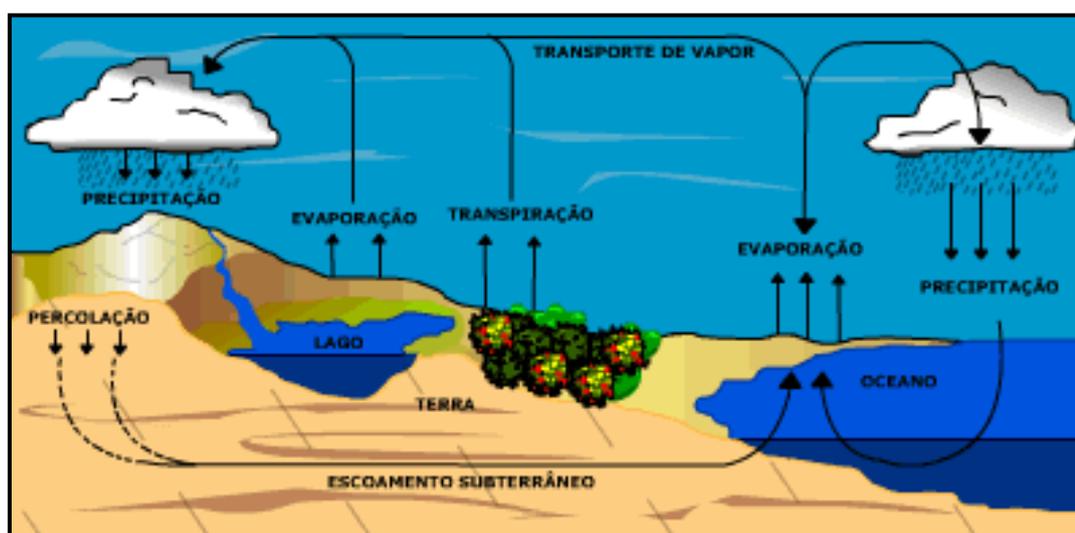


Figura 1 – O ciclo hidrológico
 Fonte: CNEN, 1996 *apud* DAE-SCS, [199-? ou 200-?]

Quanta água existe no planeta? Esta quantidade de água varia ao longo do tempo? Segundo Tundisi (2003, p. 5-6), até a década de 1980, acreditava-se que o ciclo hidrológico da Terra sempre era fechado, ou seja, a quantidade de água no planeta seria constante desde o seu início. Estudos posteriores indicam, entretanto, que “bolas de neve ou de gelo”, provenientes de outros pontos da galáxia podem chegar à atmosfera da Terra e aumentar a quantidade de água no planeta. Estas “bolas” teriam cerca de 20 a 40 toneladas de peso e acrescentariam cerca de 3.000 km³ a cada 10.000 anos ao ciclo hidrológico do planeta. Como se estima um volume

total de água na Terra em torno de 1.386.000.000 de km³, este aporte seria relativamente pequeno e num horizonte de tempo menor, pode-se considerar que o volume de água do planeta seja aproximadamente constante.

Apesar deste imenso volume, tem-se que a maioria da água do planeta é salgada e a água doce não está totalmente disponível ou acessível para o homem, distribuindo-se de forma heterogênea. A tabela 1 e a figura 2 mostram a distribuição geral de água na Terra.

Tabela 1 – Áreas e volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra

Reservatório	Área (10³ km²)	Volume (10³ km³)	% do volume total	% do volume de água doce
Oceanos	361.300	1.338.000	96,5	---
Água subterrânea total	134.800	23.400	1,7	
Água subterrânea doce	-	10.530	0,76	30,1
Umidade do solo	-	16,5	0,001	0,05
Calotas polares	16.227	24.064	1,74	68,7
Antártica	13.980	21.600	1,56	61,7
Groenlândia	1.802	2.340	0,17	6,68
Ártico	226	83,5	0,006	0,24
Geleiras	224	40,6	0,003	0,12
Solos gelados	21.000	300	0,022	0,86
Lagos	2.058,7	176,4	0,013	-
Água doce	1.236,4	91	0,007	0,26
Água salgada	822,3	85,4	0,006	-
Pântanos	2.682,6	11,47	0,0008	0,03
Fluxo dos rios	14.880	2,12	0,0002	0,006
Água na biomassa	-	1,12	0,0001	0,003
Água na atmosfera	-	12,9	0,001	0,04
Totais	510.000	1.385.984	100	-
Totais de reservas de água doce	-	35.029	2,53	100

Fonte: adaptado de Shiklomanov, 1998 *apud* Tundisi, 2003

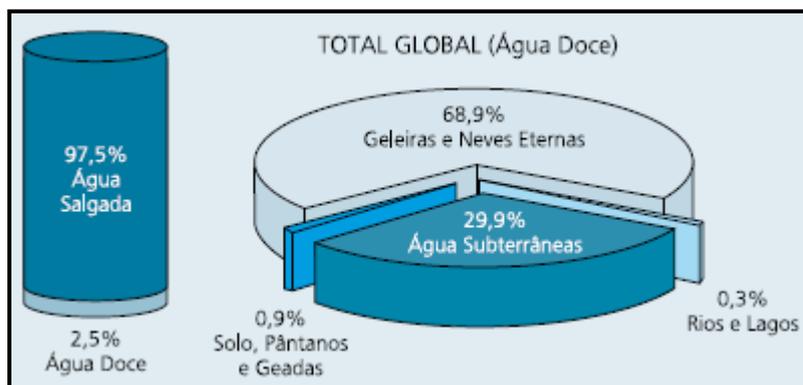


Figura 2 – Distribuição das águas na Terra em um dado instante
 Fonte: adaptado de Shiklomanov, 1998 *apud* Tundisi, 2003 *apud* Brito *et al.* 2007

Destes dados, tem-se que do total global de água doce do planeta, a parte mais acessível ao homem, a água doce superficial, representa apenas cerca de 0,3% ou 0,0075% da água total do planeta. Se o conteúdo de um recipiente de um litro correspondesse a toda água existente no mundo, a parcela de água doce equivaleria a um copinho de café e o volume disponível para consumo imediato do homem não seria mais do que umas poucas gotinhas. Mesmo assim, esta pequena porcentagem corresponde a cerca de 180.000 km³ de água, considerando-se os números para os lagos e o fluxo dos rios, da tabela 1.

De acordo com Braga *et al.* (2002, p. 73), a distribuição heterogênea da água pode ser observada pela existência de vários ecossistemas como desertos, com baixa umidade, água praticamente ausente e das florestas tropicais, com alta umidade e vários corpos d'água presentes. A variabilidade temporal pode ser constatada pela periodicidade das precipitações em função de condições climáticas, função principalmente do movimento de translação da Terra.

Devido a esta dinâmica do planeta, que origina o ciclo hidrológico, parte da água renova-se continuamente por meio deste ciclo, a intervalos de tempo condizentes com a nossa escala temporal. A parte de água doce renovável é geralmente representada como *drenagem média anual*, soma dos escoamentos de águas continentais superficiais (incluindo as contribuições subterrâneas mais significativas). Esta parte resulta numa vazão aproximada global de 40.000 km³/ano (TUNDISI, 2003, p. 6).

A tabela 2 mostra a distribuição do suprimento renovável de água por região do planeta.

Tabela 2 – Suprimento renovável de água do planeta: distribuição por região

Região	Drenagem média anual (km³)	Porcentagem da drenagem global (%)
África	4.225	11
Ásia	9.865	26
Europa	2.129	5
América do Norte	5.960	15
América do Sul	10.380	27
Oceania	1.965	5
Ex-URSS	4.350	11
Mundo	38.874	100

Fonte: adaptado de L'Vovich, 1979 *apud* Tundisi, 2003

Desta tabela, destacam-se as drenagens da América do Sul, onde está, entre outros, o rio Amazonas, o maior rio do mundo em descarga média - 212.000 m³/s (TELLES; COSTA, 2007, p. 5), e da Ásia.

Se considerarmos apenas nossa visão antropocentrista utilitária, ou seja, a satisfação das necessidades humanas pelos recursos da natureza, o que significaria esta quantidade de água doce?

O uso mais imediato ou mais importante que o ser humano faz da água é sua dessedentação, isto é, a ingestão de água para satisfazer as suas necessidades fisiológicas. Além disto, a água é utilizada pelo homem no preparo de seus alimentos, na sua higienização, no saneamento de sua moradia, na sua limpeza e outras finalidades. Para tais necessidades, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda o mínimo de 80 litros de água por dia, por habitante (SÃO PAULO, SMA, 2008).

Assim, só para se ter uma idéia da magnitude deste volume, podem-se fazer alguns cálculos com as seguintes hipóteses:

- disponibilidade de água doce de 180.000 km³ (180.000.000.000.000.000 litros) = VD;
- sistema ou volume fechado, de onde apenas pudéssemos retirar água – o que não ocorre, pois devolvemos água ao sistema;
- população aproximada atual do planeta: ~ 6,8 bilhões de pessoas – interpolação linear entre 2005 e 2010 = POP (ONU, DESA-PD, 2008);
- consumo médio diário por habitante de 80 litros = CDH.

$$\Rightarrow \text{Volume disponível por habitante} = \text{VD} / \text{POP} \approx 26.470.588 \text{ litros/habitante} = \text{VDH}$$

$$\Rightarrow \text{Tempo de abastecimento por habitante} = \text{VDH} / \text{CDH} \approx 330.882 \text{ dias} \approx 906 \text{ anos}$$

Mesmo considerando-se estas hipóteses para a parcela renovável ($\sim 40.000 \text{ km}^3$), tem-se cerca de 201 anos de abastecimento por habitante.

Desta forma, considerando retorno da água para o sistema, aparentemente, há “água de sobra” disponível para a humanidade.

No entanto, ocorre que:

- esta água doce está distribuída de forma heterogênea no tempo e pela superfície do planeta (assim como a própria população) – por exemplo, em zonas semi-áridas, como o nordeste do Brasil, há rios intermitentes, sazonais, que “desaparecem” em determinadas épocas do ano (TELLES; COSTA, 2007, p. 3);
- além da *quantidade*, a disponibilidade da água para abastecimento humano e para outros usos, também é função da *qualidade* dos mananciais acessíveis – que vem sendo progressivamente piorada;
- a população da Terra ainda está em crescimento: previsão de $\sim 9,1$ bilhões de pessoas para 2050 (ONU, DESA-PD, 2008);
- a água do planeta não serve apenas às necessidades básicas da humanidade.

Estas são algumas das principais razões para se justificar o aparente paradoxo “planeta água” *versus* “quadros de escassez crescentes de água no planeta”. Na seqüência, mais alguns detalhes e aspectos ligados a estas razões.

Como já citado, a população também se distribui de forma heterogênea pelo planeta. A tabela 3 mostra a distribuição de água e da população entre os continentes.

Tabela 3 – Distribuição média aproximada da água doce disponível e da população pelos continentes e relação água / população

Continentes	Água (%)	População (%)	Relação Água / População
América do Norte e Central	15	8	1,88
América do Sul	26	6	4,33
Europa	8	13	0,62
África	11	13	0,85
Ásia	36	60	0,60
Oceania (Austrália)	5	1	5,00

Fonte: adaptado de UNESCO, 2004 *apud* Telles; Costa, 2007

Dos números acima, pode-se constatar a distribuição heterogênea da água pelo planeta (assim como da própria população mundial). A América do Sul e a Oceania apresentam relações água / população mais favoráveis, enquanto África, Europa e a Ásia possuem as relações mais desfavoráveis, em termos de disponibilidade de água por habitante.

Há regiões e países nestes continentes onde se caracterizam quadros críticos de escassez de água. A Organização das Nações Unidas (ONU) elaborou uma classificação de disponibilidade hídrica anual por pessoa, conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Classificação de disponibilidade hídrica adotada pela ONU – 1997

Disponibilidade hídrica (m ³ /hab.ano)	Classificação / Situação do país ou região
inferior a 1.000	Estresse de água
1.000 a 2.000	Regular
2.000 a 10.000	Suficiente
10.000 a 100.000	Rico
mais de 100.000	Muito rico

Fonte: adaptado de FONASC.CBH, [2004?]

Em vários continentes, há países que se encontram em condição de estresse hídrico, de acordo com esta classificação. Como exemplos, têm-se:

- África: Argélia, Cabo Verde, Líbia, entre outros;
- América: Barbados, Haiti;
- Ásia / Oriente Médio: Israel, Jordânia, Arábia Saudita, entre outros;
- Europa: Malta (GLEICK, 1993 *apud* TELLES; COSTA, 2007, p. 7).

Há um grupo de 21 países chamado MENA (*Middle East and North Africa*) que constitui a região de maior escassez de água – apenas cerca de 1% do estoque anual de água renovável do planeta (THE WORLD BANK GROUP, 2001 *apud* MANCUSO; SANTOS, 2003, p. 8).

Além das reservas de águas facilmente ou diretamente acessíveis, as águas superficiais, as águas subterrâneas já constituem hoje importantes mananciais em várias regiões do planeta, principalmente onde estas águas afloram à superfície ou estão em profundidades menores e/ou há disponibilidade reduzida de águas superficiais. Além disto, com o desenvolvimento da tecnologia de exploração de águas subterrâneas, juntando-se a condições locais favoráveis ao seu uso, este manancial pode ser a opção economicamente mais viável de abastecimento de água.

Pela tabela 1, verifica-se que as reservas subterrâneas do planeta totalizam cerca de 23.400.000 de km³, dos quais aproximadamente 10.530.000 de km³ são de água doce, parcela significativa da água doce total – cerca de 30%.

Tundisi (2003, p. 12) coloca que:

As águas subterrâneas estão disponíveis em todas as regiões da Terra, constituindo importante recurso natural. Essas águas são utilizadas freqüentemente para abastecimento doméstico, para irrigação em áreas rurais e para fins industriais. Os usos generalizados das águas subterrâneas devem-se também à sua disponibilidade próxima ao local de utilização e também à sua qualidade, uma vez que podem estar livres de patógenos e contaminantes. A disponibilidade permanente das águas subterrâneas é outra razão para seu uso intensivo.

A tabela 5 mostra a contribuição dos fluxos de águas subterrâneas à descarga dos rios, por continente.

Tabela 5 – Contribuição dos fluxos subterrâneos à descarga dos rios (km³/ano)

Continentes	Escoamento Superficial	Contribuição Subterrânea	Descarga Total Média dos Rios
África	2.720	1.464	4.184
Ásia	7.606	2.879	10.485
Europa	1.476	845	2.321
América do Norte	4.723	2.222	6.945
América do Sul	6.641	3.736	10.377
Oceania (Austrália)	1.528	483	2.011
Ex-URSS	3.330	1.020	4.350
Mundo	27.984	12.689	40.673

Fonte: adaptado de World Resources Institute, 1991 *apud* Tundisi, 2003

Vê-se que, tanto em escala continental como global, as águas subterrâneas contribuem de forma importante para a descarga total dos rios – global: cerca de 31,2%.

No entanto, em algumas regiões já se observa o uso excessivo destas águas (comumente chamado de *super-exploração*), como já citado anteriormente, acima da capacidade natural de recarga dos aquíferos, o que pode ocasionar rebaixamento do lençol freático, com conseqüências geológicas locais que podem chegar a catástrofes – por exemplo, colapso de solos e de construções civis (BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, [2004-2010]).

A seguir, será abordado o tema do uso que se faz das águas, incluindo alguns dados de demandas ou consumos por tipo de uso.

Os usos da água, do ponto de vista de consumo genérico ou consumo propriamente dito, são normalmente classificados em:

- *consuntivos*: são aqueles em que a água é retirada do manancial e é consumida, não sendo devolvida ao manancial logo a jusante. Exemplo: consumo humano e agrícola (irrigação).
- *não consuntivos*: são aqueles em que não há praticamente o consumo de água derivada do manancial. Exemplo: recreação, paisagismo, navegação.

- *restritivos*: são aqueles em que não há consumo de água, mas o seu uso fica restrito para outros usos. Exemplo: geração de energia elétrica (informação verbal) ¹.

O quadro 1 mostra os principais usos da água, relacionando-os, nos aspectos principais, com seu uso consuntivo (ou não), seus requisitos de qualidade e o efeito que causam nos mananciais (SÃO PAULO, SMA, 2004, p. 15).

¹ Informação fornecida pelo Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles em aula realizada no Programa de Pós-Graduação do Centro Paula Souza, em São Paulo – SP, em setembro de 2008.

Quadro 1 – Usos principais das águas, seus requisitos gerais de qualidade e seus efeitos gerais nos corpos d'água

Forma	Finalidade	Tipos de Uso	Uso Consuntivo (relativo)	Requisitos de Qualidade	Efeitos nas Águas
Com derivação de águas	<i>Abastecimento urbano</i>	Doméstico, industrial, comercial e público	Baixo a médio (~10%), sem contar perdas nas redes	Altos ou médios, afetando custos de tratamento	Poluição orgânica e bacteriológica
	<i>Abastecimento Industrial</i>	Água de processos, incorporação aos produtos, refrigeração e geração de vapor	Médio (~20%), função do tipo de uso e de indústria	Médios a altos, função do tipo de uso e de indústria	Poluição orgânica, inorgânica, substâncias tóxicas, elevação da temperatura
	<i>Agrícola - Irrigação</i>	Irrigação artificial de culturas, por diversos métodos	Alto (~90%)	Médios, função do tipo de cultura	Carreamento de agrotóxicos e de fertilizantes
	<i>Agrícola - abastecimento</i>	Doméstico ou dessedentação animal	Baixo (~10%)	Médios	Alterações na qualidade com efeitos difusos
	<i>Aqüicultura</i>	Cultivo de plantas sem terra – ex.: hidroponia; piscicultura e outras	Baixo (~10%)	Altos	Carreamento de matéria orgânica e nutrientes
Sem derivação de águas	<i>Geração hidrelétrica</i>	Acionamento de turbinas hidráulicas	Perdas por evaporação dos reservatórios	Baixos	Alterações no regime e na qualidade das águas (jusante)
	<i>Navegação</i>	Eventuais obras para garantir navegação (calados mínimos, eclusas etc.)	Não há	Baixos	Lançamento de óleos, combustíveis e matéria orgânica
	<i>Recreação, lazer, harmonia paisagística</i>	Natação, outros esportes de contato indireto (náuticos); lazer contemplativo	Não há	Altos, especialmente para contato direto	Não há (em geral)
	<i>Pesca</i>	Comercial, de espécies naturais ou introduzidas via piscicultura	Não há	Altos	Alterações na qualidade por lançamentos do beneficiamento do pescado ou após eventual mortandade de peixes
	<i>Assimilação e afastamento de esgotos domésticos ou industriais</i>	Diluição, autodepuração e transporte de esgotos urbanos e industriais	Não há	Não há	Poluição orgânica, física, química e bacteriológica
	<i>Preservação de fauna e flora aquáticas</i>	Ações para garantir equilíbrio ecológico no meio aquático	Não há	Médios	Melhoria da qualidade das águas

Fonte: adaptado de Barth (1987); Setti (2001) *apud* SÃO PAULO, SMA, 2004

Deste quadro, vê-se a diferença de consumos relativos em função de cada uso da água, com destaque para o uso agrícola, grande consumidor de água. Percebe-se também que alguns usos exigem qualidade da água relativamente alta dos mananciais de onde é retirada e que invariavelmente, os diversos usos da água têm potencial de gerar impactos nestes mananciais, seja pela captação da água em si, seja pelo lançamento de águas residuais oriundas das mais diversas atividades que compõem estes usos.

A seguir, na tabela 6, têm-se dados sobre recursos renováveis de água no planeta, bem como sobre as captações de água dos diversos mananciais.

Tabela 6 – Água renovável disponível e suas captações, por região do planeta e por setor principal de atividade consuntiva (valores absolutos e relativos percentuais) – 2000 (quilômetros cúbicos por ano - km³/ano, salvo outra unidade indicada)

Região	Fontes Renováveis	Captações Totais	Captações de água						Captações em relação às fontes renováveis (%)
			Agricultura		Indústria		Doméstico (urbano)		
			Quant.	%	Quant.	%	Quant.	%	
África	3.936	217	186	86	9	4	22	10	5,5
Ásia	11.594	2.378	1.936	81	270	11	172	7	20,5
América Latina	13.477	252	178	71	26	10	47	19	1,9
Caribe	93	13	9	69	1	8	3	23	14,0
América do Norte	6.253	525	203	39	252	48	70	13	8,4
Oceania	1.703	26	18	73	3	12	5	19	1,5
Europa	6.603	418	132	32	223	53	63	15	6,3
Mundo	43.659	3.829	2.663	70	784	20	382	10	8,8

Fonte: baseado no Estudo Compreensivo do Gerenciamento de Água na Agricultura, 2007 *apud* ONU, 2009

Pelos números da tabela 6, vê-se que apenas na América do Norte e na Europa, regiões com alta concentração de países desenvolvidos e industrializados, as captações da agricultura perdem para aquelas da indústria. Em todas as outras regiões ocorre o inverso, ou seja, a utilização das águas para fins agrícolas é significativamente maior – o que resulta, na média, em 70% de utilização das águas para a agricultura em escala mundial.

Embora a demanda ou captação total pareça pequena frente às reservas renováveis (por exemplo, 8,8% em escala global) – o que novamente sugere “abundância, sobra de água” -, há que se lembrar o caráter médio destes números e os aspectos já mencionados da distribuição heterogênea das reservas, bem como das demandas. Há regiões, não raras, onde estas duas grandezas são inversas –

baixas reservas com altas demandas (como em muitas regiões metropolitanas e em locais da Ásia e do Oriente Médio). Além disto, há o aspecto da qualidade da água nos mananciais – há locais onde as águas, embora disponíveis em quantidade, estão tão degradadas que sua captação para qualquer uso é inviável e mesmo proibida.

O aumento da população obviamente *diminui* a quantidade de reservas disponíveis *per capita*. Como se não bastasse, tem-se observado a tendência de *aumento* da captação e do consumo *per capita*, o que, quando combinados, torna-se algo preocupante em termos de prospecções para o futuro. Na tabela 7 pode-se verificar esta tendência.

Tabela 7 – Evolução do uso de água no mundo

Ano	Habitantes	Uso da água (m ³ / hab.ano)
1940	2,3 x 10 ⁹	400
1990	5,3 x 10 ⁹	800

Fonte: UNIÁGUA, 2006 *apud* Telles; Costa, 2007

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 17), para que os diversos usos da água ocorram de forma harmoniosa, é necessário que a oferta ou disponibilidade hídrica exceda com folga significativa as diversas demandas. À medida que esta folga vai diminuindo, aumenta a probabilidade de “estresse hídrico” e de conflitos entre os diversos usuários da água.

Baseado na classificação de Falkenmark sobre a competição pelos recursos hídricos, Mierzwa (2002, p. 12-13) propôs uma adaptação para relacionar tendência de surgimento de conflitos pelo uso da água com disponibilidade hídrica e o aumento da população. Para isto, definiu duas grandezas:

- *Disponibilidade Específica de Água (DEA)*: disponibilidade anual de água por habitante – m³/ano.habitante;
- *Índice de Comprometimento dos Recursos Hídricos (ICRH)*: gradua a tendência de surgimento de conflitos potenciais e outros problemas ambientais em determinada região; adimensional, variando de 1 a 5 (tendência crescente).

Estas grandezas, associadas, ajudam a classificar determinada região de acordo com seu potencial de conflitos pelo uso da água. A figura 3 ilustra como estas grandezas se relacionam.

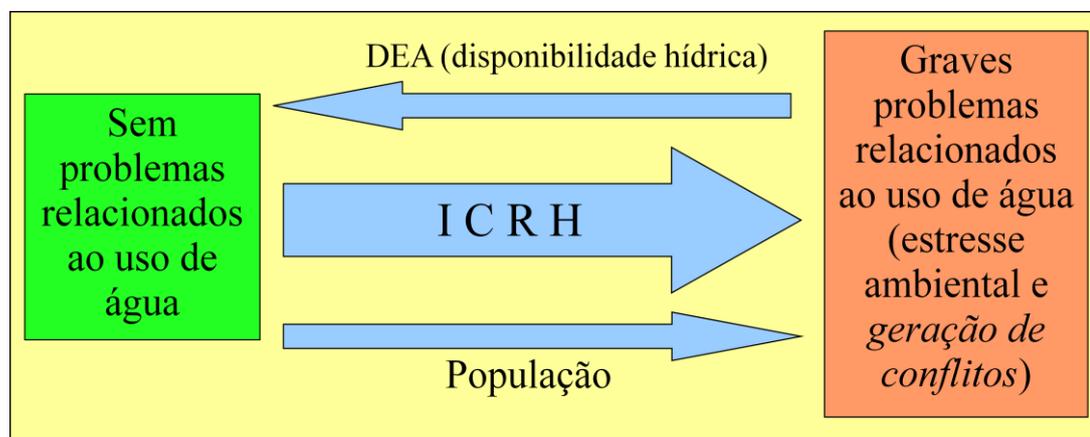


Figura 3 – Escala de correlação: tendência do surgimento de estresse ambiental e geração de conflitos em função da disponibilidade hídrica e do aumento da população
OBS.: o sentido das setas indica aumento da respectiva grandeza ou variável
Fonte: adaptado de Mierzwa; Hespanhol, 2005

A tabela 8 mostra estas variáveis associadas, por faixa de DEA.

Tabela 8 – Relação entre ICRH e DEA com o potencial de conflitos pelo uso da água

ICRH	DEA (m ³ /ano.hab)	Potencial de conflito
1	≥ 10.000	Quantidade suficiente de água para atendimento das necessidades humanas e ambientais
2	10.000 > DEA ≥ 2.000	Pequenas disputas pelo uso da água, processos isolados de poluição
3	2.000 > DEA ≥ 1.000	Comprometimento da capacidade de autodepuração dos corpos d'água e conflitos pelo uso
4	1.000 > DEA ≥ 500	Potencial de ocorrência de graves problemas ambientais e intensificação dos conflitos pelo uso da água
5	< 500	Condição crítica com relação à disponibilidade de água

Fonte: Mierzwa; Hespanhol, 2005

Fazendo analogia com o conceito expresso na tabela 4 – classificação de disponibilidade hídrica adotada pela ONU (1997) -, há semelhança entre as faixas indicadas de DEA, indicando condições de estresse hídrico principalmente para os valores abaixo de 1.000 m³/ano.habitante. Há países da Ásia e do MENA com DEA abaixo de 1.000 e assim, teriam ICRH 4 ou 5, sinalizando probabilidade significativa de problemas ambientais e conflitos pelo uso da água – o que se sabe já ocorrer

entre alguns destes países ou nestas regiões do planeta. Alguns países que já apresentam e podem apresentar conflitos pelo uso da água: Israel, Jordânia e Palestina; Etiópia e Egito; Bangladesh e Índia; Turquia e Síria; China e Índia; Angola e Namíbia (TAGUCHI, 2006).

Esta análise de probabilidade de ocorrência de conflitos pela água permite identificar regiões onde o problema já é real, significativo ou latente, bem como fazer projeções do seu aumento em função do crescimento populacional previsto e assim, traçar estratégias de intervenção e gestão buscando mitigar ou reduzir esta probabilidade.

A quantidade e a qualidade das águas sofrem alterações em função de causas ou fenômenos naturais ou de atividades antrópicas. Quanto às causas naturais, em escala mais local, o clima e as características físicas e biológicas dos ecossistemas que compõem uma bacia hidrográfica têm influência significativa na quantidade e na qualidade de suas águas. A atividade antrópica afeta direta ou indiretamente as águas do planeta. Em escala global, já se reconhece o homem como causador de mudanças climáticas reais e potenciais, em função da alteração da composição química da atmosfera com gases que originam o chamado “efeito estufa” (SALATI, Eneas; LEMOS; SALATI, Eneida, 2006, p. 39-58).

De acordo com Lettenmaier (2009, p.181),

A maioria dos cientistas do clima concorda que o aquecimento global resultará numa intensificação, aceleração ou acentuação da atividade do ciclo hidrológico global e existe evidência observada de que isto já está ocorrendo. (tradução nossa).

Desta forma, por meio das mudanças climáticas antrópicas, o homem afeta indiretamente o ciclo hidrológico e isto pode ser um dos fatores de alteração das disponibilidades de água locais ou mesmo regionais.

Segundo Tundisi (2003, p. 14-15), os impactos diretos das atividades humanas no ciclo hidrológico variam de uma região para outra, mas de modo geral, decorrem principalmente de:

- construção de reservatórios, visando aumentar as reservas de água e impedir seu escoamento;
- uso excessivo de águas subterrâneas;
- importação e transposição de águas entre bacias hidrográficas.

De acordo com o referido autor, estas ações humanas alteram o padrão espacial de vazão natural das águas, para alguns casos, em mais de 70%.

Braga *et al.* (2002, p. 73) acrescenta que o uso do solo pelo homem também pode afetar significativamente a ocorrência natural de água. Desmatamento e urbanização diminuem, por exemplo, a evapotranspiração e assim, podem modificar o ciclo hidrológico. O desmatamento também diminui a capacidade de infiltração no solo, gerando aumento de escoamentos superficiais, aumentando a possibilidade de cheias. Urbanização impermeabiliza solos pela sua cobertura por meio de construções e pavimentações, causando também aumento significativo de escoamentos superficiais e gerando inundações nas áreas urbanas.

A *qualidade da água* é um parâmetro importante para os seus usos múltiplos pelo homem, bem como para a saúde dos ecossistemas aquáticos. Qualidade de alguma coisa é um conceito estreitamente ligado à sua aplicação ou utilização, visando à satisfação de alguma necessidade e assim também é para a água (vide quadro 1).

Segundo Telles e Costa (2007, p. 25), a água adquire características ou composição em função de condições naturais ou antrópicas do ambiente onde se localiza (estocada) ou por onde flui. O conteúdo natural das águas, genericamente “impurezas”, pode ser classificado em cinco tipos básicos, conforme mostra o quadro 2.

Quadro 2 – Contaminantes naturais da água

Sólidos em suspensão	Silte, ferro precipitado, colóides etc.
Sais dissolvidos	Contaminantes iônicos, como sódio, cálcio, sulfato etc.
Materiais orgânicos dissolvidos	Trihalometanos, ácidos húmicos e outros contaminantes não-iônicos
Microorganismos	Bactérias, vírus, cistos de protozoários, algas, fungos etc.
Gases dissolvidos	Sulfeto de hidrogênio, metano etc.

Fonte: adaptado de Tomaz, 1998 *apud* Telles; Costa, 2007

De acordo com Vörösmarty (2009, p. 175-177), as pressões crescentes do desenvolvimento levam à deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, aumentando desafios para a saúde humana, os requisitos para tratamentos das águas e a probabilidade de deterioração dos ecossistemas. Há poluentes persistentes, que permanecem nos meios aquáticos e em seus sedimentos por longos períodos, mesmo após eventual fim de seu aporte ao meio pelo homem. Estes poluentes podem afetar a saúde humana, como contaminação microbiana (microorganismos fecais, dos esgotos domésticos), pesticidas e metais residuais e cumulativos. Exemplos são as contaminações de águas subterrâneas por arsênico em Bangladesh, por mercúrio no nordeste dos Estados Unidos e por nitrogênio em várias fontes de água potável. Principalmente nos países em desenvolvimento, as faltas de tratamento de esgotos e de controle de várias fontes de contaminação tornam a situação de poluição das águas mais crítica e preocupante.

2.1.2 ÁGUA NO BRASIL

Telles e Costa (2007, p. 6) apontam que a produção hídrica do Brasil destaca-se no cenário mundial – está em torno de 178.000 m³/s (escoamento superficial) e se somada àquela da Amazônia Internacional, chega a 53% da produção sul-americana de água doce (334.000 m³/s) e a 12% do total mundial (1.488.000 m³/s).

A tabela 9 mostra valores de disponibilidade hídrica por região hidrográfica do Brasil, indicando também a vazão com permanência de 95% (Q95) – a vazão média diária que é excedida ou igualada em 95% do tempo – como sendo representativa da disponibilidade hídrica em condição de estiagem. Esta vazão é importante, adotada para considerações em ações de planejamento do uso dos recursos hídricos, uma vez que a descarga dos rios tem caráter sazonal e exibe variabilidade plurianual, incluindo períodos críticos de estiagem.

Tabela 9 – Disponibilidade hídrica, vazões médias e de estiagem por região hidrográfica brasileira

Região Hidrográfica	Vazão média (m³/s)	Disponibilidade hídrica (m³/s)	Estiagem – Q95 (m³/s)
Amazônica	132.145	73.748	73.748
Tocantins-Araguaia	13.799	5.447	2.696
Atlântico NE Ocidental	2.608	320	320
Parnaíba	767	379	294
Atlântico NE Oriental	774	91	32
São Francisco	2.846	1.886	852
Atlântico Leste	1.484	305	252
Atlântico Sudeste	3.162	1.109	986
Atlântico Sul	4.055	647	647
Paraná	11.414	5.792	3.901
Uruguai	4.103	565	394
Paraguai	2.359	782	782
<i>Brasil</i>	<i>179.516</i>	<i>91.071</i>	<i>84.904</i>

Fonte: ANA, 2009

A disponibilidade hídrica de águas superficiais foi considerada como sendo a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios com 100% de garantia, somada à vazão incremental de estiagem (vazão com permanência de 95%, no trecho não regularizado). Em rios sem regularização, portanto, a disponibilidade foi considerada como apenas a vazão de estiagem com permanência de 95% (ANA, 2007, p. 15-16).

Em termos de disponibilidade hídrica por habitante (m³/hab.ano), o Brasil é privilegiado, sendo classificado como “rico” (classificação ONU – tabela 4). A tabela 26 (ver no ANEXO A) mostra como os recursos hídricos estão distribuídos pelos estados brasileiros, em relação à sua população, a classificação ONU desta relação e o nível de utilização.

Apesar das grandes bacias hidrográficas que cobrem 72% do território brasileiro e de todo este potencial hídrico, há escassez de água no país devido à má distribuição da densidade populacional. O crescimento da população tem ocorrido de forma expressiva e concentrada em áreas de baixa disponibilidade hídrica. Exemplo claro é a região metropolitana da cidade de São Paulo (RMSP), onde já há sérios problemas de abastecimento, devido à alta demanda e à baixa disponibilidade de água, em quantidade e qualidade, devido também à degradação de seus mananciais e daqueles nas suas proximidades (TELLES; COSTA, 2007, p.9). A tabela 10 mostra

claramente a distribuição heterogênea e praticamente inversa entre água e população.

Tabela 10 – Distribuição dos recursos hídricos, da área superficial e da população do Brasil (em % do total do país)

Região	Recursos hídricos (RH) (%)	Superfície (%)	População (%)	RH / Superf. (1)	RH / Popul. (2)
Norte	68,5	45,3	7,0	1,51	9,79
Centro-Oeste	15,7	18,8	6,4	0,84	2,45
Sul	6,5	6,8	15,0	0,96	0,43
Sudeste	6,0	10,8	42,7	0,56	0,14
Nordeste	3,3	18,3	28,9	0,18	0,11
<i>Total</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	-	-

(1) Superf. = Superfície; (2) Popul. = População
 Fonte: adaptado de UNIÁGUA, 2006, *apud* Telles; Costa, 2007

Destes números, verifica-se a “distribuição invertida” entre recursos hídricos superficiais e população no Brasil. A razão RH / população é relativamente bem menor e bastante desfavorável para as regiões sudeste e nordeste – nesta, mais pela clima seco da região árida e semi-árida (“indisponibilidade hídrica quantitativa”) e naquela, mais pela “absurda” concentração populacional (cerca de 43% da população do país).

Em relação às *águas subterrâneas*, estima-se que o Brasil tenha uma reserva total de cerca de 112.000 km³. Aproximadamente 90% deste total estão em bacias sedimentares. O potencial hidrogeológico representado por estas águas, varia de menos de 1 a mais de 10 m³/hm (REBOUÇAS, 2000? *apud* SÃO PAULO, SMA, 2004, p. 12). Sua exploração depende essencialmente dos seguintes fatores:

- quantidade, função da condutividade hidráulica e do coeficiente de armazenamento dos terrenos;
- qualidade, função da composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas;
- econômico, função da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento (SETTI, 2001 *apud* SÃO PAULO, SMA, 2004, p. 12).

A exploração (retirada, extração) da água subterrânea vem crescendo rapidamente nos últimos anos, tanto para abastecimento urbano como para suprimento de indústrias, hospitais, hotéis, propriedades rurais, entre outras atividades. Nos Estados do Maranhão e do Piauí, mais de 70 e de 80% das cidades

são abastecidas por águas subterrâneas, respectivamente (ANA, 2002 *apud* SÃO PAULO, SMA, 2004, p. 12).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA):

- Há 27 sistemas aquíferos principais no Brasil, com área de recarga totalizando 2.761.086 km² (cerca de 32,4% da superfície do país), com reservas renováveis totalizando 20.473,2 m³/s, das quais 4.094,6 m³/s (20%) são exploráveis;
- Entre 70% e 90% das cidades e 95% das indústrias dos estados mais desenvolvidos já vem sendo abastecidas por poços (FREIRE; PEREIRA; KIRCHHEIN, 1998 *apud* ANA, 2009, p. 64). No Paraná e no Rio Grande do Sul, cerca de 90% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas;
- Rebouças (1988 *apud* ANA, 2009, p. 64) estimou, para aquela época, cerca de 200 mil poços tubulares profundos perfurados no Brasil nos 30 anos anteriores. Mais recentemente, estimou-se que existam no país pelo menos 400 mil poços utilizados intensamente para diversos fins, como abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer (BRASIL, MMA, SRH, 2006, p. 192).

Na agricultura brasileira, a demanda pelas águas subterrâneas vem crescendo fortemente nas últimas décadas. Elas já são amplamente utilizadas na irrigação em diversas regiões, como o oeste baiano e a Chapada do Apodi (RN/CE).

Quanto aos principais usos consuntivos das águas no Brasil, a tabela 11 dá um panorama geral.

Tabela 11 - Valores das demandas consuntivas no Brasil segundo os diferentes tipos de uso (m³/s), por região hidrográfica – ano de referência 2006.

Região Hidrográfica	Vazão de Retirada por tipo de uso (m ³ /s)					Total
	Animal	Industrial	Rural	Urbano	Irrigação	
Amazônica	23,9	9,1	3,1	19,3	11,4	66,8
Atlântico Leste	8,7	9,6	5,0	26,9	41,6	91,9
Atlântico NE Ocidental	4,1	1,6	2,2	8,3	3,4	19,5
Atlântico NE Oriental	5,1	26,3	4,5	46,1	144,6	226,5
Atlântico Sudeste	5,4	37,5	3,1	96,4	49,4	191,8
Atlântico Sul	6,2	46,7	2,2	33,4	186,8	275,3
Paraguai	11,5	2,3	0,4	6,4	8,9	29,5
Paraná	37,0	155,6	6,5	185,5	108,1	492,7
Parnaíba	2,4	1,4	1,2	6,3	28,7	40,0
São Francisco	9,1	17,4	3,7	27,3	123,3	180,8
Tocantins-Araguaia	23,0	5,3	2,4	15,0	32,7	78,3
Uruguai	7,7	8,8	1,4	8,1	122,4	148,3
Total	144,0	321,6	35,7	479,0	861,2	1.841,5

Fonte: ANA, 2009

A figura 4 mostra o gráfico de distribuição entre os usos, em termos de demanda / retirada e de consumo.

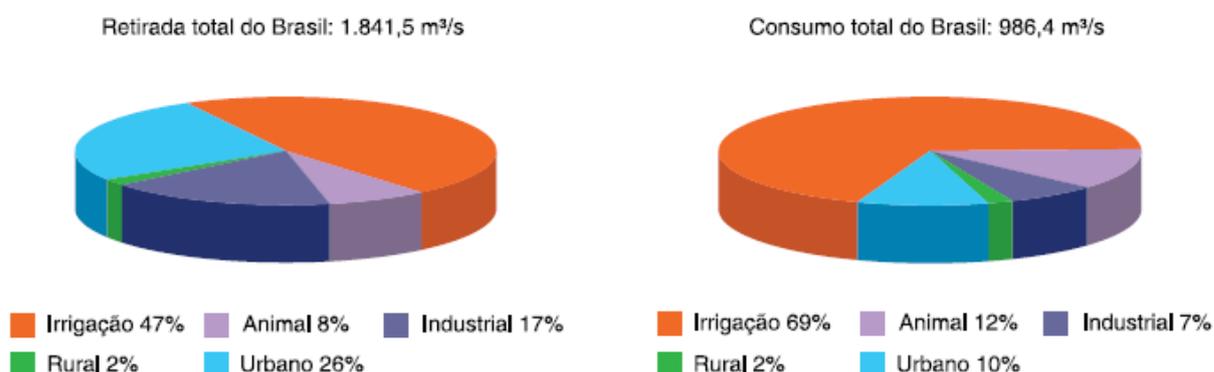


Figura 4 – Retiradas e consumos entre os principais usos consuntivos das águas brasileiras
Fonte: ANA, 2009

A demanda de água corresponde à vazão de retirada, ou seja, à água captada destinada a atender os diversos usos consuntivos. Parcela dessa água captada é devolvida ao ambiente após o uso, denominada vazão de retorno (obtida a partir da vazão de retirada, multiplicando-se esta por um coeficiente de retorno característico de cada tipo de uso). A água não devolvida, ou vazão de consumo, é

calculada pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno (ANA, 2009, p. 87-88, 91).

Pela tabela 11 e pela figura 4, em termos de retirada e consumo, o uso agrícola para irrigação é o que predomina no país. Depois, vêm os usos urbano e industrial.

O balanço entre disponibilidade hídrica e demanda / retirada para os diversos usos é importante para indicar o grau necessário de atenção e esforço em gestão dos recursos hídricos. De acordo com ANA (2009, p. 97), para a indicação deste grau, adotaram-se no Brasil as mesmas faixas de situação da *European Environment Agency* e das Nações Unidas, que utilizam o índice de retirada de água ou *water exploitation index*. Este índice é igual ao quociente entre a retirada total anual e a vazão média de longo período, adotando as seguintes classificações, consideradas adequadas para o caso brasileiro:

- < 5% - excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre;
- 5 a 10% - A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
- 10 a 20% - preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
- 20 a 40% - A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
- > 40% - A situação é muito crítica.

Quanto mais alto este índice, maior a complexidade da gestão requerida para os recursos hídricos.

As regiões hidrográficas (RH) Amazônica, Paraguai, Tocantins-Araguaia e Atlântico Nordeste Ocidental possuem situações bastante confortáveis quanto a este índice: acima de 88% de seus principais rios são classificados como “excelente” e “confortável” – densidade demográfica e atividades econômicas demandantes de água são relativamente baixas.

As regiões que apresentam balanço hídrico mais preocupante são: Atlântico Nordeste Oriental, com 91% de seus principais rios classificados com situação “muito crítica”, “crítica”, e “preocupante” (NE do Brasil); Atlântico Leste, com 70%; Atlântico Sul, com 59%; e São Francisco, com 44% - combinação entre maior

ocupação humana, baixa disponibilidade hídrica e maior atividade econômica com demanda de água.

As regiões hidrográficas Paraná e Atlântico Sudeste caracterizam-se por alta concentração populacional, com altas demandas de uso urbano e industrial. Simplesmente abrigam as maiores regiões metropolitanas do país, incluindo os Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, populosos e com grande atividade industrial e agro-industrial. Suas bacias hidrográficas apresentam situações “críticas”, especialmente as dos rios Paraíba do Sul, Pomba, Muriaé, Guandu e rios que desembocam na Baía de Guanabara (RH Atlântico Sudeste); na RH do Paraná, os rios São Bartolomeu, Meia Ponte, Sapucaí, Turvo, Alto Iguaçu, Pardo e Mogi-Guaçu, Piracicaba e Tietê (ANA, 2007, p. 94).

No que se refere à *qualidade das águas brasileiras*, devido às dimensões continentais do país e à heterogeneidade das redes de monitoramento em termos de recursos e critérios, há dificuldades para se chegar a índices de qualidade nacionais representativos. No entanto, têm ocorrido expansões e melhorias das redes e dos sistemas de informações a elas relacionados.

Atualmente, 17 das 27 unidades da Federação possuem redes de monitoramento da qualidade da água, totalizando 2.259 pontos de amostragem das águas, com um número variável de parâmetros analisados e freqüências de coleta. A ANA possui uma rede com 1.340 pontos monitorados (coincidentes com as estações fluviométricas) em que são determinados apenas quatro parâmetros (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura).

Para a avaliação da qualidade das águas nacionais, utilizam-se três indicadores de qualidade das águas superficiais: o índice de qualidade das águas (IQA), o índice de estado trófico (IET) e a estimativa da capacidade de assimilação das cargas de esgotos. As redes estaduais e a rede da ANA fornecem os dados dos parâmetros necessários para a determinação destes índices.

O IQA é composto por 9 (nove) parâmetros e reflete, principalmente, a contaminação das águas pelo lançamento de esgotos domésticos.

Há cinco classes ou faixas de IQA: ótima, boa, regular, ruim e péssima. Em 2006, o IQA aferido mostrou-se classe “boa” em 70% dos pontos amostrados (1.173 pontos) e “ótima” em 9%. Algumas regiões hidrográficas apresentaram IQA classes “péssima” e “ruim”, principalmente junto a regiões metropolitanas e grandes cidades,

devido ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento ou tratados precariamente.

O índice de estado trófico (IET) indica o grau de eutrofização dos corpos d'água, fenômeno que causa o crescimento excessivo das plantas aquáticas, comprometendo os usos da água, causado principalmente pelo nível excessivo de nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo. É um dos grandes problemas de qualidade da água no país e no mundo – representa uma ameaça à saúde pública e aos usos múltiplos dos recursos hídricos, provocando perdas econômicas significativas (UNEP-IETC, 2001 *apud* ANA, 2009, p. 106).

A tabela 27 fornece a classificação dos graus ou estados tróficos e suas características e a tabela 28, a condição do IET verificada para as águas brasileiras (ver ANEXO A).

Um aspecto importante de alteração antrópica da qualidade das águas superficiais é o seu uso para assimilação e afastamento de esgotos domésticos e industriais. A princípio, estes esgotos deveriam receber tratamento adequado, de acordo com a legislação ambiental local e ainda considerando a classificação dos corpos d'água receptores, antes de serem lançados nestes. No entanto, isto não ocorre em muitos locais do país, principalmente em relação aos esgotos domésticos.

No Brasil, há uma boa cobertura dos serviços urbanos de abastecimento de água (89% da população urbana), com destaque para as regiões hidrográficas do Paraná, Paraguai e Atlântico Leste. Entretanto, apenas 47% dos esgotos coletados recebem tratamento. A relação é bem pior com base nos esgotos produzidos – apenas 25,8% (ANA, 2009, p. 82).

2.1.3 ÁGUA EM SÃO PAULO

A disponibilidade hídrica do Estado de São Paulo pode ser vista na tabela 26, relativamente aos outros estados do país (ver ANEXO A). É de 2.209 m³/hab.ano, classificada como “suficiente” pela ONU. Observando-se os outros estados, esta disponibilidade é uma das menores do país, maior apenas do que as do RN, PB, PE, AL, SE – Estados do NE onde predominam regiões áridas – e as do DF e do RJ – nestes casos, mais pela concentração populacional e superfície relativamente pequena.

O Estado de São Paulo foi dividido em 22 bacias hidrográficas, conhecidas como Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHs). A maior parte de seu território está localizada na região hidrográfica brasileira do Paraná. Estas 22 unidades são agrupadas e classificadas conforme o Anexo III da Lei Estadual No. 9.034 de 1.994 – Plano Estadual de Recursos Hídricos, em quatro tipos, conforme a atividade e uso predominante: agropecuária, conservação, em industrialização e industrial. A figura 5 apresenta o mapa do Estado de São Paulo, com esta classificação (CETESB, 2009, p. 464-465). O quadro 3 detalha a distribuição regional e os nomes das bacias.

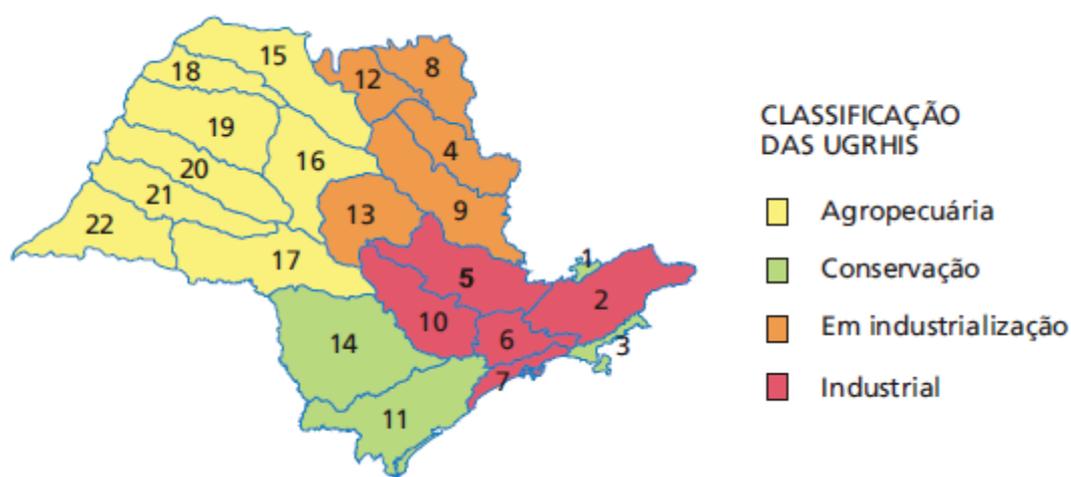


Figura 5 – Divisão hidrográfica do Estado de São Paulo e sua classificação regional
Fonte: CETESB, 2009

Quadro 3 – Identificação das bacias hidrográficas paulistas e sua distribuição de acordo com sua classificação regional

Região - Atividade / Uso Predominante / Vocação	Bacias Hidrográficas – Número e Nome
Agropecuária	15 – Turvo/Grande
	16 – Tietê/Batalha
	17 – Médio Paranapanema
	18 – São José dos Dourados
	19 – Baixo Tietê
	20 – Aguapeí
	21 – Peixe
	22 – Pontal do Paranapanema
Conservação	1 – Mantiqueira
	3 – Litoral Norte
	11 – Ribeira de Iguape/Litoral Sul
	14 – Alto Paranapanema
Em Industrialização	4 – Pardo
	8 – Sapucaí/Grande
	9 – Mogi-Guaçu
	12 – Baixo Pardo/Grande
	13 – Tietê/Jacaré
Industrial	2 – Paraíba do Sul
	5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí
	6 – Alto Tietê
	7 – Baixada Santista
	10 – Sorocaba/Médio Tietê

Fonte: SÃO PAULO, SMA, 2004

O Estado de São Paulo concentra população e atividade econômico-produtiva excessivamente, considerando-se as dimensões do país. Embora se possa argumentar que há aspectos certamente positivos nesta concentração, como oferta maior e variada de bens e serviços, maior contato ou proximidade com tecnologia e as opções de conforto que proporciona, também é certo que além destes benefícios não serem extensivos à maioria da população local, a demanda de recursos naturais e a geração de aspectos e impactos ambientais são proporcionalmente maiores. Assim ocorre com relação à água – em São Paulo, as pressões de demanda e de impactos sobre os recursos hídricos locais são significativas e bem maiores do que em vários outros estados e regiões do país.

A tabela 12 mostra dados sobre disponibilidade hídrica e demandas no Estado de São Paulo.

Tabela 12 – Disponibilidades hídricas superficiais e demandas de água por uso consuntivo principal e por bacia hidrográfica, no Estado de São Paulo.

UGRHI	Disponibilidade Hídrica (m ³ /s)		Usos / Demandas (m ³ /s)				
	média	mínima	Urbano	Industrial	Irrigação	Total	
						Valor	% da disp. mínima
Mantiqueira	22	7	0,31	0,04	0,14	0,49	7,0
Paraíba do Sul	216	72	5,39	8,72	5,52	19,63	27,3
Litoral Norte	107	27	0,78	0,03	-	0,81	3,0
Pardo	140	30	4,05	5,94	10,69	20,68	68,9
Piracicaba/Capivari/Jundiaí	172	43	17,36	14,56	8,11	40,03	93,1
Alto Tietê	84	20	68,50	14,33	3,59	86,42	332
Baixada Santista	155	38	10,83	12,46	-	23,29	61,3
Sapucaí/Grande	146	28	1,66	4,71	19,20	25,57	91,3
Mogi-Guaçu	199	48	3,79	27,83	8,61	40,23	83,8
Sorocaba/Médio Tietê	107	22	5,27	4,36	8,35	17,98	81,7
Ribeira de Iguape/Litoral Sul	526	162	0,49	2,67	0,04	3,20	2,0
Baixo Pardo/Grande	87	21	0,86	3,02	9,11	12,99	61,9
Tietê/Jacaré	97	40	4,53	7,55	10,61	22,69	56,7
Alto Paranapanema	255	84	1,39	2,81	20,00	24,20	28,8
Turvo/Grande	121	26	3,52	4,90	7,81	16,23	62,4
Tietê/Batalha	98	31	1,12	1,47	7,20	9,79	31,6
Médio Paranapanema	155	65	1,67	3,40	7,98	13,05	20,1
São José dos Dourados	51	12	0,45	0,28	1,57	2,30	19,2
Baixo Tietê	113	27	1,81	2,57	14,02	18,40	68,1
Aguapeí	97	28	0,83	0,51	5,50	6,84	24,4
Peixe	82	29	1,31	0,84	3,13	5,28	18,2
Pontal do Paranapanema	92	34	1,40	0,29	4,67	6,36	18,7
Estado de São Paulo	3122	894	137,32	123,29	155,85	416,46	46,6

Fonte: adaptado de CRH, 2006 *apud* CETESB, 2009

Da tabela 12, entre outros aspectos, tem-se que o uso agrícola (irrigação) é o maior (37,4%), seguido pelo urbano (33,0%) e então, o industrial (29,6%). Também é possível observar que já há um comprometimento significativo das águas do estado, com 46,6% de uso frente à disponibilidade mínima, que ocorre nos períodos mais secos. Destacados nesta tabela, os comprometimentos em relação à vazão mínima acima de 60% - 10 bacias encontram-se nesta situação, sendo que as bacias Piracicaba/Capivari/Jundiaí (PCJ), Sapucaí/Grande e Alto Tietê são as mais críticas. Esta última, onde está a Região Metropolitana de São Paulo, já importa água de bacias vizinhas para suprir sua demanda – vide destaque na tabela para o uso urbano e mesmo para o uso total, que supera a disponibilidade média.

Com relação às *águas subterrâneas*, há importantes aquíferos de extensão regional e local no Estado de São Paulo. Pode-se afirmar que o potencial explorável

é bom em cerca de 2/3 do estado. A relativa abundância e qualidade das águas dos aquíferos (que dispensam tratamentos custosos), o baixo custo de sua extração e o grau de deterioração da qualidade das águas superficiais (cujo uso vem exigindo investimentos cada vez maiores) fazem as águas subterrâneas adquirirem valor econômico e utilização crescentes para abastecimento público e industrial. As retiradas sustentáveis totais de água subterrânea no estado, de aquíferos livres ou freáticos, são avaliadas em cerca de 340 m³/s (SÃO PAULO, CRH, 2006, p. 21). Isto representa cerca de 10,9% da disponibilidade hídrica superficial média do estado, de acordo com a tabela 12.

Quanto à *qualidade das águas paulistas*, há uma série de aspectos que a afetam, entre eles os graus de saneamento básico existentes no estado. Dentre seus componentes principais, a coleta e afastamento e o tratamento de esgotos tem influencia significativa nesta qualidade. De acordo com a CETESB (2009, p. 453-454),

[...] embora o controle da poluição das águas, causado pelas atividades industriais, tenha alcançado bons resultados ao longo dos anos, o mesmo não ocorreu com o tratamento dos esgotos domésticos. O Estado de São Paulo tem o maior índice de coleta de esgotos do país (mais de 85% da população é atendida por rede coletora), índice não acompanhado pelo tratamento. Entre os problemas que concorrem para isso nas grandes cidades, onde residem 80% da população paulista, está o afastamento dos esgotos após a coleta, que apresenta dificuldades de ordem técnica, além de custos elevados. A cidade de São Paulo e algumas outras da Região Metropolitana, inseridas no sistema integrado de tratamento de esgotos, são um exemplo dessa situação; com capacidade instalada para tratar 18 m³/s, desde 1998, as 5 ETE (estações de tratamento de esgotos) da SABESP para a região tratam atualmente cerca de 14,9 m³/s pela dificuldade de afastar os esgotos coletados até as estações. Caso essa capacidade seja totalmente utilizada, ter-se-á um acréscimo de população com esgoto tratado de aproximadamente 2.500.000 habitantes, cerca de 7% da população do Estado de São Paulo. [...] Ressalte-se que a cada ponto percentual de esgoto efetivamente tratado, acrescido ao longo dos anos, corresponde a uma população de cerca de 350.000 habitantes que tiveram os benefícios do tratamento adequado dos seus esgotos.

No Estado de São Paulo, a *qualidade das águas* é aferida por meio de redes de monitoramento operadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), sua agência ambiental. A tabela 13 descreve estas redes.

Tabela 13 – Redes de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo – 2008

Monitoramento CETESB	Objetivos	Início de operação	Pontos	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Fornecer diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo	1974	333	Semestral / Bimestral	Físicas, Químicas, Biológicas
Rede de Sedimento	Complementar o diagnóstico da coluna d'água	2002	26	Anual	Físicas, Químicas, Biológicas
Balneabilidade de Lagos	Informar as condições da água para recreação de contato primário / banho à população	1994	36	Semanal	Físicas, Químicas, Biológicas
Mensal	Acompanhar condições para a vida aquática	1994	34	Semanal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais e da qualidade da água destinada ao abastecimento público	1998	13	Horária	Físicas, Químicas

Fonte: CETESB, 2009

Segundo a CETESB (2009, p. 39), em 2008, o monitoramento das águas e de seus sedimentos totalizou 408 pontos de amostragem, com densidade de monitoramento total de 1,64 pontos por 1.000 km², acima do adotado pela Comunidade Européia, de 1 ponto por 1.000 km² (referência mínima). 76 destes pontos são coincidentes com captações superficiais ou com sistemas de transferência de água para mananciais de abastecimento público, o que permite acompanhar a qualidade da água bruta de abastecimento para cerca de 21 milhões de habitantes.

São monitorados inúmeros parâmetros físicos, químicos e biológicos que levam ao cálculo de vários índices de qualidade, destacando-se aqueles descritos na seqüência.

- *IQA: índice de qualidade das águas* – considera no seu cálculo as variáveis de qualidade que indicam o lançamento de efluentes sanitários, fornecendo uma visão geral das condições de qualidade do corpo d'água (289 pontos de amostragem pelo Estado); há cinco faixas de valores, cujas classificações são “péssima”, “ruim”, “regular”, “boa” e “ótima”.

Em 2008, a classificação IQA das águas resultou predominantemente “boa” (57% dos pontos amostrados) e 14% enquadraram-se em “ruim” e “péssima”. Nestas, destaca-se a UGRHI 6, Alto Tietê, com 50% dos resultados nestas faixas, indicando a influência significativa das fortes urbanização e industrialização na qualidade das águas superficiais (CETESB, 2009, p. 463). A seguir têm-se alguns dados evolutivos deste índice na figura 6.

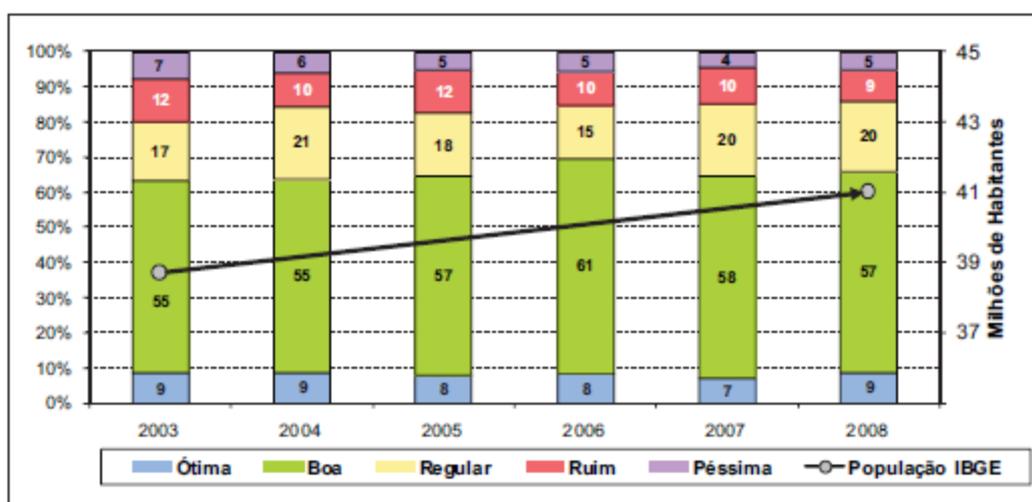


Figura 6 – Evolução da distribuição do IQA, 2003-2008

Fonte: CETESB, 2009

De acordo com a CETESB (2009, p. 467), em relação a 2003, houve uma diminuição de 5%, considerando-se as faixas “ruim” e “péssima”, embora a população do estado, neste período, tenha aumentado em torno de 2,3 milhões de pessoas. Esta tendência de melhora deveu-se principalmente ao aumento de investimentos em saneamento e a outras ações de controle e gestão, embora muito ainda deva ser feito nesta área.

- *IVA: índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática* – inclui no seu cálculo as variáveis essenciais para os organismos que vivem no meio aquático (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade), bem como as substâncias tóxicas e o grau de trofia (192 pontos de amostragem pelo estado); Os resultados de 2008 mostraram que 59% dos resultados caíram nas faixas “ótima”, “boa” e “regular”, o que deixa 41% em “ruim” e “péssima” – bem maior do que os 14% do IQA, devido à maior criticidade dos parâmetros que formam o IVA, por tratar-se de condições para a vida aquática. As UGRHIs com pior

classificação integram os grupos “industrializada”, “em industrialização” e uma delas, o grupo de vocação “agropecuária” (UGRHIs 5, 6, 7, 9, 10 e 15) – 45% ou mais dos pontos monitorados em “ruim” ou “péssima”.

- *IET: Índice de estado trófico* – classifica os corpos d’água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Pode ser calculado com os valores de fósforo total e clorofila “a” ou somente com fósforo total (271 pontos de amostragem pelo estado);

No ano de 2008, a maioria dos corpos d’água apresentou condição mesotrófica (41%). No entanto, 33% estão nos níveis de trofia preocupantes: eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico (efetivamente eutróficos). Bacias como Alto Tietê, PCJ, Sorocaba/Médio Tietê e Turvo/Grande não apresentaram melhora e continuam com 50% ou mais de seus pontos classificados nestas faixas. A PCJ chama a atenção pela piora de seu índice.

- *Análise da toxicidade*: verificação da ocorrência de efeitos tóxicos, no que se refere à proteção das comunidades aquáticas. Para esse fim, foram realizados ensaios ecotoxicológicos com o organismo *Ceriodaphnia dubia* (152 pontos de amostragem pelo estado). A classificação do efeito tóxico, no sentido de aumento da toxicidade, é feita em 3 faixas: “ausente”, “crônico” e “agudo”;

A figura 7 mostra a distribuição dos efeitos tóxicos observada pelo monitoramento das águas em 2008.

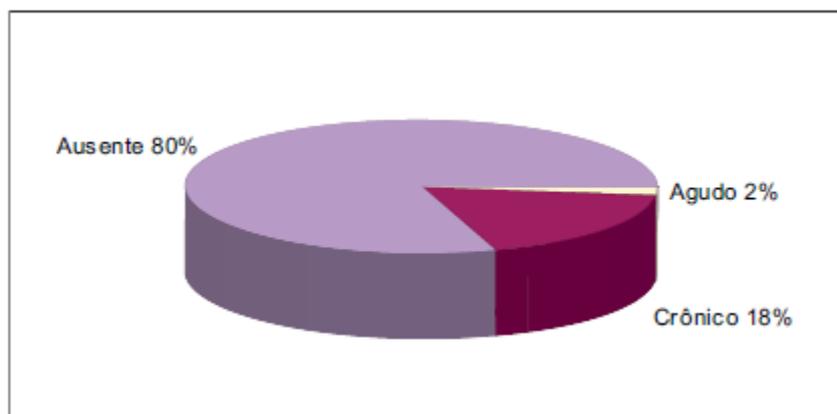


Figura 7 – Distribuição dos efeitos tóxicos nos pontos amostrados das águas superficiais em São Paulo, 2008
Fonte: CETESB, 2009

De acordo com a CETESB (2009, p. 475), a partir de 2005, observa-se tendência de aumento nos percentuais de ausência de efeito tóxico no Estado de São Paulo (de 75 % em 2005 para 80% em 2008). No entanto, 21 das 22 UGRHs apresentaram, em 2008, corpos d'água enquadrados nas classes 2 e 3 em desconformidade com a Resolução CONAMA 357/2005 – não deveriam apresentar toxicidade “crônica” e/ou “aguda” e isto ocorreu. Assim, vê-se que em vários corpos d'água do Estado de São Paulo, verificam-se efeitos prejudiciais à vida aquática, causados principalmente pela presença de agentes químicos.

- *IAP: índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público* – além das variáveis consideradas no IQA (relacionadas ao lançamento de esgotos sem tratamento nos corpos d'água), avalia as substâncias tóxicas e variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, advindas, principalmente, de fontes difusas. O IAP é calculado em quatro meses, dos seis em que os mananciais são monitorados, porque o Potencial de Formação de Trihalometanos, necessário para o cálculo, é realizado com esta frequência. Seu cálculo é feito para os pontos de amostragem coincidentes com captações utilizadas para abastecimento público.

A figura 8 mostra um quadro evolutivo da distribuição do IAP.

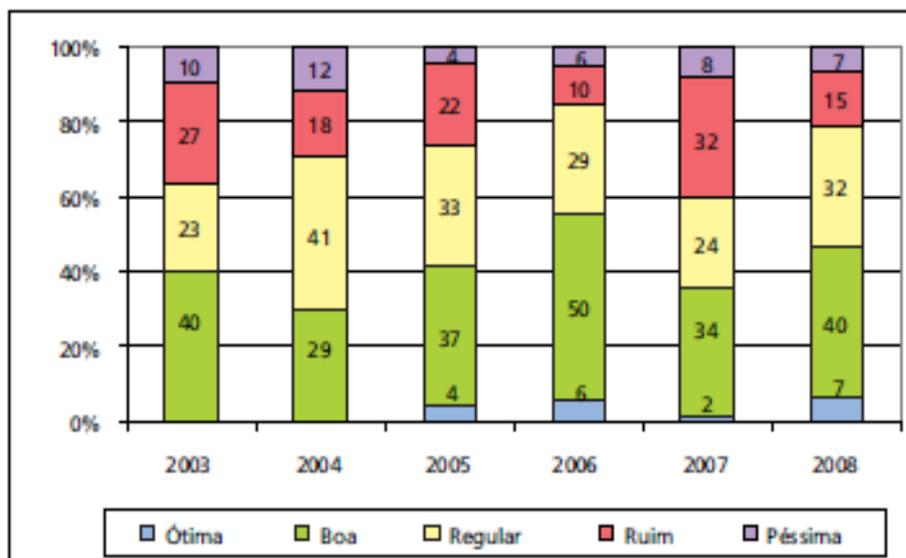


Figura 8 – Evolução da distribuição do IAP, 2003-2008
Fonte: CETESB, 2009

Embora se possa verificar uma tendência geral de melhora do IAP no período em questão, houve “oscilação de piora” significativa em 2007, o que denota ocorrências neste ano, que constituíram causas desta piora (por exemplo, maior precipitação, com maior poluição difusa nos pontos amostrados), porém, não identificadas. De qualquer forma, a tendência de melhora do período, a princípio, foi retomada em 2008.

O panorama geral descrito acima mostra, dentre os principais pontos abordados, que:

- a água é essencial para a vida de vários organismos e integra inúmeros ecossistemas e sistemas na Terra, sejam naturais, modificados ou criados pelo homem, sendo importante para seu funcionamento e sua manutenção;
- a abundância da água é apenas aparente, é relativa, pois a distribuição da sua oferta e da sua demanda, para os mais variados fins, é bastante heterogênea pelo planeta; o mesmo se aplica para o Brasil e para o Estado de São Paulo;
- o crescimento populacional e da quantidade e variedade das atividades humanas, muitas delas envolvendo o uso direto de água, têm exercido forte pressão sobre os recursos hídricos do planeta; esta pressão é significativa, com redução da oferta e aumento da demanda em várias regiões e

localidades da Terra, muitas delas em estado de “estresse hídrico”, com previsão de seu aumento nas próximas décadas; o mesmo é constatado para o Brasil e para São Paulo;

- em termos de oferta de água, além do aspecto mais direto da sua disponibilidade quantitativa, o fator *qualidade* também tem peso significativo e tem sido afetado negativamente pela humanidade devido ao lançamento direto e indireto de esgotos sanitários e de inúmeras substâncias contaminantes nos corpos d’água, em decorrência da urbanização e da industrialização caóticas, de práticas agrícolas inadequadas, bem como de outras negligências na relação dos seres humanos com os recursos hídricos, inclusive de origem educacional e cultural; várias situações de comprometimento qualitativo dos corpos d’água foram citadas acima, tanto para o planeta, como para o Brasil e para São Paulo.

Com este cenário, considerando-se ainda as perspectivas futuras, tendo em conta a escassez crescente de água somente pelo crescimento da população, *“melhor gerenciamento ou gestão dos recursos hídricos é a chave para mitigar a escassez da água e evitar maiores danos aos ecossistemas aquáticos”* (REVENGA, 2000, p. 4, grifo nosso).

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 21-22), o aumento da população e a contaminação dos corpos d’água por esgotos domésticos e industriais contribuem significativamente para intensificarem-se a escassez de água e os conflitos decorrentes disto, em várias regiões do planeta. Assim, é imperativa a adoção de estratégias visando minimizar os riscos potenciais ligados à escassez da água, sendo necessária a quebra do paradigma de abundância de água, no mundo e no Brasil.

Ao analisar o problema do abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo (RMSP), já deficitário, pois a região já importa cerca de 33 m³/s de água da UGRHI vizinha PCJ, Hespanhol (2008) aponta outro paradigma que deve ser quebrado. Os tomadores de decisão responsáveis pelo encaminhamento do abastecimento atual e futuro consideram as soluções dentro do velho paradigma de aumento de oferta de água via captação e importação de águas de mananciais cada vez mais distantes, incluindo a transposição interbacias (soluções usadas há mais de 2000 anos pelos romanos, por exemplo). Custos dos respectivos sistemas, somados a aspectos políticos – como conflitos com as bacias vizinhas – e

ambientais (por exemplo, maior volume de esgotos gerados não considerado nas soluções propostas) certamente colocam estas soluções sob suspeita. Assim, seria necessária a adoção de um “novo paradigma”, que seria a *adoção da conservação e do reúso da água*, de forma regulada, incentivada e planejada.

Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 21-22) também concluem que, particularmente sob a regulação principal relativamente recente estabelecida no Brasil para o gerenciamento dos recursos hídricos (em 1997) – que entre outros pontos, estabelece a água como recurso natural dotado de valor econômico -, o “*uso racional e reúso de água* tornam-se elementos chaves em qualquer programa de gerenciamento de águas e efluentes” (grifo nosso), necessários para enfrentar o cenário das águas que vivemos.

Desta forma, o uso racional, respeitoso e cuidadoso da água pela humanidade é urgente para a sustentabilidade da água enquanto recurso, dos ecossistemas e em particular, da própria humanidade.

2.2 A GESTÃO DA ÁGUA

O dicionário Aurélio define “gestão” como o *ato de gerir ou gerência* e aponta a palavra *administração* como sinônimo (SANTOS, 2007).

Por sua vez, *administração*, de acordo com Chiavenato (2000 *apud* GUEDES, 2006), é o processo de planejar, organizar, dirigir e controlar o uso de recursos a fim de alcançar objetivos. Chiavenato ainda complementa o conceito dizendo que “[...] a tarefa básica da administração é a de fazer as coisas por meio de pessoas de maneira *eficiente e eficaz*.” (grifo nosso).

Assim, é de senso comum afirmar que *gestão é o conjunto de tarefas planejadas, organizadas, executadas e controladas que garantam de maneira eficaz e eficiente, a aplicação dos recursos de uma organização, com o objetivo de serem atingidos os objetivos pré-determinados*. Em outras palavras, cabe à *gestão a otimização do funcionamento das organizações através da tomada de decisões racionais e fundamentadas na coleta e tratamento de dados e de informação relevante* e, por essa via, contribuir para o seu desenvolvimento e para a satisfação dos interesses de seus colaboradores, proprietários, da sociedade em geral ou de um grupo em particular (GUEDES, 2006).

Destacam-se os aspectos do *planejamento* (rumo aos resultados desejados), dos *dados e informações importantes* para subsidiar as decisões e ações a serem tomadas e *da eficiência no uso dos recursos*.

Embora esta conceituação de gestão esteja mais direcionada ao âmbito das organizações empresariais, tratando-se assim de “gestão de organizações”, pode-se ampliar a abrangência do termo “organização (ões)” tratado acima, estendendo-o desde uma família, passando por pequenas comunidades e indo até Estados ou nações.

O termo “gestão” também pode ser aplicado a *bens ou recursos de diversas naturezas*, significando igualmente o seu *uso planejado, controlado (medido, monitorado), com racionalidade, eficiência*, para se obter determinados resultados previamente estabelecidos. *Portanto, assim também se aplica para o bem ou recurso “água”*.

Sobre gestão e especificamente em relação à *gestão das águas ou dos recursos hídricos*, SÃO PAULO, SMA, (2004, p. 39) coloca que

[...] a gestão de uma área de atividade humana *ou de um determinado recurso* constitui-se de um conjunto de procedimentos orientados por princípios e diretrizes que visam atingir fins específicos. Assim, a gestão dos recursos hídricos, em sentido estrito, é a forma como procuramos resolver os problemas de quantidade e qualidade das águas, seus diversos usos e os conflitos daí decorrentes, para atender às exigências de uma sociedade. (grifo nosso).

De forma mais ampla, sobre esta atividade, Lanna (1999, p. 5) escreve que

A Gestão das Águas é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos.

Como “recurso” pressupõe seu uso potencial, Lanna diferencia “gestão das águas” e “gestão dos recursos hídricos”, indicando que esta seria voltada apenas para as águas que deverão ter algum tipo de uso, enquanto aquela teria caráter mais geral, inclui esta e refere-se também ao manejo e cuidado de águas que, por questões ambientais, não devem ser usadas. Assim, a *gestão ou o gerenciamento dos recursos hídricos pode ser definido como o conjunto de ações governamentais,*

comunitárias e privadas destinadas a regular o uso, o controle e a proteção das águas, e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política de recursos hídricos (LANNA, 1999, p. 5).

A gestão das águas ou dos recursos hídricos, como colocada acima, situa-se no âmbito de uma comunidade, formada por entidades diversas, que compartilham interesses nestas águas ou nestes recursos hídricos.

Desde a última década do século XX, principalmente a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD – Rio’92, Eco’92, 1992), a preocupação das organizações mundiais e de muitos países com a conservação da água tem sido crescente. Foi nesta conferência que o conceito de *desenvolvimento sustentável*, lançado na segunda metade dos anos 1980, particularmente com a publicação do relatório “Nosso Futuro Comum”, da Comissão Brundtland (1987), estabeleceu-se como uma das bases e como uma meta para a humanidade.

Neste sentido, um dos resultados importantes da Eco’92 foi o documento *Agenda 21*, um documento de consenso deste evento que passou a ser uma referência importante para o planejamento das nações, nos níveis nacional, regional e local, visando à transição para a sustentabilidade. Possui 40 capítulos, abordando as diversas áreas e elementos do desenvolvimento humano e do meio ambiente, conclamando sua necessária integração. O seu capítulo 18 dedica-se especificamente aos recursos hídricos, sob o título “proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos” (SÃO PAULO, SMA, [199-? ou 200-?]).

Particularmente no item 18.3, a Agenda 21 global declara:

A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo, ao lado da implantação progressiva de atividades incompatíveis, *exigem o planejamento e manejo integrados desses recursos*. Essa integração deve cobrir todos os tipos de massas inter-relacionadas de água doce, incluindo tanto águas de superfície como subterrâneas, e levar devidamente em consideração os aspectos quantitativos e qualitativos. Deve-se reconhecer o caráter multissetorial do desenvolvimento dos recursos hídricos no contexto do desenvolvimento sócio-econômico, bem como os interesses múltiplos na utilização desses recursos para o abastecimento de água potável e saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimento urbano, geração de energia hidroelétrica, pesqueiros de águas interiores, transporte, recreação, manejo de terras baixas e planícies e outras atividades. *Os planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de água subterrâneas ou de superfície e de outras fontes potenciais têm de contar com o apoio de medidas concomitantes de conservação e minimização do desperdício.* [...] (SÃO PAULO, SMA, [199-? ou 200-?], grifos nossos).

De forma resumida, isto nada mais é do que *a gestão (integrada) dos recursos hídricos – pela qual se procura atender às necessidades e interesses dos vários atores em torno das águas ou dos recursos hídricos que compartilham, de forma sustentável, preservando-os.*

Outro aspecto importante que se destaca deste texto, relativo a esta gestão, são os seus dois componentes básicos:

- *gestão da oferta ou do suprimento*: tendo em vista a quantidade e a qualidade da água necessária aos seus diversos usos, inclui políticas e ações destinadas a preservar ou garantir as fontes atuais, bem como identificar, desenvolver e explorar de forma eficiente novas fontes de água. Pode-se dizer que atua preferencialmente no “trecho” que compreende os mananciais, as captações e os sistemas de distribuição de águas gerais ou comuns, até os seus usuários;
- *gestão da demanda*: inclui os mecanismos, ações e incentivos que promovem *a conservação da água e a eficiência do seu uso, com a eliminação ou minimização de desperdícios*; em suma, trata-se de políticas e ações que resultem no *uso racional da água*. Neste caso, pode-se dizer que se trata da criação e aplicação de instrumentos voltados para a *gestão do uso das águas (ou dos recursos hídricos)*, que atua principalmente na quantidade e na

qualidade das águas utilizadas (SALATI, Eneas; LEMOS; SALATI, Eneida, 2006, p. 52).

Uma das relações importantes entre estas duas gestões é a consequência ou o efeito da gestão da demanda sobre a gestão da oferta. Uma boa gestão da demanda contribui, entre outros aspectos, de forma positiva para a gestão da oferta, diminuindo a pressão sobre as fontes de água, bem como a probabilidade de conflitos entre os usuários dos recursos hídricos.

Desta forma, a gestão da demanda teria como missão

[...] gerar poupança de água e ganhos econômicos, aumentando a utilização da água antes dela ser perdida (por atingir o mar, por exemplo), reduzindo a poluição das águas e viabilizando o aproveitamento de fontes atualmente inviáveis. (SALATI, Eneas; LEMOS; SALATI, Eneida, 2006, p. 56).

Um exemplo de *prática de uso racional da água*, que vai neste sentido, no âmbito da gestão de demanda (da ação direta dos usuários) e que *afeta e contribui diretamente para a gestão da oferta*, é o *reúso de água*. Esta prática já é realizada, em alguma medida, por vários setores de atividades que usam água e não é uma prática propriamente nova. No entanto, não se pode dizer que seja generalizada e em muitos casos, somente se realiza em função da pressão real e local da escassez de oferta em mananciais. Sua consideração, avaliação e reconhecimento como prática *preventiva*, viável, compensadora e necessária, em várias situações, vêm aumentando gradativamente entre os setores usuários de água (TELLES; COSTA, 2007, p. 93).

2.2.1 O REÚSO DE ÁGUA

Asano *et al.* (2007, p. 7-8) coloca que a meta do uso e gerenciamento sustentável dos recursos hídricos é atender às necessidades de água de forma confiável e equitativa para as presentes e futuras gerações por meio do projeto de sistemas integrados e adaptáveis, da otimização da eficiência no uso da água e de contínuos esforços para preservação e recuperação dos ecossistemas naturais. Para caminhar em direção a esta meta, múltiplas abordagens e ações são necessárias, *incluindo conservação da água, bem como sua reciclagem e reúso.*

De acordo com Telles e Costa (2007, p. 93), embora já haja certo reconhecimento do reúso de água como uma das práticas principais para a racionalização do uso dos recursos hídricos, ele ainda é função e necessita da aceitação popular, da aprovação do mercado e da vontade política para adoção mais sistemática. No entanto, a prática do reúso de água vem aumentando gradativamente, especialmente quando sua escassez se manifesta.

Segundo Philippi Júnior e Boranga (2003, p. IX-X), o crescimento da população e a degradação de mananciais, principalmente próxima aos aglomerados urbanos, têm exercido pressão para a busca de novas alternativas de fornecimento de água. No entanto, tratando-se de novos mananciais, estes estão cada vez mais distantes, tornando a captação e produção de água, nos padrões de qualidade necessários e exigidos, cada vez mais caras. Assim, o uso de água potável das concessionárias vem se tornando caro (e até inviável) para vários usos, principalmente o uso industrial. Mesmo a captação e tratamento de água destes mananciais pelas próprias indústrias passam a se tornar caros e por vezes, também inviáveis. Assim, a alternativa de reúso de água passa a ser cada vez mais considerada por este setor de atividade.

A necessidade do reúso, de forma mais geral, vem atrelada aos próprios conceitos de sustentabilidade ambiental. Além da escassez como indutora desta prática, sua adoção poupa mananciais próximos e de boa qualidade – grandes volumes de água potável são poupados, utilizando-se águas de menor qualidade para finalidades que não necessitam de potabilidade (TELLES; COSTA, 2007, p. 96).

O Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, em 1958, estabeleceu a seguinte diretriz de gestão para áreas carentes em recursos hídricos: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (HESPANHOL, 2008, p. 139).

Assim, o reúso de água é uma ferramenta importante de gestão do uso da água, sendo desejável que seja precedida da sua conservação e adequadamente utilizada. A qualidade da água necessária para certo fim ou aplicação e da água disponível para reúso é que determinam, por exemplo, o grau de tratamento recomendado, os critérios de segurança necessários, bem como os custos operacionais associados. A tecnologia de reúso é uma forma de reaproveitamento de águas servidas que pode ser aplicada desde o âmbito local – como uma

recirculação de água de enxágüe de uma máquina de lavar roupas para uso em vasos sanitários -, passando por tratamento necessário ao uso para lavagem de veículos ou regas de jardins, indo até reservatório externo do qual sistemas adequados de eventuais tratamentos e distribuição encaminhem, por exemplo, para algum uso industrial (TELLES; COSTA, 2007, p. 96-97).

Brega Filho e Mancuso (2003, p. 26-28), baseados em Westerhoff (1984), classificam o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Esta classificação, descrita na seqüência, foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), seção São Paulo.

- Reúso potável
 - Reúso potável direto: quando o esgoto, após tratamento avançado, é enviado para sistema de água potável;
 - Reúso potável indireto: quando o esgoto, após tratamento, é lançado em águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e utilizado como água potável.
- Reúso não potável
 - Para fins agrícolas: irrigação de culturas alimentícias ou não e dessedentação de animais; como consequência, parte da água também pode recarregar lençóis subterrâneos;
 - Para fins industriais: operações de resfriamento, águas de processo, utilização em caldeiras etc.;
 - Para fins recreacionais: para irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e enchimento de lagoas paisagísticas e recreacionais;
 - Para fins domésticos: para rega de jardins residenciais, descargas sanitárias, com possibilidade deste tipo de uso em grandes edifícios;
 - Para manutenção de vazões em corpos d'água: para manter a capacidade destes corpos em diluir e carrear adequadamente poluentes de várias fontes, propiciando vazões mínimas em estiagens;
 - Para aquícultura: produção de peixes e plantas aquáticas, para alimentos e/ou energia, aproveitando eventuais nutrientes presentes nas águas servidas reusadas.

- Para recarga de aquíferos subterrâneos: por meio de injeção sob pressão ou de forma indireta, por meio de águas superficiais com efluentes tratados (BREGA FILHO; MANCUSO, 2003, p. 26-28).

Particularmente no Brasil, embora existam muitas possibilidades de reúso de água para atendimento de vários usos benéficos, as formas mais significativas são o reúso na área urbana, o reúso industrial, o reúso agrícola (especialmente importante, dado que o uso consuntivo de água na agricultura é de cerca de 70% do uso total) e o reúso para recarga artificial de aquíferos (HESPANHOL, 2003, p. 41).

Todos estes reúsos, para serem realizados, necessitam de uma série de considerações relativas à sua viabilidade técnica e econômica. Há diversas tecnologias disponíveis para eventual necessidade de adequação das águas servidas à finalidade do seu reúso. Outro aspecto importante refere-se ao controle e à segurança das operações de reúso de água, em termos da saúde das pessoas que terão contato com as águas em reúso e da integridade de processos, instalações e produtos nos quais a água será utilizada.

2.2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

A seguir citam-se alguns dos principais marcos legais para a gestão dos recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo.

No âmbito *federal*, do século XX para a atualidade, podem-se destacar:

- o “Código de Águas” – decreto nº. 24.643, de 10 de julho de 1934. Este decreto definiu os vários tipos de águas do território nacional, critérios para seu aproveitamento e requisitos relacionados às autorizações para derivação, bem como aspectos ligados à contaminação das águas (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p.23). Seu objetivo principal foi estabelecer regras e controle federal para o uso dos recursos hídricos, principalmente para fins energéticos (geração de energia elétrica). No entanto, há princípios neste código que, pode-se dizer, constituíram um dos primeiros instrumentos de controle do uso de recursos hídricos no país, uma das bases para a gestão pública do saneamento, principalmente quanto à água para abastecimento (SÃO PAULO, SMA, 2004, p.30); a partir daí, outros instrumentos legais

foram desenvolvidos para o tratamento dos recursos hídricos, principalmente aqueles pós 1970, acompanhando a evolução do tratamento das questões ambientais;

- Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (correlações: revoga a Resolução CONAMA nº 20/86; alterada pela Resolução CONAMA nº 370/06 (prorroga o prazo previsto no art. 44); alterada pela Resolução CONAMA nº 397/08 (alteração do inciso II do § 4o e da Tabela X do § 5o do art. 34 e inserção dos § 6o e 7o); complementada pela Resolução CONAMA nº 393/07 quanto aos padrões de descarte de óleos e graxas em água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural) – dispõe sobre a classificação dos corpos de água, de acordo com os seus usos, e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005a). De forma geral, esta classificação é feita conforme a tabela 14.

Tabela 14 – Classificação geral das águas (superficiais) brasileiras, de acordo com a resolução CONAMA 357/05

Águas	Salinidade (S)	Classes
Doces	$\leq 0,5\text{‰}$	Especial, 1, 2, 3 e 4
Salobras	$0,5 < S < 30\text{‰}$	Especial, 1, 2, e 3
Salinas	$\geq 30\text{‰}$	Especial, 1, 2, e 3

Fonte: adaptado de Mierzwa; Hespanhol, 2005 e Telles, 2008

Iniciando-se pela classe “especial” e seguindo-se na direção numerada das outras classes (1 a 4 ou 1 a 3), o teor de substâncias ou impurezas nas águas aumenta gradualmente, enquanto os seus usos, partindo-se do “mais nobre” – consumo humano, apenas com desinfecção da água na classe “especial” -, vão ficando cada vez mais restritos. Esta resolução também regulamenta o lançamento de efluentes nos corpos d’água, bem como as concentrações máximas de algumas substâncias na sua composição. Uma diretriz importante é que estes lançamentos de efluentes não podem ocasionar a mudança (piora) de classe atual ou pretendida (planejada) dos corpos d’água que os recebem (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 24);

- Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas

subterrâneas, bem como para a prevenção e o controle da sua poluição. O enquadramento das águas é feito em função de eventual alteração antrópica de sua qualidade e da conseqüente necessidade ou não de sua adequação, tendo-se em vista seus usos preponderantes. Para estes usos, por sua vez, a resolução define limites de concentração de substâncias que podem ocorrer nas águas subterrâneas, a partir de valores de referência de qualidade, no seu estado natural (Anexo 1 da resolução). O quadro 16 descreve a classificação, de forma geral (ver APÊNDICE B) (BRASIL, 2008);

- *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 – marco importante para a gestão dos recursos hídricos no Brasil – institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 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 (BRASIL, 1997).*

Esta política traz um modelo de gestão de recursos hídricos similar àquele utilizado na Europa e em alguns Estados norte-americanos (informação verbal) ². Essencialmente, busca a gestão integrada, realizada pelos diversos atores interessados, poder público e usuários das águas. Esta gestão seria realizada de forma descentralizada, participativa, na qual a bacia hidrográfica é a unidade e o foco da gestão.

O Título I da lei descreve a Política Nacional de Recursos Hídricos. Do seu capítulo I, os *fundamentos* da política, destacam-se:

- a água é um bem público, um recurso limitado e com valor econômico;
- havendo escassez de água, deve-se priorizar o abastecimento humano e a dessedentação de animais;
- a gestão deve garantir o uso múltiplo da água e ocorrer de forma descentralizada, participativa;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da gestão.

Do capítulo II, os *objetivos*, ressaltam-se:

- disponibilidade quantitativa e qualitativa de água atual e futura;
- *uso racional e integrado dos recursos hídricos;*
- prevenção e defesa contra eventos críticos (secas, inundações etc.).

² Informação fornecida pelo Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles em aula realizada no Programa de Pós-Graduação do Centro Paula Souza, em São Paulo – SP, em setembro de 2008.

Do capítulo III, *as diretrizes*, destaca-se a gestão sistemática e sistêmica dos recursos hídricos: quantidade e qualidade associadas, integração e articulação com gestão ambiental e com outros planos, com o uso do solo e com a gestão dos sistemas estuarinos e costeiros, nas três esferas de governo.

O capítulo IV trata *dos instrumentos* da política. Merecem destaque:

- os Planos de Recursos Hídricos – com conteúdo mínimo estabelecido nesta lei, orientam a execução da gestão propriamente dita: diagnóstico da situação dos recursos hídricos locais (bacia), balanços entre ofertas e demandas atuais e futuras, metas de racionalização do uso e de melhorias de qualidade das águas, ações a serem tomadas para o atendimento das metas etc.; estes planos devem ser elaborados por bacia, por estado e para o país (desejável que “conversem” entre si)

- o enquadramento dos corpos d’água, de acordo com os usos preponderantes – neste aspecto, a resolução CONAMA 357/05, já citada, é a referência para isto.

- *a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos* – é uma autorização para o uso da água, conferida pelo poder público, cujo objetivo é garantir o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o exercício dos direitos ao seu acesso. Concedida por determinado período, está sujeita à suspensão ou renovação, de acordo com determinados critérios. O artigo 12 estabelece quais direitos de uso estão sujeitos à outorga:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, *ou insumo de processo produtivo*;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final *ou insumo de processo produtivo*;

III - *lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final*;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água. (BRASIL, 1997, grifos nossos)

- *a cobrança do uso de recursos hídricos* – do texto da política, destacam-se:

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

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

II - incentivar a racionalização do uso da água; (...)

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

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

II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente. (BRASIL, 1997, grifos nossos)

A outorga e a cobrança dos recursos hídricos são dois instrumentos particularmente importantes na sua gestão, pois entre outros aspectos, tem um potencial de indução de boas práticas de gestão de demanda por parte dos usuários, especialmente da indústria, principalmente pelo fator econômico envolvido. A forma como é orientada a cobrança inclui dois princípios, o do “usuário pagador” (pela captação e consumo de água) e o do “poluidor pagador” (pelo lançamento de cargas potencialmente poluidoras nos corpos d’água) (GRANZIERA, 2000, p. 73).

Os valores arrecadados com a cobrança deverão ser prioritariamente aplicados em projetos e ações dos planos de recursos hídricos das bacias que os arrecadaram – ou seja, investimentos para melhor gestão das águas da própria bacia.

- o sistema de informações sobre recursos hídricos – deve ser estruturado um sistema de geração, compilação, organização e disponibilização de dados necessários à gestão das águas (quantidade / disponibilidade, qualidade, demandas etc.); os órgãos geradores dos dados e informações espalhados pelo país devem ligar-se e disponibilizá-los ao sistema nacional de informações sobre os recursos hídricos; esta estrutura é importante referência para a elaboração dos planos de recursos hídricos.

O Título II desta lei estabelece e descreve o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que tem como atribuição geral principal, implantar a política nacional de recursos hídricos (descrita no Título I). Além disto, tem como objetivos: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar eventuais conflitos relacionados ao uso das águas; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação do recursos hídricos.

As entidades que compõem o sistema e estão encarregadas destas atribuições (ou de outras que as subsidiem) são: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas (criada e incluída pela lei 9.984, de 17.7.2000), os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os órgãos das três esferas de governo com atribuições relacionadas à gestão de recursos hídricos e as Agências de Águas.

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 25), esta lei integrou alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento sustentável, defendidos na Agenda 21, *especialmente o uso racional da água*, bem como o reconhecimento do valor econômico dos recursos naturais.

- Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 - dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências (BRASIL, 2000). Principal órgão executivo deste sistema, articula a implantação da política nacional de recursos hídricos com atribuições dela decorrentes em âmbito federal e com as unidades da federação.
- Resolução CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) nº 16, de 8 de maio de 2001, que define a outorga de uso dos recursos hídricos do país e estabelece critérios e procedimentos para a sua execução (BRASIL, 2001).

No Estado de São Paulo, destacam-se os seguintes instrumentos legais:

- Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente e foi regulamentada pelo Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976. Estes instrumentos atribuem à atual Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a criação de instrumentos, de planejamento e de execução de ações para o licenciamento ambiental e o controle da poluição no Estado de São Paulo; no que se refere às águas ou ao “meio água”, classifica as águas do estado de acordo com seus usos preponderantes, com seus respectivos padrões de qualidade e de emissão de efluentes. Os seus artigos 18º e 19º estabelecem critérios de lançamento de efluentes em corpos d’água e em sistemas de coleta e tratamento de esgotos dos municípios, respectivamente (SÃO PAULO, [200-]a, [200-]b).

- Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Inclui a cobrança da água (“usuário pagador” e “poluidor pagador” pela primeira vez, antes da lei federal). Certamente, inspirou e foi uma das bases para a lei federal 9.433 / 97 (SÃO PAULO, [200-]c).
- Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996. Aprova o regulamento dos artigos 9º a 13º da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991 – regulamento da *outorga de direitos de uso dos recursos hídricos* (SÃO PAULO, 2009a).
- Portaria DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica) 717, de 12 de dezembro de 1996. Aprova a norma e os anexos de I a XVIII que *disciplinam o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de São Paulo*, na forma da Lei Estadual nº 6.134, de 02.06.88, que dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas no Estado de São Paulo, e de seu regulamento, aprovado pelo Decreto Estadual nº 32.955, de 07.02.91, bem como da Lei Estadual nº 7.663, de 30.12.91, que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos, e de seu regulamento, aprovado pelo Decreto Estadual nº 41.258 de 31/10/1996 que dispõe sobre *Outorga e Fiscalização* (SÃO PAULO, [200-]d).
- Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a *cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo*, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências. Esta lei foi regulamentada pelo Decreto nº 50.667, de 30 de março de 2006 (SÃO PAULO, [2006?]a, [2006?]b).

Este decreto estabelece, entre outros procedimentos, o cálculo do valor a ser cobrado do usuário conforme descrito a seguir.

Valor total da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, para um determinado período de cálculo:

$$\text{Valor Total da Cobrança} = \sum \text{PUF}_{\text{CAP}} \times V_{\text{CAP}} + \sum \text{PUF}_{\text{CONS}} \times V_{\text{CONS}} + \sum \text{PUF}_{\text{parâmetro(X)}} \times Q_{\text{parâmetro(X)}}$$

onde:

V_{CAP} = volume total (m^3) captado, derivado ou extraído, por uso, no período, em corpos d'água;

V_{CONS} = volume total (m^3) consumido por uso, no período, decorrente de captação, derivação ou extração de água em corpos d'água;

$Q_{\text{parâmetro(X)}}$ = Valor médio da carga do parâmetro(X), em quilos (kg), presente no efluente final lançado, por lançamento, no período, em corpos d'água.

PUFs = Preços Unitários Finais equivalentes a cada variável considerada na fórmula da cobrança.

Verificam-se os aspectos *quantitativos* da cobrança da água, representados pelos dois primeiros termos nesta equação e os *qualitativos*, representados pelo terceiro termo, compondo a cobrança total.

A cobrança da água está sendo implantada gradualmente no país e no Estado de São Paulo, tendo-se iniciado na bacia do rio Paraíba do Sul (e em suas sub-bacias estaduais), em março de 2003. Há um comitê de bacia federal e sete estaduais nesta bacia (um de São Paulo, quatro do Rio de Janeiro e dois de Minas Gerais) sendo que até 2009, o federal e cinco estaduais efetuam a cobrança pelo uso da água dos usuários já cadastrados e outorgados. Na bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), a cobrança iniciou-se em janeiro de 2006. Há um comitê de bacia federal e dois estaduais (um de São Paulo e um de Minas Gerais), com cobrança implantada no federal e no de São Paulo. Além destes, a cobrança é efetuada em mais seis bacias do Estado do Rio de Janeiro. Desta forma, com a cobrança implantada em duas bacias hidrográficas de rios de domínio da União e em doze bacias de domínio estadual, totalizando 2.479 usuários em cobrança, arrecadou-se um valor total de R\$ 53.041.820,72 em 2009. Estes recursos arrecadados devem ser repassados integralmente pela ANA à Agência de Águas das bacias, de acordo com a Lei nº 10.881, de 2004. Cabe a cada Agência de Águas alcançar as metas previstas no contrato de gestão

assinado com a ANA, instrumento pelo qual são transferidos os recursos arrecadados (ANA, 2010).

Com relação ao *reúso de água*, podem-se destacar os seguintes marcos legais:

- Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências (BRASIL, 2005b);
- Decreto No. 45.805, de 15/05/2001 - institui, no âmbito da administração pública, o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável, com a finalidade de implantar, promover e articular ações visando à redução e ao seu uso racional (SÃO PAULO, 2009b);
- Lei No. 13.309, de 31/01/2002 - dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências; lei No. 14.018, de 28/06/2005 - institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências (âmbito municipal, São Paulo - SP) (SÃO PAULO, Município, 2009a, 2009b).

Embora existam instrumentos legais como estes, compondo iniciativas para o reúso de água, eles são incipientes e isolados. Seria importante institucionalizar, regulamentar e incentivar a prática do reúso, a partir de uma política de reúso de água, estimulando-se aquelas práticas que permanecem embrionárias e desenvolvendo-se outras que ainda não se iniciaram. A ordenação política, institucional, legal e regulatória para as atividades de reúso de água pode constituir um elemento importante para a melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis, o controle da poluição e a atenuação do problema de seca em regiões semi-áridas (HESPANHOL, 2003, p. 88-90).

Considerando-se o panorama apresentado para a água no planeta, no Brasil e em São Paulo, bem como os conceitos abordados de gestão e as disposições legais listadas, referentes ao gerenciamento dos recursos hídricos, pode-se concluir que a gestão de água em uma organização deveria ser estabelecida e direcionada para dois pontos básicos:

- *no âmbito do sistema interno, o uso racional da água, que compreende essencialmente:*
 - *a conservação da água e a eficiência do seu uso, com a eliminação ou minimização de desperdícios, elementos de gestão da demanda;*
 - *a prática do reúso de água, nas modalidades e formas que se mostrarem seguras e viáveis, contribuindo para a gestão da oferta;*
- *no âmbito mais sistêmico, olhando também para o externo à organização, a integração da gestão de água da organização com a gestão das águas na comunidade, por meio da participação nos comitês de bacias hidrográficas.*

2.3 USO E GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

Em função de sua propriedade de “dissolução universal” e de sua capacidade térmica, para realizar trocas térmicas, a água encontra diversas aplicações em vários setores da indústria. Alguns deles são chamados de “hidro-intensivos”, devido ao uso significativo de água em suas operações. Assim, a quantidade e a qualidade necessárias de água variam bastante em função do setor produtivo e mesmo dentro dele, o volume de água também pode variar, entre outros aspectos, devido ao tipo de tecnologia empregada ou de procedimentos operacionais adotados (RIBEIRO; BASSOI, 2007, p. 179).

Após a utilização da água na indústria, como sua consequência, é praticamente certa a geração de efluentes líquidos industriais, em maior ou menor quantidade e com qualidade ou conteúdos os mais variados, dependendo basicamente, entre outros aspectos, do tipo de processo produtivo, assim como o próprio uso da água. Devido ao potencial contaminante e poluidor destes efluentes, ao longo do tempo, as legislações ambientais foram estabelecendo limites para o lançamento no ambiente de várias substâncias contidas nestes efluentes, particularmente em corpos d’água (exemplo: resolução CONAMA 357/05). Isto resultou, entre outros aspectos, na necessidade das unidades industriais tratarem seus efluentes líquidos antes de lançá-los no ambiente.

Desta forma, a indústria deve gerenciar adequadamente a água que capta, utiliza e devolve ao ambiente, dentro de princípios e procedimentos próprios, bem

como de instrumentos e padrões legais. A seguir, descreve-se as características da utilização da água na indústria, bem como do gerenciamento básico dos efluentes líquidos industriais.

2.3.1 A ÁGUA INDUSTRIAL

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 33-34), a água pode ser utilizada na indústria das seguintes formas:

- *Matéria-prima*: incorporada como constituinte dos produtos finais. Exemplos: bebidas, medicamentos, produtos de higiene e limpeza pessoais, produtos químicos, de limpeza e sanitização, alimentos etc. Desta forma, a qualidade da água necessária também varia de um para o outro. Por exemplo, para medicamentos, a água deve possuir um alto grau de pureza relativo ao seu uso para um produto sanitizante;
- *Uso como fluido auxiliar*: para preparações de suspensões ou soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos (meio de reação), como veículo ou em operações de lavagem. A qualidade da água também varia, dependendo do contato desta água com o produto e do seu tipo;
- *Uso para geração de energia*: a água, em seu estado natural, é utilizada para que sua energia potencial e cinética converta-se em energia elétrica, por meio da sua ação sobre um eixo, provocando sua rotação, que aciona um gerador elétrico. Podem-se utilizar águas brutas de rios, lagos ou outros reservatórios, cuidando para que eventuais materiais presentes na água não danifiquem o sistema.

Outra forma é conferir energia térmica à água, por meio de seu aquecimento via queima de combustíveis. A água, transformada em vapor a alta pressão, aciona um êmbolo ou turbina, que por sua vez integra o sistema gerador elétrico. Assim, a energia térmica e de pressão da água (vapor) transforma-se em energia mecânica para gerar energia elétrica. A qualidade da água deve ser alta, em termos de isenção de impurezas,

para não ocasionar problemas nos geradores de vapor e no sistema, como um todo;

- *Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento:* na forma de vapor ou líquida (quente), a água pode *aquecer* processos ou sistemas que necessitam de calor ou de temperaturas acima da temperatura ambiente para que ocorram ou se desempenhem a contento; da mesma forma, pode ser utilizada em temperatura ambiente ou abaixo dela para *remover calor* de processos ou sistemas para que estes operem nos parâmetros desejados. Estas *trocias térmicas* envolvendo a água podem ser *diretas* – vapor ou água em contato direto com os meios a serem aquecidos / resfriados – ou *indiretas* – vapor ou água separados dos meios a serem aquecidos / resfriados por uma superfície termo-condutora (como ocorre nos equipamentos chamados trocadores de calor). A qualidade necessária para a água depende de esta ser utilizada como vapor ou não e/ou se terá ou não contato direto com as matérias-primas, produtos intermediários ou produtos finais. Em geral, para vapor e para contato direto, a qualidade ou a pureza da água deve ser relativamente maior.
- *Transporte e assimilação de contaminantes:* nas instalações sanitárias, na lavagem de equipamentos e instalações ou para incorporar e carrear subprodutos sólidos, líquidos ou gasosos, gerados pelos processos industriais. A qualidade também depende da operação específica e mesmo da atividade produtiva. Por exemplo, água para lavagens de instalações produtivas de medicamentos ou de alimentos deve ter um grau de pureza alto em relação àquela para lavagem de pisos numa indústria metalúrgica.

De forma complementar, a FIESP (2004, p. 23) destaca os seguintes usos, secundários para a atividade produtiva em si, porém necessários e em alguns casos, significativos em quantidade:

- Consumo humano: sanitários, vestiários, refeitórios, bebedouros;
- Combate a incêndios e irrigação (rega de plantas ou jardins, na área da unidade industrial).

Detalhando um pouco mais a variabilidade do uso industrial da água, segundo Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 38), o consumo de água na indústria é função de vários fatores, dos quais merecem destaque:

- Ramo de atividade
- Capacidade de produção
- Condições climáticas da região
- Disponibilidade hídrica local
- Método de produção
- Idade da instalação
- Práticas operacionais
- Cultura da empresa e da comunidade local

Assim, vê-se, por exemplo, que duas unidades industriais de um mesmo ramo de atividade e um mesmo método de produção, podem consumir uma quantidade de água significativamente diferente, em função de outros fatores listados também o serem. Se uma unidade situa-se em região de clima frio e a outra, em clima quente, a primeira consumirá menos água (e energia) para operações de resfriamento do que a segunda.

A tabela 15 dá um dado de consumo de água para algumas atividades industriais.

Tabela 15 – Consumo de água em algumas indústrias no mundo

Indústria e produto	Unidade de produção (tonelada, exceto quando especificado)	Necessidade de água por unidade de produção (litros)
BORRACHA SINTÉTICA		83.500 a 2.800.000
ÁCIDO ACÉTICO		417.000 a 1.000.000
PAPEL E CELULOSE		
Polpa mecânica	tonelada de polpa de madeira	30.000 a 40.000
Polpa ao sulfato	tonelada de polpa branqueada	170.000 a 500.000
Polpa ao sulfito	tonelada de polpa branqueada	300.000 a 700.000
Papel jornal		165.000 a 200.000
Papel fino		900.000 a 1.000.000
Papel para impressão		500.000
TÊXTIL		
Maceração e tratamento de linho		30.000 a 40.000
Tratamento de lã		240.000 a 250.000
Tingimento de tecidos		52.000 a 560.000
Tecelagem de algodão		10.000 a 250.000
SODA CÁUSTICA		60.500 a 200.000
BENEFICIAMENTO DE COURO	<i>tonelada de peles</i>	<i>50.000 a 125.000</i>
METAIS NÃO FERROSOS (brutos e semi-acabados)		80.000
VIDRO		68.000
FERRO E PRODUTOS DE AÇO		
Alto forno, sem reciclagem		50.000 a 73.000
Aço acabado e semi-acabado		22.000 a 27.000
AUTOMOBILÍSTICA	veículo produzido	38.000
CARNE		
Matadouro	tonelada de carcaça	4.000 a 10.000
Carne enlatada	tonelada de carne preparada	8.800 a 34.000
Derivados de carne	tonelada de carne preparada	200
Fábrica de salsicha		20.000 a 35.000
PETRÓLEO E COMBUSTÍVEIS		
Extração de petróleo	1.000 litros de óleo cru	4.000
Refinarias de petróleo	tonelada de óleo cru	10.000 a 30.500
Gasolina	1.000 litros	7.000 a 10.000
Gasolina para aviação	1.000 litros	25.000
Querosene		40.000
BEBIDAS		
Cerveja	1.000 litros	6.000 a 30.000
<i>Whisky (EUA)</i>	<i>1.000 litros</i>	<i>2.600 a 76.000</i>
<i>Destilados alcoólicos (Israel)</i>	<i>1.000 litros</i>	<i>30.000</i>
<i>Vinho (França)</i>	<i>1.000 litros</i>	<i>2.900</i>
<i>Vinho (Israel)</i>	<i>1.000 litros</i>	<i>500</i>
CIMENTO PORTLAND		550 a 2.500
MINERAÇÃO BAUXITA	tonelada de minério	300

Fonte: adaptado de Van der Leeden; Troise; Todd, 1990 *apud* Mierzwa; Hespanhol, 2005 (grifos nossos)

Na tabela 15, pode-se verificar a variação de consumo específico (por unidade de produção) de um setor para o outro e em muitos casos, dentro do mesmo setor ou da mesma indústria (faixas extensas de variação). Isto ocorre essencialmente devido aos fatores mencionados acima. Pode-se verificar que alguns setores, os primeiros da tabela, são “hidro-intensivos”, ou seja, para uma tonelada de produto, os consumos de água são relativamente altos – como algumas indústrias químicas, papel e celulose, têxtil e *a própria indústria de beneficiamento de couros (os curtumes)*. Outras já possuem um consumo específico relativamente baixo – como a indústria de cimento e a mineração de bauxita.

Outro aspecto interessante, destacado nesta tabela, é o consumo da indústria de bebidas. Comparando-se os consumos de Israel com o dos EUA (destilados alcoólicos e *whisky*) e com o da França (vinhos), constata-se que Israel apresenta um consumo menor, principalmente para os vinhos. Ressalvando-se a influência de outros fatores dentre aqueles citados anteriormente, *há grande probabilidade do fator disponibilidade hídrica justificar esta diferença – ou seja, como este fator é muito baixo em Israel frente aos outros dois países, Israel produz a mesma quantidade de bebida de forma muito mais eficiente, com relação ao uso de água. Assim, um fator indutor do uso racional, otimizado e mais eficiente da água é a baixa disponibilidade hídrica local. Isto mostra aos outros que é possível produzir produtos semelhantes com menor quantidade de água e assim, há alguma margem para que eles aumentem sua eficiência de uso da água na produção destas bebidas.*

Este número ou dado – o *consumo específico relativo à produção* – é uma das informações ou referências importantes para um sistema de gestão de água na indústria.

Como já indicado anteriormente, a indústria utiliza água para diversas operações e cada uma tem requisitos de qualidade da água, mais ou menos restritos ou rigorosos em função da operação específica. A tabela 16 dá uma classificação básica, geral das águas para uso industrial, com base nas características de águas superficiais da região sudeste do Brasil.

Tabela 16 – Categorias de água de acordo com sua composição ou qualidade

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

SDT = sólidos dissolvidos totais; DQO = demanda química de oxigênio; SST = sólidos suspensos totais; Dureza = teor de cálcio e de magnésio

(a) valores baseados nos dados fornecidos pela ANEEL

(b) valores baseados nos dados pela ANEEL e pela classificação da água em função da dureza

Fonte: adaptado de Higgins, 1989; ANEEL, 2000 *apud* Mierzwa; Hespanhol, 2005

“Água ultra pura” é requisitada, por exemplo, para medicamentos. Por outro lado, operações de resfriamento (troca térmica indireta, por exemplo) já permitem o uso de água tratada e em certos casos, água bruta ou reciclada.

O quadro 4 destaca, de forma geral, a qualidade requerida para alguns usos gerais na indústria.

Quadro 4 – Associação entre usos industriais da água e os respectivos requisitos gerais de qualidade

Uso industrial – situação específica	Água - qualidade requerida
Água é incorporada ao produto (ex.: alimentos, bebidas, medicamentos)	- isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde; - isenta de organismos prejudiciais à saúde; - esteticamente agradável (baixas turbidez e cor, isenta de sabor e odor)
Água entra em contato com o produto	- variável com o produto
Água não entra em contato com o produto (ex.: resfriamento e caldeiras)	- baixa dureza; - baixa agressividade química

Fonte: adaptado de Sperling, 1996 *apud* Telles; Costa, 2007

Além destes parâmetros, para certas aplicações industriais e/ou determinadas etapas do processo produtivo e/ou certos produtos, há a necessidade de que a água atenda a uma série de requisitos adicionais. A tabela 24 exemplifica isto (ver APÊNDICE C).

Há processos produtivos bastante exigentes quanto à qualidade da água, tanto em número de parâmetros quanto nos seus valores e limites – por exemplo, plásticos e resinas e farmacêuticos. Por outro lado, também há processos pouco exigentes, como o de petróleo e o de laminação, onde a água é preferencialmente utilizada como veículo, para resfriamentos e para transporte e assimilação de contaminantes.

No caso da indústria farmacêutica, dependendo dos processos e dos produtos, ainda há exigências e limites para a água quanto ao seu conteúdo de micro-organismos, seus metabólitos (endotoxinas), condutividade elétrica e matéria orgânica total (carbono orgânico total) – geralmente, bem baixos (THE UNITED STATES PHARMACOPEIA, 1999 *apud* MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 38)

Se a qualidade da água utilizada não estiver minimamente adequada à sua aplicação, podem ocorrer problemas com custos operacionais adicionais para a indústria, como incrustações em tubulações, corrosão, contaminações microbianas de produtos em processo e acabados.

Desta forma, é comum a indústria aplicar algum tipo de tratamento à água para sua adequação aos seus diversos usos. Há vários tipos de tratamento e por vezes, as indústrias precisam combiná-los para obterem o tipo de água de que necessitam. Neste aspecto, pesam os fatores qualidade(s) necessária(s) *versus* segurança, custo(s) do(s) tratamento(s), custos operacionais (manutenção etc.) e eventuais benefícios adicionais (TELLES; COSTA, 2007, p. 18).

Em geral, a indústria capta a água de algum manancial e realiza seu tratamento inicial para adequá-la aos padrões de qualidade de suas maiores demandas. Então, a partir desta “água geral”, eventualmente adota operações adicionais para obter águas de maior pureza, com características mais restritivas. No entanto, tem sido comum a indústria procurar trabalhar com água *pelo menos* Tipo III (“água tratada” – da tabela 16), desde a captação (se possível) ou pelo menos como “água geral inicial”, após seu primeiro tratamento, com o objetivo de proteger seus equipamentos e instalações, economizar recursos com manutenções e trocas destes itens. Neste ponto, a água subterrânea normalmente é uma opção interessante, se disponível para a indústria, visto que possui qualidade ou pureza geralmente maior do que as águas superficiais, principalmente em termos de materiais ou sólidos em suspensão (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 43).

As técnicas de tratamento da água dependem basicamente das impurezas e compostos a serem removidos. Quanto maior o grau de pureza a ser atingido, mais complexo é o sistema de tratamento. Para se obter a água necessária de forma eficiente, técnica e economicamente, aspectos importantes devem ser considerados, como:

- Experiência da equipe de projeto
- Conhecimento dos processos industriais envolvidos
- Qualidade da(s) água(s) disponíveis
- Qualificação, capacitação dos operadores
- Procedimentos de operação e manutenção dos sistemas
- Custos dos equipamentos e operacionais

Além destes, a geração de efluentes e de resíduos nos processos de tratamento devem ser considerados, *tendo em mente sua minimização*.

Sistemas mais sofisticados de tratamento da água são mais caros, mas seus custos estão diminuindo, em função da escassez crescente da água, bem como do aumento do rigor das normas de gestão dos recursos hídricos, incluindo a própria cobrança da água. Se o custo é mais alto num primeiro momento, água mais “limpa” no início dos processos produtivos, em geral, significa menores custos operacionais pela diminuição de danos a equipamentos, instalações e até a produtos e *maior possibilidade de aproveitamento dos efluentes ou águas utilizadas pelos processos*. Assim, as considerações sobre sistemas de tratamento de água para a indústria devem incluir não apenas seus usos específicos, mas os fatores relacionados à produção, distribuição, armazenamento, *reutilização* e tratamento da água, após seu uso (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 43).

Os principais tipos de tratamento para adequação da água industrial são:

- *sistema convencional de tratamento*: similar aos sistemas de tratamento de água para abastecimento público – para remoção de sólidos em suspensão de vários tamanhos (desde grosseiros até coloidais), oxidar alguns compostos, remover ou diminuir sua carga microbiana e eventuais características corrosivas. Após sistema de captação de algum manancial, em geral de superfície, pode conter as seguintes etapas (não todas necessariamente): aeração / pré-cloração; coagulação, floculação e decantação; filtração; desinfecção; anti-corrosão / anti-incrustação. Após as

etapas de tratamento, tem-se normalmente um sistema de armazenamento e distribuição da água tratada para uso (ver esquema de possível arranjo para tratamento convencional no APÊNDICE C – figura 21);

- *abrandamento*, para remoção de dureza (por troca iônica, precipitação química ou separação por membranas);
- *degaseificação*, para remoção de gases dissolvidos (gás carbônico, oxigênio, sulfeto de hidrogênio, por exemplo);
- *remoção de sílica solúvel*;
- *troca iônica*, para remoção de íons indesejáveis por meio da passagem da água por leitos de resinas granuladas trocadoras de íons;
- *separação por membranas*, para remoção desde partículas sólidas de pequenos diâmetros, passando por moléculas, até compostos iônicos ou íons. Este processo também é chamado de filtração tangencial, pois o fluxo é preferencialmente alimentado paralelamente à superfície filtrante das membranas. A figura 22 mostra um esquema de filtração ou separação por membranas, enquanto a tabela 25 e o quadro 17 mostram os tipos mais comuns de sistemas de separação por membranas, suas características operacionais e aplicações principais (ver no APÊNDICE C).

Já há significativa base tecnológica e experiência acumulada em sistemas para adequação da qualidade da água às várias necessidades da indústria. De acordo com FIESP (2004, p. 86-87), a estratégia recomendada para definir o sistema de tratamento de água para as necessidades de uma unidade industrial é representada pelos seguintes passos:

1. Identificar todas as demandas de água existentes e os respectivos requisitos de qualidade exigidos para uso;
2. Identificar as técnicas de tratamento para adequar a qualidade da água disponível aos requisitos exigidos para a maior demanda;
3. A partir da água produzida no sistema de tratamento principal, identificar as técnicas de tratamento para adequar a qualidade da água aos requisitos de qualidade dos demais usos identificados;
4. *Sempre que possível, nos sistemas que produzem água com elevado grau de qualidade, verificar o potencial de aproveitamento ou recirculação dos efluentes gerados nos sistemas precedentes.* (grifo nosso).

2.3.2 Os EFLUENTES INDUSTRIAIS

Segundo FIESP (2004, p. 88), qualquer atividade industrial utiliza, entre outros recursos, matérias-primas e insumos auxiliares para gerar seus produtos. Como nenhum processo converte 100% destes materiais em produtos, geram-se resíduos nas mais variadas formas, inclusive como efluentes líquidos, como consequência do uso da água.

Os efluentes líquidos industriais possuem características diversas, principalmente em função do ramo de produção industrial, da sua capacidade de produção e dos métodos de produção utilizados. Eles podem apresentar aspectos e substâncias potencialmente danosas ao meio ambiente e à saúde humana.

Com o passar dos anos, acentuadamente a partir dos anos 1970, a legislação ambiental brasileira desenvolveu-se, incluindo leis nacionais e estaduais que, entre outras, regulam particularmente o lançamento de efluentes líquidos industriais em corpos d'água. Assim, em atendimento a esta legislação e para reduzir os impactos sobre os recursos hídricos, as indústrias devem proceder ao tratamento de seus efluentes líquidos antes de descartá-los no ambiente, de acordo com esta legislação *e/ou adequá-los para algum aproveitamento dentro da própria unidade industrial (reúso de efluentes tratados, por exemplo)* (FIESP, 2004, p. 88).

Há efluentes industriais comuns ou semelhantes a várias indústrias, como aqueles gerados em operações das instalações de utilidades (p. ex., estações de tratamento de água, torres de resfriamento, caldeiras) e outros, bastante particulares, típicos de cada atividade ou mesmo etapa de processo industrial. Quanto aos comuns, é mais fácil obter-se sua caracterização quanti e qualitativa. Quanto aos específicos, é necessário recorrer-se a eventuais fontes bibliográficas ou referências setoriais ou desenvolverem-se estudos direcionados a esta caracterização (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 67).

É comum empregar-se as mesmas tecnologias de tratamento de água descritas acima para o tratamento dos efluentes, mas por vezes, é necessário utilizar-se de outras, específicas para remoção de determinados contaminantes. Da mesma forma que para a água, também é comum a combinação de duas ou mais tecnologias de tratamento para se atingir a qualidade final necessária para os efluentes líquidos industriais (FIESP, 2004, p. 88). Alguns tipos de efluentes industriais:

- Dos processos de tratamento d'água: contêm sólidos em suspensão, colóides, micro-organismos, compostos químicos, soluções regenerantes de resinas de troca iônica, concentrados de sistemas de membranas, soluções de limpeza destes sistemas, com as impurezas removidas;
- De sistemas de resfriamento semi-abertos: purgas dos sistemas – sais, inibidores de corrosão, de incrustações e biocidas;
- De sistemas de produção de vapor: purgas (idem item anterior) e produtos de limpeza do sistema;
- Dos processos industriais: depende de cada processo, das matérias-primas e insumos utilizados, das tecnologias utilizadas, bem como das práticas gerenciais e operacionais. Diagnóstico caso a caso é necessário para a caracterização dos efluentes industriais.

2.3.2.1 TRATAMENTO DOS EFLUENTES INDUSTRIAIS

As técnicas e tecnologias para tratamento dos efluentes líquidos a serem adotadas por uma unidade industrial *dependem de análise criteriosa* para a definição de quais contaminantes devem ser removidos destes efluentes e qual o grau de remoção necessário, frente aos eventuais objetivos que se tem para este tratamento, além do atendimento à legislação ambiental.

Pode-se dividir os contaminantes de efluentes industriais em seis classes básicas, como no quadro 5.

Quadro 5 – Classes gerais de contaminantes nos efluentes líquidos

Classe	Contaminantes	Exemplos
1	Sais inorgânicos dissolvidos	Íons metálicos e não metálicos (cloreto, fluoreto, sulfato, nitrato, cálcio, cromo hexa ou trivalente, sódio, magnésio, cianeto, bicarbonato, amônio etc.)
2	Compostos orgânicos dissolvidos	Solventes, pesticidas, herbicidas, tensoativos, açúcares, proteínas entre outros
3	Partículas em suspensão	Areia, sílica coloidal, sais insolúveis, sólidos suspensos diversos (orgânicos e inorgânicos)
4	Gases dissolvidos	Amônia, sulfídrico
5	Micro-organismos	Bactérias, vírus, protozoários, fungos, leveduras
6	Óleos e graxas	-

Fonte: adaptado de Parekh, 1988 *apud* Mierzwa; Hespanhol, 2005

Seguem-se algumas das principais técnicas de tratamentos de efluentes líquidos industriais, muitas delas similares àquelas utilizadas para o tratamento de água (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 83-94).

I. *Neutralização*: utilizada para acerto do pH dos efluentes líquidos, dentro de uma faixa aceitável, de acordo com a legislação ambiental local. Em geral, a neutralização está inserida dentro de um processo de tratamento de efluentes composto por mais etapas;

II. *Filtração e centrifugação*: a *filtração* é um processo que separa substâncias insolúveis, contidas em um fluxo, por meio de sua retenção em um meio filtrante permeável. O fluxo passa pelo filtro, deixando as partículas que se quer reter ao longo da espessura do meio filtrante. A *centrifugação* também separa sólidos em suspensão de uma corrente ou fluxo, porém por meio da ação da força centrífuga gerada pela alta rotação da mistura ou fluxo em vaso rígido. O processo utiliza-se do diferencial de densidade entre as partículas suspensas e o meio líquido;

III. *Precipitação química*: o objetivo é separar ou remover espécies contaminantes de efluentes por meio de alteração de sua solubilidade – tornar estas espécies insolúveis, modificando o equilíbrio químico do meio líquido. Os sólidos precipitados devem ser removidos por processos complementares, como coagulação, floculação e sedimentação ou por filtração; se necessário, deve-se proceder à eventual neutralização do efluente isento destes sólidos;

IV. *Coagulação, Floculação e Sedimentação ou Flotação*: semelhante ao já descrito para o tratamento de água, a menos da *flotação*. Esta constitui uma alternativa à sedimentação ou decantação, após eventuais coagulação e floculação. Trata-se de pressurizar uma fração clarificada do efluente e dissolver oxigênio do ar no líquido. Formam-se pequenas bolhas de ar que se aderem às partículas levando-as para a parte superior do equipamento de flotação (o flotador). Na sua superfície, há outro dispositivo que remove os sólidos flotados, enquanto o líquido clarificado sai pela parte inferior do flotador. Em geral este líquido necessita de clarificação adicional, que pode ser obtida por meio de filtração;

V. *Oxidação ou redução química*: as reações de oxidação-redução são utilizadas quando é conveniente oxidar ou reduzir certa espécie química contaminante, presente nos efluentes líquidos, para diminuição da sua toxicidade ou potencial

poluidor e/ou para facilitar sua remoção posterior, por meio de outra técnica disponível.

Mais recentemente, tem-se desenvolvido os chamados *processos de oxidação avançada (POAs)*. Sua utilização seria como um tratamento adicional aos convencionais, visando à remoção ou destruição de compostos recalcitrantes ou persistentes, indesejáveis para alguma aplicação, que não são removidos nos tratamentos anteriores. Os processos geram o radical hidroxila (OH●), oxidante bem mais forte que os oxidantes comuns, capaz de oxidar a maioria dos compostos orgânicos em gás carbônico, água e ácidos minerais (como clorídrico, por exemplo). Como exemplos destes processos, podem-se citar tratamentos dos efluentes com: peróxido de hidrogênio + luz UV; peróxido de hidrogênio + ozônio; ozônio + luz UV; peróxido de hidrogênio + luz UV + ozônio; reações de Fenton (Fe + peróxido de hidrogênio; “foto Fenton’s”; Fe + ozônio); dióxido de titânio + luz UV; ozônio a pH elevado (de 8 até acima de 10) (ASANO *et al.*, 2007, p. 567-570);

VI. *Tratamento biológico*: utilizado, em geral, para tratar com eficiência efluentes contendo matéria orgânica biodegradável, típicos, por exemplo, de indústrias de produtos alimentícios ou de processamento de matérias-primas de origem animal ou vegetal. Basicamente, o tratamento consiste em colocar em contato os efluentes líquidos e uma cultura adequada de micro-organismos, sob condições controladas, que então degradam os poluentes orgânicos presentes nos efluentes. Os micro-organismos podem ser *aeróbios*, que utilizam oxigênio e decompõem a matéria orgânica simples em gás carbônico e água ou *anaeróbios*, de cuja ação sem oxigênio resulta a decomposição das substâncias em gases metano e carbônico (TCHOBANOGLIOUS, 1996 *apud* MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 89). Os contaminantes inorgânicos não são alterados e em alguns casos, podem inibir a ação dos micro-organismos – por exemplo, alguns íons metálicos. Cloretos e sulfatos não se alteram, notadamente nos tratamentos aeróbios. Um dos tratamentos aeróbios mais difundidos é o de *lodos ativados, com crescimento microbiano em suspensão*. Normalmente realizado em grandes tanques abertos, aos quais se adiciona os efluentes líquidos previamente condicionados (pH adequado, temperatura ambiente e isento de eventuais substâncias prejudiciais ao tratamento biológico) e onde já há uma massa microbiana ativa. Injeta-se ar neste tanque, necessário para a atividade biológica

de degradação, que ao mesmo tempo, promove agitação e melhor contato dos micro-organismos com a matéria orgânica. O volume do tanque e a vazão do efluente são pré-determinados de forma a se obter o tempo necessário às reações de biodegradação. O efluente que sai do tanque vai para um decantador, que separa no seu fundo, parte do lodo microbiano, que retorna ao tanque de reação e o efluente clarificado, que sai pela sua parte superior. Um tratamento anaeróbio bastante conhecido é a *digestão anaeróbia de fluxo ascendente*. Em geral, trata-se de um tanque fechado, ao qual se alimenta o efluente com matéria orgânica, pré-condicionado, pela sua parte inferior, de forma distribuída pela sua superfície. Ao subir pelo tanque, os efluentes atravessam um manto de lodo biológico anaeróbio granulado, responsável pela biodegradação dos compostos orgânicos. Os gases gerados no processo (metano, gás carbônico, gás sulfídrico etc.) compõem o que se chama de biogás, que então é separado na parte superior do tanque, assim como o efluente tratado. Desde que as condições locais sejam favoráveis, pode-se aproveitar o biogás como fonte de energia (VON SPERLING, 1995 *apud* TELLES; COSTA, 2007, p. 65-66, 91). Há vários outros tipos de processos e equipamentos para tratamento biológico de efluentes, dos quais se podem destacar:

Aeróbios: valos de oxidação, filtros biológicos e biodiscos (micro-organismos “fixos”, aderidos em materiais de enchimento ou suportes), lagoas aeradas;

Anaeróbios: tanques sépticos, digestores de lodos, filtros anaeróbios, lagoas anaeróbias;

As *lagoas facultativas*, onde ocorrem os dois processos – aeróbio, na parte superior, onde luz solar, as algas e a troca gasosa com a atmosfera garantem as condições para este processo e anaeróbio, na parte inferior ou no fundo da lagoa, para a matéria orgânica que se sedimenta;

As *lagoas de maturação*: sua finalidade é destruir micro-organismos patogênicos – de pequena profundidade, tem boa penetração da luz solar, pH mais elevado e maior concentração de oxigênio dissolvido (TELLES; COSTA, 2007, p. 54-65).

Assim, o tratamento biológico é capaz de remover principalmente matéria orgânica (60 a 99% de remoção, em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO, mgO₂/l), nutrientes (nitrogênio e fósforo, 10 a 50% de remoção) e

micro-organismos patogênicos (por exemplo, 60 a 99% de remoção de coliformes). (TELLES; COSTA, 2007, p. 54);

VII. *Adsorção em carvão ativado*: remove substâncias contaminantes ou poluentes (compostos orgânicos, alguns metais e alguns compostos inorgânicos) dos efluentes por meio da sua adesão por atração física e/ou química na superfície das partículas de carvão ativado (em pó ou granulado) (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 91);

VIII. *Separação por membranas*: o processo é o mesmo descrito para o tratamento de água. No caso de efluentes, a determinação da necessidade de pré-tratamento e do próprio sistema de membranas é função da composição destes efluentes e do grau de purificação desejado. Assim, em geral, alguns testes em escala de laboratório e piloto devem ser realizados (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 92);

IX. *Troca iônica*: assim como para o processo de adsorção, que fisicamente é similar por tratar-se de um fluxo líquido percolando por entre grãos sólidos em um leito fixo ou “semi-fixo”, também é recomendável ou necessário o pré-tratamento para remoção de sólidos em suspensão, gorduras e graxas. A troca iônica poder remover contaminantes dos efluentes líquidos tais como metais, ânions, ácidos orgânicos, entre outros (NALCO, 1988; IDAHO, 1992 *apud* MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 92);

X. *Separação térmica*: dois processos que a exemplificam são a *evaporação* e a *destilação*. Utiliza-se energia térmica para separar os contaminantes presentes no fluxo de efluentes. A *evaporação* leva componentes dos efluentes para o estado gasoso, enquanto outros permanecem em solução, por possuírem pontos de ebulição significativamente diferentes. (IDAHO, 1992 *apud* MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 92). A *destilação* aquece a mistura (os efluentes) e leva os componentes mais voláteis para a fase vaporizada, que condensada, é rica nestes componentes, enquanto a mistura não vaporizada residual é pobre nestes mesmos componentes e rica naqueles menos voláteis (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 93);

XI. *“Stripping” ou Extração*: trata-se de um processo de transferência de contaminantes voláteis de uma fase líquida (água, em geral) para uma fase gasosa, por meio de arraste com ar ou com vapor. Um exemplo bastante comum é a remoção de amônia de efluentes tratados por processos biológicos. A

remoção é feita utilizando-se ar e sua eficiência, em colunas de recheio, pode chegar a 90%. No entanto, devido a custos altos de instalação e a desvantagens operacionais, a extração por ar e vapor tem aplicação limitada (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 93);

XII. “*MBR – Membrane Bioreactors*” (*Bioreatores de Membranas*): trata-se de um sistema que combina o tratamento biológico com um sistema integrado de membranas, melhorando a remoção de compostos orgânicos e de sólidos suspensos dos efluentes. Neste sistema, os efluentes brutos entram em um tanque de tratamento biológico aerado, onde os microorganismos decompõem a matéria orgânica e então, os efluentes passam por um sistema de membranas de micro ou ultra-filtração, imerso no tanque de aeração ou acoplado a ele (externo). Os sólidos suspensos, constituídos principalmente pela massa microbiana ativa, são retidos pelas membranas, e permanecem no reator e/ou são recirculados para ele, com descarte parcial periódico. Uma de suas vantagens é ser um sistema bem compacto, pois as membranas substituem os decantadores na separação do lodo (ASANO *et al.*, 2007, p. 328-331).

Segundo FIESP (2004, p.89), a identificação das tecnologias e a definição de um sistema de tratamento de efluentes industriais devem seguir os seguintes passos:

1. Identificação, quantificação e caracterização de todas as correntes de efluentes geradas;
2. *Avaliação do aproveitamento de correntes específicas de efluentes para a aplicação da prática de reúso em cascata;* (ver 2.3.4; grifo nosso).
3. Verificação da necessidade de segregação de correntes específicas de efluentes, as quais podem requerer um tratamento exclusivo;
4. Identificação de tecnologias com potencial para o tratamento dos efluentes identificados;
5. Desenvolvimento de ensaios de tratamento ou consulta a fornecedores especializados, para verificar o potencial de utilização das tecnologias identificadas;
6. Estruturação do sistema de coleta, transporte e tratamento dos efluentes.

2.3.3 O CUSTO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

Quanto custa a água para a indústria? Normalmente, numa primeira abordagem, é comum tomar-se o custo da água pelo preço que se paga por ela.

Assim, o custo da água seria o preço que se paga à concessionária do serviço público de abastecimento e/ou aquele que se paga pelo uso da água às agências de águas dos comitês de bacia hidrográfica. Ocorre que a maioria das indústrias, principalmente aquelas que utilizam água em seus processos produtivos, normalmente usam como fonte de água, os corpos d'água superficiais e/ou os reservatórios subterrâneos, pois em muitos casos a aquisição de água da concessionária seria inviável pelo alto custo total. Além disto, esta água é desnecessária em termos de qualidade, pois normalmente está muito acima da exigida para os processos produtivos. Como a cobrança pelo uso da água destas fontes ainda é incipiente e pouco abrangente, o industrial atribui à água um valor ou um custo muito baixo (ou até inexistente) e em várias situações, considera o recurso abundante e ilimitado.

No entanto, o custo da água para a indústria, assim como para outras organizações, não se limita ao seu preço. Há outros custos associados a ela, embutidos, menos aparentes. Na verdade, os custos reais da água podem alcançar valores até três vezes maiores do que aquele estampado nas contas de fornecimento de água e lançamento de esgotos das concessionárias (FIESP, 2005, p. 3). Como exemplos de aspectos que compõem o custo da água na indústria, podem-se destacar:

- bombeamento (energia)
- tratamento da água bruta
- tratamento dos efluentes líquidos gerados
- manutenção de todo sistema e instalações associados à captação, tratamento e distribuição de água na indústria e ao tratamento de efluentes
- depreciação do capital investido nestes sistemas
- valor de matérias-primas e produtos eventualmente perdidos nas correntes de água

Isto sem considerar, ainda, a “água indireta”, utilizada na fabricação de matérias-primas e insumos utilizados pela indústria (da cadeia produtiva – fornecedores) e os custos sociais e ambientais resultantes do uso de água na indústria (FIESP, 2005, p. 3).

Algumas indústrias já estão começando a considerar estes aspectos, entre outros, para compor o custo da água. Isto é particularmente importante para que se

justifiquem melhor e cada vez mais, investimentos em tecnologias e sistemas de gestão que resultem em melhor uso da água na indústria.

2.3.4 O REÚSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

Conforme já descrito, discutido e indicado nos itens 2.1 e 2.2, a gestão da água por meio de procedimentos que levem ao seu *uso racional* vem se tornando cada vez mais necessário e gradualmente, aumenta sua ocorrência em alguns setores de atividades, inclusive nos setores industriais.

Para Ecopolo (2003 *apud* TELLES; COSTA, 2007, p. 116), os custos elevados da água industrial no Brasil, especialmente nas regiões metropolitanas, têm incentivado as indústrias a implantarem a prática de reúso de água, para aumentarem sua eficiência no uso da água. Esta prática tende a ampliar-se devido à implantação da cobrança pelo uso da água e pelo lançamento de efluentes, baseada na lei federal No. 9.433/97 e em suas derivadas estaduais.

Hespanhol (2003, p. 46-50) classifica o reúso industrial em três modalidades básicas:

- *reúso macroexterno*: trata-se do reúso da água de esgotos urbanos tratados, fornecido às indústrias pelas companhias municipais e estaduais de tratamento de esgotos. Eventualmente, tratamento adicional de adequação para algum uso industrial pode ser necessário e este deve ser viável, bem como a distância da estação de tratamento de esgotos – no máximo, um raio de cinco quilômetros. Os principais usos industriais desta água podem ser: em torres de resfriamento, caldeiras, lavagem de peças e equipamentos (mais em indústrias metalúrgicas e mecânicas), irrigação de áreas verdes, lavagens de pisos e veículos e em alguns processos industriais;
- *reúso macrointerno*: o reúso dos efluentes tratados finais gerados na própria indústria, podendo ter as mesmas aplicações colocadas para o reúso macroexterno;
- *reúso interno específico*: é a reciclagem de efluentes de quaisquer processos industriais nos próprios processos nos quais são gerados ou em outros que aceitem a qualidade de água que estes efluentes possuem. Exemplos: águas

de cabines de pintura, pintura nas indústrias automobilísticas, águas de lavagens de etapas do processo de galvanoplastia etc.

Como os processos industriais são muito variados, com usos diversos de água e de inúmeras substâncias distintas em suas operações, a prática do reúso – seja macroexterno, macrointerno ou interno específico – exige uma análise cuidadosa caso a caso. Entre os itens desta análise, destaca-se como essencial a elaboração de um “diagnóstico hídrico” (TELLES; COSTA, 2007, p. 116). Este aspecto “diagnóstico” é um mapeamento do uso de água na unidade industrial, procurando caracterizar todas as correntes líquidas e suas composições, levando ao que se chama de “balanço hídrico” da indústria. Isto seria um dos pontos principais para se iniciar um projeto de reúso de água numa planta industrial. Implica em medição de vazões e totalização de volumes em vários pontos de uso de água, desde sua entrada na indústria, bem como de efluentes gerados, até seu descarte para fora da empresa. Além disto, é necessária uma campanha de amostragem e análise das várias correntes líquidas que entram e saem das várias etapas do processo produtivo, para determinar sua composição nos parâmetros de interesse. Quanto melhor e mais detalhado for este trabalho, mais oportunidades de reúso podem ser identificadas e avaliadas, uma vez que se associe a estas informações a quantidade e a qualidade da água necessária às etapas do processo que a utilizam.

Cabe ressaltar que são relativamente poucas as empresas que possuem um balanço hídrico detalhado e atualizado. Muitas empresas não têm sequer as medições gerais de entrada total de água e saída total de seus efluentes feitas de forma adequada, rotineira e registrada.

Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 111) enfatizam a importância da construção do balanço hídrico para nortear a prática do reúso de água e que esta é apenas um dos componentes da gestão de águas na empresa e da preservação deste recurso natural. *Ela deve ser precedida da racionalização do uso, da conservação da água.*

Há duas maneiras de se implantar o reúso na indústria:

- *Reúso direto de efluentes:* o efluente gerado numa etapa do processo é utilizado na etapa seguinte, que aceita a qualidade deste efluente como água de entrada. Este tipo de reúso é conhecido como *reúso em cascata*. Este pode ser realizado utilizando-se todo o efluente disponível para o reúso ou parte dele, inclusive misturado com água limpa, caso haja alguma limitação no processo que o recebe quanto a algum contaminante específico.

- *Reúso de efluentes tratados*: é o tipo de reúso mais discutido; é a utilização de efluentes que passaram por algum grau de tratamento. Uma das principais preocupações com este reúso é o processo de concentração de contaminantes específicos, que reduz o potencial de reúso, podendo comprometer os processos nos quais for empregado (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 111).

Deve-se fazer uma análise criteriosa para a adoção de uma ou de outra prática, principalmente da compatibilidade entre o efluente e seu uso potencial. Recomenda-se esgotar primeiro todas as possibilidades de reúso em cascata, porque normalmente este propicia uma economia maior de água e minimiza as operações de adequação dos efluentes para o reúso. Além disto, a prática do reúso em cascata afeta diretamente a quantidade e a qualidade dos efluentes gerados (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 111-112).

Assim, a prática do reúso deve considerar eventuais limitações técnicas, operacionais e econômicas. Um parâmetro importante para acompanhar a prática do reúso, à parte algum contaminante específico de interesse, é a concentração de sólidos dissolvidos totais (principalmente sais), já que, em geral, estes passam pelas etapas de tratamento de efluentes e tendem a se concentrar ao longo dos seus ciclos. Em determinado momento, será necessário um descarte da carga de sais concentrados nos efluentes, sob pena de se inviabilizar o reúso. Técnicas de separação por membranas podem ser úteis para processar este descarte (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p. 112-113, 123).

Quanto aos sistemas de reúso de água, a definição de uma solução tecnológica, ou seja, que seqüência de operações e processos unitários deve ser adotada, é função basicamente de três aspectos:

- Das características do líquido a ser tratado;
- Dos objetivos pretendidos com o tratamento – que tipo de água, em quantidade e qualidade deseja-se obter;
- Da capacidade de remoção ou de tratamento específico de cada processo unitário.

Como é grande a variabilidade das fontes de águas para reúso potencial, bem como das finalidades ou usos pretendidos para estas águas, assim também é grande a variedade de sistemas ou seqüência de processos unitários a serem aplicados. A definição das etapas e tecnologias a serem utilizadas em um sistema

de reúso pode ser estabelecida por informações bibliográficas, pela experiência anterior dos projetistas, por ensaios de laboratório ou em escalas maiores ou pela combinação desses fatores. Em geral, as tecnologias e processos empregados são os mesmos dentre aqueles utilizados para tratamento de água captada e para o tratamento dos efluentes líquidos industriais (MANCUSO, 2003, p. 331-332).

Com relação aos custos envolvidos em um sistema de reúso de água, é importante considerar:

- *Custos de investimentos*: de construção (levando-se em conta a solução tecnológica definida, envolve o canteiro de obras e toda a instalação elétrica), de reservatórios e sistema de distribuição da água de reúso, de eventuais elevatórias, dos processos unitários que compõem o sistema, de unidades de reserva e de suas unidades auxiliares – tubulações de processo e de interligação entre as diversas unidades dos processos unitários de tratamento, edifícios de administração e operação, unidade geradora de energia elétrica de emergência;
- *Custos anuais de operação e manutenção*: salários, energia elétrica, produtos químicos, reparos e substituição de peças / equipamentos, manejo de eventuais resíduos e lodos gerados no sistema de reúso (primários, secundários, em excesso aos já existentes, lodos químicos de processos terciários – exemplo: custos de digestão, bombeamento, desidratação e eventuais transporte e utilização).

Com o levantamento destes custos, recomenda-se chegar aos “custos do volume anual produzido de água de reúso” ou “custos da vida útil”, combinando-se ou somando-se a amortização anual do investimento com os custos anuais de operação e manutenção e dividindo-se o resultado pelo volume anual produzido. Representa-se o resultado, por exemplo, em “reais/1.000 metros cúbicos de água de reúso/ano”. Em geral, a análise do custo anual assume uma vida útil de 20 anos e uma taxa de retorno para o investimento (10% a.a. – ao ano) (SANTOS, 2003, p. 452-455).

Quanto à prática do reúso, Paz e Ribas (2007, p. 22-26) realizaram um levantamento sobre reúso e reciclagem de efluentes líquidos gerados por indústrias do Estado do Rio Grande do Sul. Foram pesquisadas 110 empresas de 16 atividades industriais que realizam o reúso ou o reciclo dos efluentes, dentre elas, o setor de curtumes, em 15 bacias hidrográficas. Concluíram que várias empresas

utilizam-se da prática do reúso com sucesso, embora de maneira empírica – fora de um sistema de gestão e/ou de estudo prévio dirigido ao melhor uso da prática. As empresas pesquisadas totalizaram uma redução diária de lançamento de efluentes de 386.447 m³, de 207.686 kg de DQO e de 610 kg de metais. A contribuição do setor de curtumes foi a redução de 1.532 m³ de efluentes, 553 kg de DQO e de 4 kg de metal (cromo) por dia. Observou-se que, particularmente as empresas de acabamento de couros, entre outras, necessitam descartar seus efluentes eventualmente, devido ao aumento da concentração de sais ou de outros contaminantes (como discutido logo acima), enquanto outras, como as de reciclagem de papéis, podem reutilizar seus efluentes indefinidamente, em função da baixa qualidade de água exigida pelo processo. O volume total diário reduzido por estas empresas seria suficiente para abastecer um município maior do que Porto Alegre. Os principais fatores que levaram estas empresas à adoção destas práticas são os seguintes: (a) diminuição na quantidade de água aduzida; (b) diminuição do lançamento de efluentes líquidos; (c) redução de custos; (d) utilização de práticas que agregam valor ao produto; (e) necessidade de se preparar para a cobrança pelo uso da água; (f) melhoria da imagem da empresa junto à sociedade; (g) diminuição de custos de monitoramento dos efluentes líquidos.

2.3.5 A GESTÃO – ROTINA E MELHORIA

As estruturas encontradas nas referências para um sistema de gestão de água na indústria, em geral, são similares à estrutura de gestão de sistemas da qualidade e de gestão ambiental, baseados no gerenciamento da rotina e na melhoria contínua – medição de rotina, controle frente a procedimentos e parâmetros estabelecidos e busca de melhorias de desempenho, de eficiência. O que também se verifica nestas referências é que, normalmente, a abordagem parte do diagnóstico do uso da água com o objetivo de identificar oportunidades e implantar melhorias e que o sistema de gestão de rotina resulta como uma consequência do trabalho de melhoria.

Mierzwa e Hespanhol (2005, p. 95-103) avaliam o uso industrial da água com vistas à sua otimização e destacam itens ou parâmetros para gestão da água que podem ser colocados em três fases seqüenciais:

- *diagnóstico do uso de água na unidade industrial* – procurar quantificar e qualificar, o tanto quanto possível, a água utilizada e os efluentes gerados na planta. Por meio de tabelas de distribuição do uso da água, diagramas e fluxogramas, mostrando-se onde, quanto e que tipo de água utiliza-se e gera-se no processo, deve-se buscar a obtenção do “mapa de uso e do caminho das águas na empresa” – o chamado *balanço hídrico* da unidade produtiva;
- com o diagnóstico, deve-se identificar e implantar *ações de conservação da água*, baseadas em princípios como os da Prevenção à Poluição (P2) ou os da Produção mais Limpa (P+L), destacando-se:
 - Eliminação de desperdícios
 - rotina, programação de checagem periódica para combate a vazamentos em tubulações, equipamentos, acessórios, bem como a práticas operacionais geradoras destes desperdícios;
 - Programa adequado de manutenção das instalações
 - Substituição de equipamentos de alto consumo de água
 - Treinamentos periódicos para o uso racional da água (somente o realmente necessário)
 - Mudança de procedimentos operacionais
 - Treinamento operacional geral
 - Alteração dos métodos ou tecnologias de produção;
- após ter ações de conservação consolidadas, buscar as *oportunidades de reúso de água* – porém de forma cuidadosa e planejada, para que não se coloque em risco as operações e a produção da unidade, colocando descrédito numa ferramenta que normalmente tem um bom potencial de resultados; neste aspecto, uma fase inicial de diagnóstico do uso da água bem realizada e detalhada é importante, já que para a avaliação visando o reúso, vai-se inicialmente confrontar as correntes de água disponíveis (quantidade e qualidade) com as demandas específicas (quanti e quali) de vários processos da planta industrial;
- avaliações de viabilidade técnica e econômica devem ser realizadas tanto para as ações de conservação como para as de reúso.

A opção de reúso só deve ser avaliada após a implantação de medidas de otimização ou racionalização do uso da água para minimizar desperdícios, já que

estas podem afetar significativamente as correntes de efluentes gerados, potencialmente disponíveis para o reúso (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, p.110).

Envirowise (2005, p. 14), órgão de suporte à gestão ambiental no Reino Unido, oferece uma série de serviços de apoio à indústria para a gestão de água. Dentre eles, há programas e documentos voltados à gestão de água na indústria. Uma das orientações para estruturar esta gestão, na forma de um plano de ação, compreende os seguintes passos:

- Procurar referências de sucesso na gestão de água, para ganhar motivação com os resultados obtidos;
- Envolver e motivar os colaboradores;
- Montar equipe e apontar um líder;
- Elaborar plano de trabalho – *um bom plano é um plano simples*;
- Determinar os custos reais e totais do uso da água e do manejo dos efluentes;
- Decidir se além de água, algum contaminante também será abordado;
- Elaborar balanço de massa da água (balanço hídrico) para a planta industrial;
- Alocar os consumos entre os usos de água;
- Organizar os usos em ordem decrescente de consumo;
- Abordar inicialmente os pontos de maior uso ou consumo de água;
- Promover “brainstorming” para geração de idéias e ações de redução adequadas aos processos produtivos;
- Analisar as opções – técnica, econômica e ambientalmente;
- Implantar todas as idéias que são viáveis, iniciando por aquelas de nenhum ou baixo custo (ex.: melhorar “housekeeping”);
- Divulgar os bons resultados obtidos – reforço na motivação;
- Manter os ganhos obtidos – monitorar, medir e gerenciar;
- Integrar este plano de redução de água nos sistemas existentes de gestão para obter outras melhorias.

Metcalf (2009, p. 11-91), do *Kentucky Pollution Prevention Center (KPPC)* da Universidade de Louisville (EUA), propõe um método para a gestão de água denominado “*Process Water Management – PMW*”. Segundo Metcalf, é um processo de melhoria contínua que define metas para os usos de água, organiza projetos de gestão de água, implanta etapas para aumentar a eficiência do seu uso,

mantém o acesso regular à performance do uso da água (medição e monitoramento de rotina) e envolve todos os níveis da organização. As vantagens podem ser resumidas no aumento da vantagem competitiva das empresas e na sua contribuição para o uso sustentável da água pela sociedade. Metcalf coloca sete passos seqüenciais para uma boa gestão de água na indústria:

- *Compromisso com a melhoria contínua:* estabelecer uma política de conservação da água (com princípios e metas), criar um time ou equipe multifuncional para a água e designar seu líder;
- *Acessar a performance atual do uso da água (diagnóstico) e identificar oportunidades:* promover a medição e o monitoramento do uso da água e de seus custos – elaborar planilhas, fluxogramas, do geral para o específico, procurando elaborar um balanço hídrico; estabelecer uma linha de base, valores de referência e “benchmarkings”; identificar oportunidades de redução do uso de água;
- *Estabelecer metas de performance para o uso da água:* claras, objetivas, mensuráveis, realistas; se assim forem, servirão de fato para orientar as ações do programa;
- *Elaborar plano de ação:* organizar, orientar as ações, garantir um processo sistemático e se regularmente atualizado, mostrar os resultados que vão aparecendo;
- *Implantar o plano de ação:* investigar e verificar as opções para “atacar” as oportunidades identificadas; avaliar seu benefício econômico para justificar investimentos; elaborar um cronograma para implantação das opções escolhidas; identificar e alocar os recursos necessários;
- *Avaliar o progresso e registrar os resultados:* revisar os dados de uso de água e as atividades realizadas; comparar os resultados obtidos com as metas; documentar as “melhores práticas”; elaborar novos planos de ação; estabelecer novas metas;
- *Reconhecer os resultados obtidos:* divulgar os resultados obtidos para o uso da água e reconhecer o trabalho da unidade, do time e dos indivíduos (premiações); divulgar os benefícios para a empresa, para o ambiente e para a comunidade; apresentar o trabalho para prêmios relativos ao uso racional da água (tradução nossa).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), agência ambiental deste Estado, tem incentivado a indústria paulista ao uso racional de água (ou à gestão de água), por meio de sua abordagem em seus “Guias Ambientais da Série P+L (Produção mais Limpa)”, para vários setores produtivos. O foco é sobre a estreita relação entre o conceito de P+L aplicado ao uso da água para estes setores e a gestão de água. São destacadas várias ações de conservação e reúso da água para vários destes setores (CETESB, [200-]).

A FIESP, com apoio da ANA e do CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA EM REÚSO DE ÁGUA – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (CIRRA-USP), elaborou e divulgou um manual de orientações para a indústria sobre a conservação e o reúso de água. A FIESP propõe a elaboração e execução de um Programa de Conservação e Reúso de Água (PCRA), que consta das seguintes etapas:

- *Avaliação técnica preliminar:* as principais atividades são a realização de uma análise documental dos registros e histórico relativos ao uso e consumo de água na empresa (procedimentos operacionais, eventuais registros de medições e monitoramento da água e dos efluentes, contas de água etc.) e um levantamento de campo, para coletar dados reais, atuais de consumo e informações sobre as situações do uso da água. Assim, pretende-se obter um plano de setorização do consumo de água;
- *Avaliação da demanda de água:* análise de perdas físicas, de desperdícios e identificação dos diferentes graus de qualidade de água necessários. Desta forma, procura-se determinar os macro e micro-fluxos de água, elaborar um plano de adequação de equipamentos hidráulicos, um plano de adequação dos processos produtivos e um plano de otimização dos sistemas hidráulicos;
- *Avaliação da oferta de água: as fontes possíveis:* concessionárias, captação direta, águas pluviais, reúso de efluentes. Com isto, pode-se elaborar um plano de aplicação de fontes alternativas de água;
- *Estudo de viabilidade técnica e econômica:* considerando-se o diagnóstico feito nas etapas anteriores, suas oportunidades identificadas e seus respectivos planos, deve-se avaliar a viabilidade das opções a serem implantadas. Pode-se montar uma matriz de soluções para analisar esta viabilidade. Desta análise, procurar o “cenário ótimo”, que aponta as ações mais viáveis;

- *Detalhamento técnico e implantação do PCRA*: definir as especificações técnicas e chegar aos projetos executivos das ações definidas para implantação – estabelecer cronogramas e executar, priorizando as mais imediatas e de menor investimento, e seguindo a ordem, na medida da disponibilidade dos recursos para a implantação;
- *Implantar ou consolidar o sistema de gestão de água*: plano de monitoramento de consumo de água; plano de capacitação periódica dos gestores e usuários; rotinas de verificação e manutenção do que foi implantado e outros procedimentos específicos derivados das ações realizadas.

A FIESP ressalta os seguintes benefícios potenciais da implantação de um PCRA:

- *Ambientais*: redução do lançamento de efluentes nos cursos d'água, contribuindo para melhoria da qualidade de suas águas; redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, contribuindo para maior equilíbrio ecológico; contribuição para aumento de disponibilidade de água para outros usos, como abastecimento público, hospitalar etc.;
- *Econômicos*: maior conformidade ambiental, possibilitando maior inserção em mercados internacionais; redução de custos de produção; aumento de competitividade do setor; habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água;
- *Sociais*: maiores oportunidades de negócio para empresas fornecedoras de serviços e equipamentos em toda a cadeia produtiva; maior geração de empregos diretos e indiretos; melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis (FIESP, 2004, p. 17).

Como se pode verificar por suas descrições acima, estes planos e programas são essencialmente bastante similares, podendo-se observar graus de detalhamento ou de complexidade maiores ou menores entre eles. Neste aspecto, percebe-se que empresas maiores e/ou bem estruturadas gerencialmente, com mais recursos, teriam maior probabilidade de implantar programas como estes, o que já não ocorreria para pequenas e mesmo para algumas empresas médias. No entanto, é possível buscar simplificações, sem prejuízo da realização de um trabalho que dê

um bom resultado, para fazer estas estratégias de gestão de água ficarem mais acessíveis às micro, pequenas e médias empresas. Auxílio técnico externo também seria importante para estas empresas.

Lopes (2006) investigou como as indústrias têm evoluído e se posicionado na questão do gerenciamento dos recursos hídricos. Para isto, verificou a estratégia de seis indústrias em resposta às pressões exercidas pela sociedade, pela concorrência, pelos custos e pela legislação. Também verificou a participação e a interação do setor público com as indústrias, com relação ao gerenciamento dos recursos hídricos. Lopes verificou que efetivamente as empresas têm respondido a estas pressões, destacando-se que agem mais em função da legislação, da imagem corporativa e dos custos. Como estratégias de gerenciamento da água, estas indústrias tem-se utilizado predominantemente de certificações, de programas de prevenção à poluição (P2) e do reúso de água. Para buscarem o uso racional da água, também se valem de auditoria, monitoramento e a avaliação de impactos ambientais. Lopes também verificou que relações de cooperação ou colaboração (parcerias) estão iniciando-se entre os setores público e privado e que alguns resultados de ações conjuntas já começam a surgir. Lopes recomendou trabalho similar por setor industrial, o que, em grande parte, é a abordagem deste trabalho.

Vilela Júnior (2009, p. 11, 14) apresentou um resultado de uma pesquisa anual sobre gestão ambiental envolvendo somente grandes empresas – 767 empresas, com faturamento líquido de R\$ 1,3 trilhão e 2,5 milhões de trabalhadores, em 2008. Dentre os aspectos pesquisados, estão itens de gestão de água, como na tabela 17.

Tabela 17 – Dados de pesquisa sobre gestão ambiental em grandes empresas – gestão de água

Aspecto da Gestão de Água	Agroindústria (%) (1)		Comércio (%) (1)		Indústria (%) (1)		Serviços (%) (1)	
	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007
Monitoramento com indicadores específicos	72,5	53,8	40	66,7	86,4	84,1	53,2	51,5
Reúso	50,7	23,1	17,1	26,7	60,4	56,2	24	16,8
Meta de redução	53,6	23,1	65,7	73,3	69,8	67,5	48,5	44,6
Programa estruturado	26,1	0	22,9	33,3	41,4	39,9	16,4	12,9
Conscientização dos funcionários	50,7	46,2	62,9	46,7	72,7	63,3	70,2	52,5
Não desenvolve ações específicas	7,3	15,4	11,4	13,3	4,3	2,1	12,3	17,8

(1) porcentagem das empresas pesquisadas que apresentam ou possuem o aspecto pesquisado

Fonte: adaptado de Análise Gestão Ambiental, 2008 *apud* Vilela Júnior, 2009.

Da tabela 17, verifica-se que a maioria da grande indústria já apresenta aspectos de gestão de água (pelo menos um ou alguns), embora não tenha um programa estruturado dedicado à água. Seus números são maiores (“melhores”) do que aqueles dos outros setores, provavelmente porque sofrem mais pressões da legislação e do licenciamento ambientais, assim como os custos decorrentes das estações de tratamento de efluentes e em alguns casos, custos mais aparentes e significativos da própria água.

Freitas (2009, p. 52-55) propõe uma abordagem integrada para a otimização da gestão de água e efluentes. A abordagem exclusiva tradicional de tratamento de efluentes para adequação à legislação (controle “end-of-pipe”³) leva a custos de investimentos e operacionais significativos e crescentes a médio e longo prazos, para satisfazer a padrões ambientais mais exigentes. O enfoque “in-plant-design”⁴ privilegia a prevenção frente ao mero controle, visando minimizar o uso de água e a geração de efluentes e de seu conteúdo poluente. Esta abordagem vem crescendo em relação à anterior, devido às suas possibilidades de ganhos econômicos. Apesar de positiva e recomendável, não é suficiente para cobrir todos os aspectos envolvidos no “ciclo de uso da água”, que extrapola os limites das atividades desenvolvidas pelas empresas. Aspectos da interação da empresa com o entorno e eventuais riscos aos quais está exposta em função disto devem ser inseridos na tomada de decisões da gestão de água e de efluentes. Podem-se destacar aspectos

³ “Fim-de-tubo”, após a geração das emissões.

⁴ “Projeto na planta” ou “projeto em planta” – ação ou tecnologia adotada desde o projeto das instalações e/ou na entrada ou durante as etapas produtivas.

como restrições crescentes para outorgas (captação de água e lançamento de efluentes), pressão crescente dos “stakeholders”⁵ para minimização de impactos ambientais, maior pressão por redução de custos, a cobrança pelo uso da água e lançamento de efluentes e a organização crescente dos Comitês de Bacias como atores de gestão integrada e participativa dos recursos hídricos locais. Assim, Freitas propõe uma abordagem holística das questões relativas à gestão de águas e efluentes, multidisciplinar e que contemple análise de riscos.

Algumas instituições ligadas à gestão sócio-ambiental, de forma geral ou específica, já oferecem gratuitamente, via Internet, instrumentos ou ferramentas de gestão de água, como descrito na seqüência.

Global Environmental Management Initiative (GEMI) desenvolveu uma ferramenta de gestão – *Water Sustainability Tool* – para auxiliar as empresas a entenderem melhor o que as questões emergentes relativas à água e à sua gestão significam para elas, no contexto de suas operações, necessidades e circunstâncias (cenário em que atuam). De forma similar à proposta de Freitas, situa a gestão da água em nível mais abrangente e estratégico para as empresas, considerando tecnologias de gestão de água, riscos e oportunidades. Esta ferramenta é dividida em cinco módulos:

- Avaliação do uso da água, suas fontes e seu impacto (diagnóstico da água);
- Avaliação de riscos ao negócio, relativos a este diagnóstico;
- Avaliação das oportunidades para o negócio, relativos ao diagnóstico;
- Definição de objetivos e metas estratégicas a seguir e atingir, decorrentes destas avaliações;
- Definição de uma estratégia de ação e sua implantação, rumo aos objetivos e metas (GEMI, [200-], tradução nossa).

Envirowise, de forma similar, gerou uma ferramenta chamada *Water Efficiency Tool* com o objetivo de imprimir eficiência ao uso de água nas empresas. Seus cinco módulos compreendem:

- “Por que o uso de água na indústria é um assunto tão importante?” Aborda o custo crescente da água e os fatores que estão induzindo as empresas a investirem na gestão de água e de efluentes;

⁵ Partes envolvidas, interessadas e afetadas pelas atividades de determinado empreendimento.

- “A importância de um balanço de água ou balanço hídrico”. Ajuda a entender melhor os custos do uso da água e a desenvolver um balanço hídrico simples da indústria ou empresa;
- “A água que entra na indústria”. Auxilia a verificação das fontes atuais e possíveis de água, como reduzir o consumo por meio da eficiência no uso e de iniciativas de baixo ou nenhum custo. Além disso, cobre opções de investimentos para tratamento e reúso;
- “A água que sai da indústria”. Os principais objetivos deste módulo são investigar opções de tratamento dos efluentes finais, o potencial para o seu reciclo ou reúso e considerar as melhores práticas para a indústria;
- “Aonde vamos a partir daqui?”. Após completar com sucesso os módulos anteriores, este módulo auxilia na implantação das iniciativas apontadas e elaboradas (ENVIROWISE, 2009a, tradução nossa).

Também foi desenvolvida e disponibilizada uma ferramenta específica para o monitoramento do uso da água: “*Monitoring Tool*” (ENVIROWISE, 2009b).

O *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) e a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) elaboraram e publicaram um relatório que reúne 16 iniciativas de apoio à gestão de água nas empresas. A informação está organizada em três seções principais:

- Uma matriz de caracterização das iniciativas e ferramentas em termos do(s) assunto(s) principal(is) (foco(s)), âmbito geográfico, detentor da iniciativa, se utiliza abordagem direcionada de / para “*multi-stakeholder*” e onde obter informações adicionais ou detalhadas (fontes – *websites*);
- Fichas descritivas de cada iniciativa, o que juntamente com a matriz, permite comparações entre as iniciativas;
- Um glossário com termos-chaves da área de gestão de água, juntamente com as referências utilizadas.

Os principais temas ou assuntos (focos) da estrutura da gestão de água foram colocados em três blocos:

- Ferramentas para a identificação de riscos e oportunidades relacionadas ao uso da água e seus impactos;
- Iniciativas e ferramentas que auxiliam as empresas ou organizações a medir o seu uso de água e os respectivos impactos;

- Abordagens para desenvolver opções de resposta (ações decorrentes da análise das informações obtidas nos dois itens anteriores), incluindo como relatar, o que publicar e como reconhecer gestores de água responsáveis, por meio de sistemas de certificação.

As dezesseis iniciativas relatadas para a gestão da água em empresas:

- *Aquawareness*
- *Alliance for Water Stewardship™*
- *Collecting the Drops: A Water Sustainability Planner*
- *The Corporate Water Gauge™*
- *GRI™ Water Performance Indicators*
- *ISO Water Footprint – Principles, Requirements and Guidance*
- *Strategic Water Management in the Minerals Industry: A Framework*
- *UK Federation House Commitment to Water Efficiency*
- *The United Nations CEO Water Mandate*
- *UNEP/SETAC Life Cycle Initiative – Project Group on Water Use Assessment*
- *Water Brief for Business – S.E.E. Change Initiative*
- *Water Footprint Network*
- *Water Neutral Offset Calculator*
- *WaterSense® Program*
- *Water Stewardship Initiative*
- *WBCSD Global Water Tool©* (WBCSD; IUCN, 2009, tradução nossa)

2.4 A PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) E A GESTÃO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA

Desde a revolução industrial, para o atendimento das necessidades cada vez mais variadas de uma população que cresceu exponencialmente, a evolução dos sistemas produtivos trouxe aumento vertiginoso e sempre crescente do consumo dos recursos naturais do planeta. Da mesma forma, tem gerado uma infinidade de materiais, sejam na forma de produtos para consumo (que se transformarão em resíduos) ou na forma de resíduos e efluentes que em muitos casos, têm gerado inúmeros episódios de contaminação ou poluição ambiental.

De acordo com Gasi e Ferreira (2006, p. 43), este modelo de desenvolvimento tem a concepção de um sistema aberto, no qual de um lado, tem-se a entrada de matérias-primas, água, energia e do outro, a saída de produtos, bens, serviços e rejeitos. Os produtos vão para o mercado consumidor e os rejeitos são tratados em sistemas chamados de “fim-de-tubo”, para depois serem dispostos no meio ambiente. No entanto, nas últimas décadas, tem-se verificado as limitações deste modelo. Por exemplo:

- o planeta é um sistema fechado, limitado, esgotável e não tem como sustentar indefinidamente o crescimento da humanidade por meio do seu consumo crescente de recursos e de sua geração progressiva de resíduos, produzidos segundo este modelo de sistema aberto;
- os sistemas de tratamento fim-de-tubo, de *controle corretivo da poluição*, terão que atender a padrões de emissão de poluentes cada vez mais restritos. Como o custo destes sistemas aumenta exponencialmente para eficiências de remoção de poluentes acima de 90%, tornam-se inviáveis e assim, não se pode utilizar apenas desta estratégia para garantir a qualidade ambiental. Além disto, estes sistemas não reduzem de fato os poluentes – em geral, apenas os transferem de um meio ou estado físico para outro, numa condição de maior contenção e controle. Assim, representam custos operacionais diretos para as organizações produtivas.

A partir da constatação destes limites, da evolução das legislações ambientais a partir das décadas de 1970 e 1980, da consciência ambiental crescente, das pressões crescentes do mercado e da sociedade, que podem influir na sobrevivência das empresas, originou-se e desenvolveu-se o *enfoque preventivo no tratamento das questões ambientais*, particularmente pela ação de empresas, governos e entidades globais.

Ao final da década de 1980, a agência ambiental americana (USEPA) verificou a insuficiência do modelo de controle fim-de-tubo para garantia da qualidade ambiental e em 1988, introduziu o *conceito de minimização de resíduos como redução na fonte*, integrada ao processo, por meio de práticas como *substituição de matérias-primas, mudanças tecnológicas, boas práticas operacionais e mudanças nos produtos*. Em 1990, veio a Lei de Prevenção à Poluição (*Pollution Prevention Act of 1990*), que entre seus principais aspectos, estabeleceu a hierarquia de gerenciamento de resíduos: 1º.: *prevenção da geração de poluentes / resíduos na fonte* (na entrada e durante o processo produtivo); 2º.: após a prevenção

na fonte, reciclagem ambientalmente correta e segura de poluentes / resíduos; 3º.: como último recurso, esgotadas as alternativas anteriores, disposição ambientalmente correta e segura de poluentes / resíduos. Assim, a *prevenção à poluição* (“P2”), foi definida como *redução na fonte*, referindo-se às práticas citadas acima e destacando também o *aumento da eficiência* no uso das matérias-primas, energia, *água* e outros recursos naturais. A P2 *não inclui* a reciclagem de poluentes / resíduos fora de seus processos geradores (GASI; FERREIRA, 2006, p. 50-51).

Nesta mesma época, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI) desenvolveram o conceito de *Produção mais Limpa (P+L)*, reforçando o *enfoque preventivo* dentro da gestão ambiental. A ONUDI coloca que a P+L requer mudança de atitudes, gestão ambiental responsável e promoção da inovação tecnológica. O conceito original é o seguinte:

Aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a ecoeficiência e evitar ou reduzir os danos ao homem e ao ambiente. Aplica-se a:

- Processos produtivos: conservação de matérias-primas e energia, eliminação de matérias tóxicas e redução da quantidade e toxicidade dos resíduos e emissões;
- Produtos: redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a extração das matérias-primas até sua disposição final;
- Serviços: incorporação de preocupações ambientais no planejamento e na entrega dos serviços (ONUDI, 2004 *apud* GASI; FERREIRA, 2006, p. 52)⁶.

O conceito de P+L é um guia para a otimização dos processos de produção industrial. Em outras palavras, a abordagem holística da P+L pela ONUDI representa uma estratégia que é aplicada ao ciclo inteiro de produção para:

- Aumentar a produtividade pela garantia do uso mais eficiente das matérias-primas, da energia e da *água*;
- Promover melhor desempenho ambiental por meio da redução na fonte dos resíduos e emissões;

⁶ Informação previamente disponível em <http://www.unido.org/doc5151>, em 2004 e revisada, atualizada e disponível em <http://www.unido.org/index.php?id=o5151>. Acesso em: dezembro de 2009.

- Reduzir o impacto ambiental dos produtos ao longo do seu ciclo de vida por meio de seu projeto ambientalmente amigável e ao mesmo tempo, economicamente viável (ONUDI, 2008)

A P+L é um conceito similar ao de P2, mas é mais abrangente, pois considera a perspectiva de redução de impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos, incluindo o pós-consumo. Inclui o conceito e as práticas de P2 e também a reciclagem de poluentes / resíduos fora dos processos que os geraram (GASI; FERREIRA, 2006, p. 53).

Com o desenvolvimento destes conceitos, hoje já há um entendimento relativamente difundido de que os rejeitos não significam apenas desconformidade legal, mas também responsabilidade continuada do gerador, representam ineficiências dos processos produtivos, redução de produtividade e da competitividade, prejuízos à imagem da empresa, redução de lucros e eventual perda de mercados. Portanto, o ideal é não gerá-los (GASI; FERREIRA, 2006, p. 49). *É prevenir para não ter que remediar, o que em geral traz custos adicionais e por vezes, de grandes proporções.*

Os benefícios da P+L para as organizações são vários, dos quais se podem citar:

- Desenvolvimento de visão mais integrada da organização, proativa, dinâmica, que economiza recursos, utilizando-os com mais eficiência;
- Motivação e maior união do corpo funcional, para atingir objetivos;
- Melhoria de desempenho ambiental;
- Redução das quantidades utilizadas de matérias-primas, energia e água, com as correspondentes economias;
- Redução da quantidade, da periculosidade e toxicidade de rejeitos, com conseqüente redução de custos com seu tratamento, sua disposição e seus eventuais danos;
- Ambiente de trabalho mais sadio e seguro;
- Seguros mais baratos;
- Redução ou eliminação de conflitos com a comunidade e com os órgãos ambientais;
- Prevenção contra futuros passivos e responsabilidades por danos ambientais;
- Redução de impactos ao meio ambiente e à saúde da comunidade.

Desta forma, a P+L é uma estratégia em que todos ganham (do tipo *win-win*) – ecossistemas locais, empresa, comunidade, governo, órgãos ambientais. A P+L contribui para harmonizar ou conciliar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, bem como para gerar benefícios sociais (GASI; FERREIRA, 2006, p. 60-61).

Apesar disto, há algumas barreiras para a implantação de P+L pelas organizações. Destacam-se:

- Falta de conhecimento sobre os conceitos
- Carência de mecanismos na divulgação de informações relativas a produtos tóxicos
- Resistência a mudanças
- Ausência ou carência de práticas de gestão adequadas
- Carência de pessoal técnico mais qualificado
- Dificuldades para investimentos
- Falta de mecanismos para incentivos econômicos
- Ausência de material no idioma local (GASI; FERREIRA, 2006, p. 62)

Procurando contornar algumas destas barreiras, uma forma de implantar a P+L seria por meio dos seguintes passos:

- Entendimento e aceitação da P+L como uma das estratégias da organização: comprometimento da direção (inclusão no planejamento e no orçamento da empresa) e sensibilização dos colaboradores;
- Diagnóstico dos aspectos ambientais estabelecimento e medição de seus indicadores – identificação de oportunidades para eliminá-los, minimizá-los ou reduzi-los;
- Definição de alternativas técnicas e tecnológicas – análise de viabilidade;
- Implantação das alternativas viáveis escolhidas (se oportuno e/ou necessário, buscar linhas de crédito específicas ou mais adequadas e vantajosas);
- Acompanhamento dos resultados (indicadores) e manutenção do programa.

Quando se analisa as abordagens já descritas e indicadas para a *gestão de água* numa organização, destaca-se, internamente, a orientação para o *uso racional da água*, que se traduz na *conservação, uso controlado, eficiente e sem desperdícios da água e no seu reúso técnica e economicamente viável*. Olhando para fora, procura integrar-se (e colaborar) com a gestão das águas na comunidade

(com foco na bacia hidrográfica local). Particularmente no âmbito interno, deve-se ressaltar como parte essencial de qualquer sistema de gestão, ligada ao aspecto do controle, um *sistema de medição, monitoramento e análise rotineiro* do uso da água, bem como dos efluentes gerados.

O *conceito da P+L* descrito acima traz em si exatamente estes mesmos princípios, quanto ao uso dos recursos nos processos produtivos, dentro da organização – *a sua minimização e a prática de reúso / reciclagem, onde possível e viável*. Além disto, a P+L agrega a estes aspectos da gestão da água, *a minimização da geração dos efluentes líquidos e de seu conteúdo poluente*. Neste ponto, ocorre a *potencialização da P+L sobre a gestão de água*, especificamente sobre a prática do reúso, uma vez que a minimização de poluentes nos efluentes aumenta a possibilidade de seu reúso ou reciclagem dentro da unidade industrial. Esta ação também se traduz em contribuição para a gestão das águas na comunidade, pois ao minimizar a carga poluente residual lançada nos corpos d'água, diminui seu potencial de degradação e assim, poupa os recursos hídricos locais para outros usos.

Assim, pode-se assumir que *a gestão de água na indústria sob os princípios da P+L* constitui-se de:

1. sistema de medição e monitoramento de rotina para água e para efluentes (avaliação quantitativa e qualitativa), com registros adequados, atualizados e utilizados;
2. controle operacional do uso da água (nos processos produtivos e nas operações auxiliares)
3. diagnóstico atualizado do uso de água e da geração de efluentes, ao longo do processo produtivo e da planta como um todo (mapeamento / fluxogramas => *balanço hídrico*);
4. dados atualizados de custo total da água utilizada e dos efluentes tratados – custos totais (por mês, ano), unitários (por m³) e específicos (relativos à unidade de produção ou de consumo de uma matéria-prima básica – ex.: curtumes: “por kg de pele”, “por m² de couro”, “por pele”, “por couro”);
5. programa rotineiro, periódico de combate a desperdícios, perdas e vazamentos

6. existência de indicadores específicos (relativos à produção ou ao consumo de matéria-prima básica), freqüentemente monitorados para água e efluentes, com metas a serem atingidas, dentro de um processo de melhoria contínua;
7. treinamento sobre o uso racional da água (todos os níveis);
8. P+L aplicada ao uso de água na indústria:
 - a. práticas e tecnologias de conservação de água;
 - b. práticas e tecnologias de minimização da contaminação da água (carga dos efluentes);
 - c. práticas e tecnologias de minimização de efluentes;
 - d. práticas e tecnologias de reúso de água / de efluentes;

Deve-se também ressaltar que há aspectos externos ou de interface da empresa com a comunidade e com os ecossistemas locais que podem influir, justificar ou determinar ações de gestão da água nas operações e processos produtivos da empresa (âmbito interno da organização). Um exemplo é a eventual escassez de água e/ou a limitação física para lançamento de efluentes, por falta de capacidade de assimilação do corpo d'água local ou mesmo pela sua inexistência ou distância. Outro exemplo seria a cobrança efetiva da água na bacia hidrográfica local.

2.5 A INDÚSTRIA DE CURTUMES E A ÁGUA

A atividade coureira no país é um dos braços da economia, movimentando 3,5 bilhões de dólares e empregando cerca de 50 mil pessoas. Fechou 2008 com embarques de US\$ 1,88 bilhão.

O Brasil é o segundo maior produtor e o quarto maior exportador de couros do mundo. Há cerca de 800 empresas brasileiras de produção e processamento de couro (CICB, [2009?]).

A figura 9 mostra o desempenho da exportação brasileira de couros, por estado.

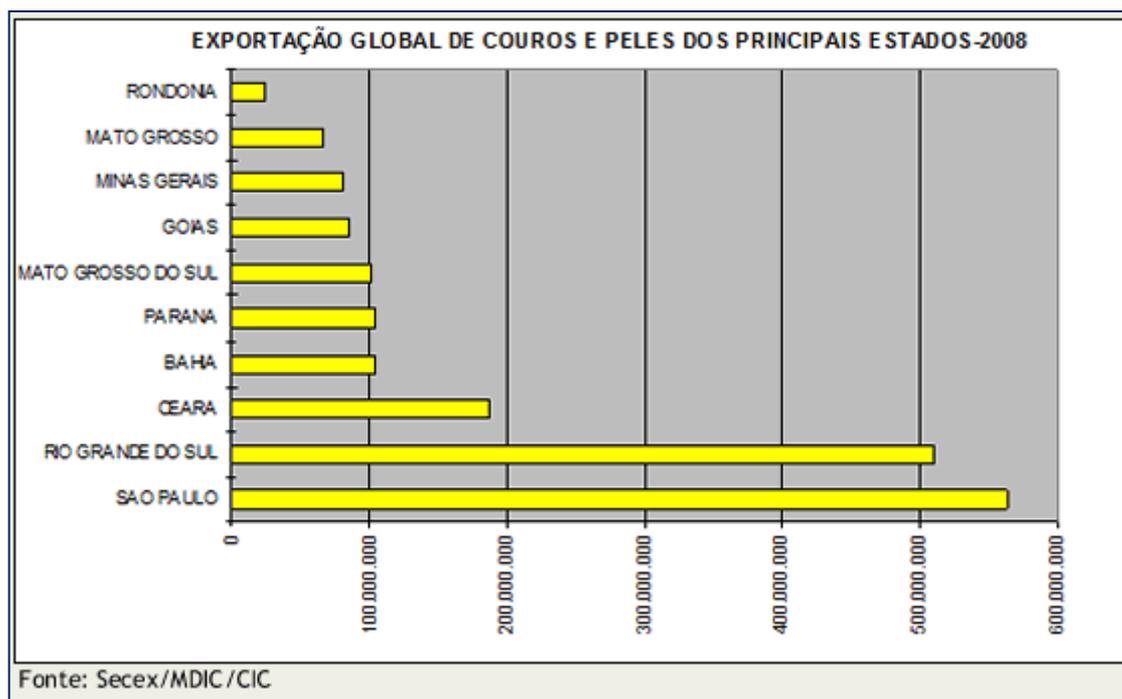


Figura 9 – Exportação global de couros e peles dos principais Estados – 2008 (em US\$)
 Fonte: Secex; MDIC; CIC [2009?] *apud* CICB, [2009?]

Verifica-se que São Paulo é o estado brasileiro que lidera as exportações de couros, seguido de perto pelo Rio Grande do Sul.

Segundo a ASSOCIAÇÃO DOS MANUFATORES DE COUROS E AFINS DO DISTRITO INDUSTRIAL DE FRANCA (AMCOA, 2009), há 71 curtumes em atividade no Estado de São Paulo, sendo que 22 deles (31%) realizam as operações de ribeira (ver 2.5.1 abaixo). A produção estimada destes curtumes é de 5 a 8 milhões de couros por ano.

2.5.1 O PROCESSO PRODUTIVO

Os curtumes são unidades industriais que tem como principal finalidade a transformação de peles animais em couros.

No Brasil, as peles normalmente processadas para fabricação de couros, são de mamíferos (bovinos – as mais utilizadas, devido ao grande rebanho nacional, caprinos, ovinos, eqüinos, suínos, pequenos animais – coelhos, javali, capivara etc., de peleteria – vison, foca, raposa, chinchila etc.). Mais raramente, em pequenas

quantidades, são processadas peles de répteis (cobras etc.) e de aves (avestruz, patas de frango e de peru, ema etc.) (FERRARI, 2004, p. 38).

Partindo-se das peles “frescas”, recém tiradas dos animais ou conservadas (salgadas, salmouradas, tratadas com alguns biocidas etc.), basicamente procede-se a uma limpeza destas peles, procurando-se remover, o quanto possível e viável, os materiais e substâncias das peles indesejáveis para o processo e para o produto. Então, realiza-se o curtimento, etapa responsável pela estabilização das peles e em seguida, são efetuadas etapas de acabamento para conferir aos couros suas propriedades mecânicas e estéticas finais (PACHECO, 2005, p. 15).

Principalmente para as peles dos mamíferos, o processo é similar ao descrito neste item – processo básico para as peles bovinas –, com algumas variações entre um e outro tipo de pele.

Seguindo-se esta estrutura básica, o processo dos curtumes é dividido em 3 macro-etapas: a *ribeira* (limpeza principal das peles), o *curtimento* e o *acabamento*. Este, por sua vez, divide-se em “acabamento molhado”, “pré-acabamento” e “acabamento final”. Os couros assim produzidos são comercializados para a confecção de calçados, peças de vestuário, revestimentos de mobília e de estofamentos de automóveis, bem como de outros artigos (PACHECO, 2005, p. 16). Cada uma destas macro-etapas é constituída por uma série de sub-etapas. As figuras 10 e 11 ilustram o processo produtivo.

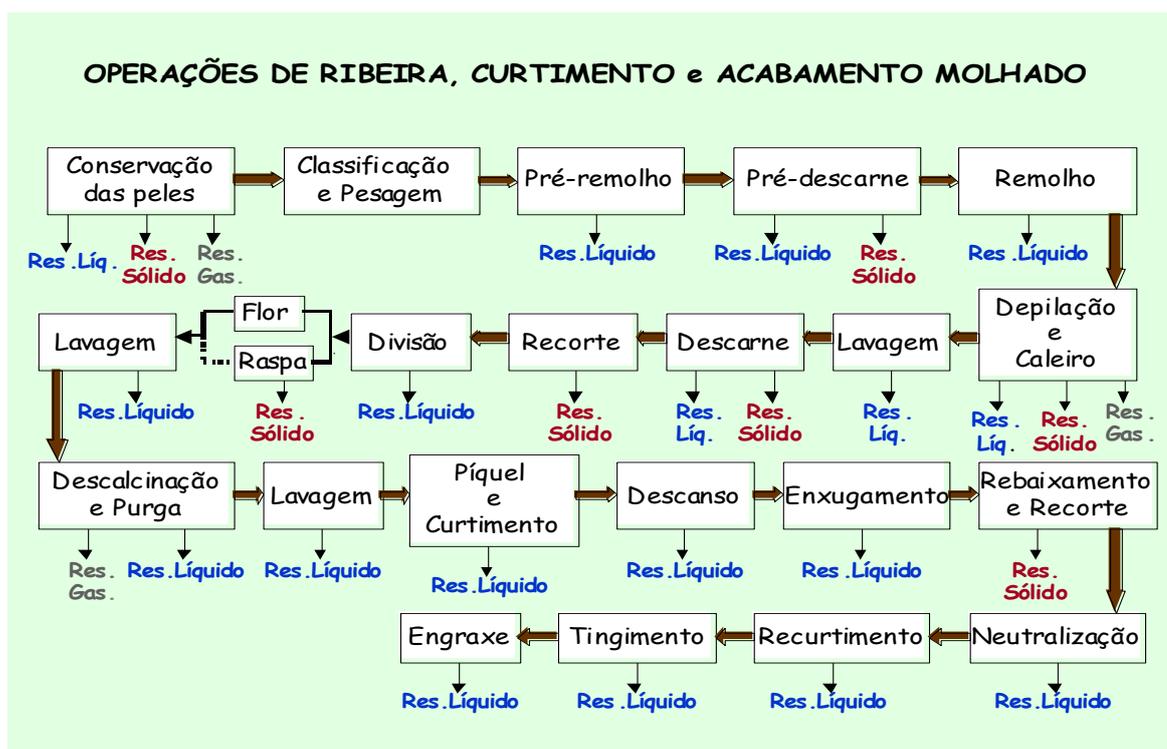


Figura 10 – Fabricação de couros – etapas de ribeira, curtimento e acabamento molhado
Fonte: Pacheco, 2005

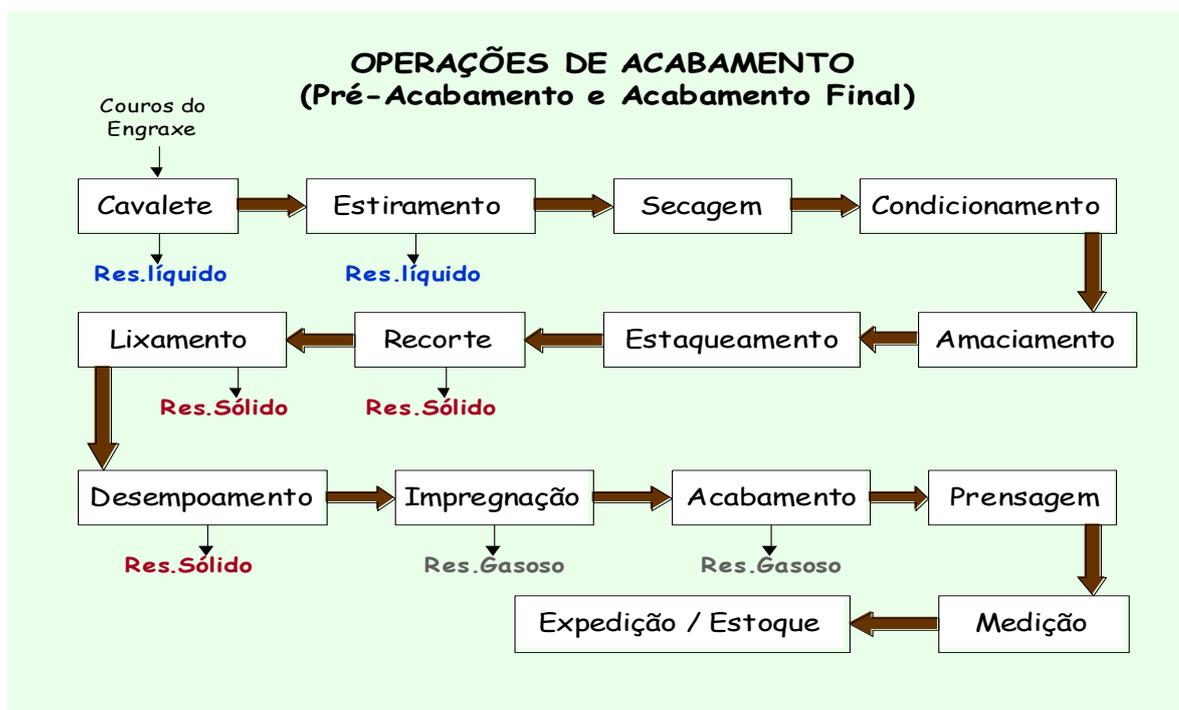


Figura 11 – Fabricação de couros – etapas de pré-acabamento e acabamento final
Fonte: Pacheco, 2005

Como se pode verificar na figura 10, há várias etapas de emissão de efluentes líquidos em virtude do uso intensivo de água – os tratamentos químicos das peles pelas etapas de produção são todos realizados em meio aquoso (“banhos”), bem como há várias lavagens das peles e dos couros realizadas entre algumas etapas específicas.

A macro-etapa de *ribeira* destina-se à purificação das peles, preservando sua parte de interesse, que são as fibras colagênicas e removendo as impurezas como restos de carne, gorduras superficiais, epiderme, pêlos, pigmentos, certas gorduras internas, algumas estruturas interfibrilares (globulinas e mucoproteínas) e sangue (ANUSZ, 1995 *apud* FERRARI, 2004, p. 42). É nesta etapa que se dá o maior consumo de água do processo e a maior geração de efluentes líquidos, bem como de carga poluente, orgânica e inorgânica.

A macro-etapa *curtimento* é precedida pela etapa chamada “píquel”, onde se faz a preparação final das peles para a etapa de curtimento. Esta consiste na estabilização química das peles, na qual as substâncias ditas curtentes penetram entre as fibras colagênicas, ligando-se a elas em vários sítios reativos, promovendo a formação de um reticulado destas fibras bastante estável. O curtente mais utilizado é o cromo trivalente, na forma de sulfato básico de cromo. Outros curtentes podem ser utilizados e têm sido desenvolvidos para substituir total ou parcialmente o cromo, devido ao seu potencial impacto ambiental (e mesmo à saúde humana, em certas condições). Isto tem ocorrido mais por exigência de certos mercados, como o de couros para estofamentos automotivos. Por exemplo, podem-se ter sais de alumínio, titânio, magnésio e zircônio. Alternativas são os curtentes ditos vegetais (naturais) e os orgânicos sintéticos (“sintans”/“sintanas”/“sintanos” – uso exclusivo (mais raro) ou combinado com cromo ou taninos (mais comum), em curtimento ou recurtimento, após o cromo ou os taninos, em separado). Podem-se citar produtos sulfonados de fenol, cresol e naftaleno ou resinas de poliuretanos ou acrílicas; alguns aldeídos modificados também podem ser utilizados e também compostos orgânicos fosforados (fosfônios) (ABQTIC, 2003; CLAAS; MAIA, 1994; IPPC, 2003; UNEP IE/PAC, 1994 *apud* PACHECO, 2005, p. 24; INESCOP, [200-?]).

O *acabamento* é formado por etapas que complementam o curtimento principal anterior (também chamadas de *recurtimento*), bem como dão a base de algumas propriedades físicas e mecânicas desejáveis aos couros, como cor básica, resistência à tração, impermeabilidade, maciez, flexibilidade, toque e elasticidade. O

descanso, enxugamento, rebaixamento e recorte são operações físico-mecânicas, enquanto as demais são banhos realizados nos “fulões” (tanques cilíndricos que giram em torno de seu eixo principal). Até aqui, ainda há um consumo significativo de água. Depois, realizam-se as etapas de acabamento propriamente dito, nas quais o uso de água não é expressivo.

Há curtumes que realizam este processo produtivo completo e outros que o fazem em parte, seja a partir das peles iniciais (frescas ou conservadas) ou a partir de peles semi-processadas. Assim, tem-se uma classificação dos curtumes de acordo com as etapas do processo que realizam, bem como em relação ao curtente principal, como indicado no quadro 6.

Quadro 6 – Tipos de curtumes

Denominação	Matéria-prima	Extensão de processamento das peles / dos couros
Curtume produtor de “wet-blue” (devido ao seu aspecto – couro úmido e azulado)	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru processado até curtimento ao cromo (para definição posterior de espessura, cor, artigo etc.)
Curtume produtor de semi-acabado	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru processado até estágio semi-acabado. Este couro já tem espessura e artigos definidos.
Curtume completo ou integrado	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru processado até estágio acabado – pronto para fabricação de artefatos de couro.
Acabadora de “wet-blue” até acabado	Couro no estágio “wet-blue”	Couro “wet-blue” até acabado – pronto para fabricação de artefatos de couro.
Acabadora de semi-acabado até acabado	Couro no estágio semi-acabado	Couro semi-acabado até acabado – pronto para fabricação de artefatos de couro.
Curtume produtor de vegetal leve	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru até curtido com extratos vegetais – pronto para fabricação de artefatos de couro.
Curtume produtor de vegetal solado	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru até curtido com extratos vegetais – pronto para fabricação de solados de couro.
Curtume produtor de vegetal seleiro	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru até curtido com extratos vegetais – pronto para fabricação de artigos de selaria.
Curtume misto	Pele em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgada – ou “couro cru”	Couro cru até curtido ao cromo ou com extratos vegetais – pronto para fabricação de artefatos diversos.

Fonte: adaptado de Ferrari, 2004

Neste trabalho, a amostra dos curtumes pesquisados foi extraída da população de curtumes *que realiza a etapa da ribeira*, ou seja, inicia o processo produtivo a partir das peles em sangue (“fresca” ou “verde”) ou salgadas – ou, de forma geral, a partir do “couro cru”.

2.5.2 O USO DA ÁGUA E OS EFLUENTES LÍQUIDOS

Nos curtumes, principalmente naqueles que executam a ribeira, o uso de água é significativo. Na transformação das peles animais em couros, os processos de limpeza e preparação das peles, bem como o seu curtimento e parte do acabamento, envolvem uma série de etapas em que as peles são imersas em banhos aquosos, bem como etapas de lavagem com água entre estes banhos. Pacheco (2005, p. 25) aponta um consumo médio de 630 litros de água por pele, para um curtume integrado - que produz couro acabado a partir da pele salgada. Nesta base, um curtume como tal, que processe 3.000 peles diariamente consumiria aproximadamente 1.900 m³ de água por dia, o que equivale ao consumo diário de um município de cerca de 10.500 habitantes (PACHECO, 2005, p. 25).

Farenzena *et al.* (2005, p. 281) aponta um consumo médio de 30.000 litros de água por tonelada de peles salgadas, que após o processo completo, gera cerca de 250 kg de couro acabado. Assim, a proporção em peso água : peles salgadas : couro acabado para 1 kg deste produto é 120:4:1. Tomando-se 25 kg como peso médio para uma pele salgada, este consumo médio corresponderia a 750 litros por pele salgada.

A tabela 18 mostra uma distribuição do consumo de água pelas macro-etapas do processo em um curtume completo que processa pele salgada.

Tabela 18 – Distribuição do consumo de água em curtume completo

Etapas do Processo	Consumo de Água (m³/t pele salgada)
Ribeira (até purga)	7-25
Curtimento	1-3
Pós-curtimento ou Acabamento Molhado	4-8
Acabamento	0-1
TOTAL	12-37

Fonte: "IUE" – Comissão de Meio Ambiente e de Resíduos da União Internacional das Sociedades dos Químicos e Técnicos/Tecnólogos do Couro ("IULTCS"), 2002 *apud* Pacheco, 2005

Verifica-se o maior consumo na etapa da *ribeira* – cerca de 60 a 70% do consumo total.

Ferrari (2004, p. 86) fornece alguns dados de consumo de água para os vários tipos de curtume. A tabela 19 mostra estes valores.

Tabela 19 – Alguns valores de consumo de água para vários tipos de curtume

Denominação	Consumo	Consumo (litros por pele salgada) (1)
Curtume produtor de "wet-blue" (devido ao seu aspecto – couro úmido e azulado)	10 a 12 litros / kg de pele salgada	250 a 300
Curtume produtor de semi-acabado	13 a 14 litros / kg de pele salgada	325 a 350
Curtume completo ou integrado	15 a 18 litros / kg de pele salgada	375 a 450
Acabadora de "wet-blue" até acabado	30 a 50 litros / m ² de couro produzido	-
Acabadora de semi-acabado até acabado	5 a 10 litros / m ² de couro produzido	-
Curtume produtor de vegetal leve	12 a 14 litros / kg de pele salgada	300 a 350
Curtume produtor de vegetal solado	10 a 12 litros / kg de pele salgada	250 a 300
Curtume produtor de vegetal seleiro	10 a 12 litros / kg de pele salgada	250 a 300
Curtume misto	13 a 16 litros / kg de pele salgada (2)	325 a 400

(1) Assumindo-se peso médio de 25 kg por pele salgada

(2) Adotou-se 50% da produção em cromo e 50% em tanino vegetal

Fonte: adaptado de Ferrari, 2004

Ramirez *et al.* e Rao *et al.* (2003 *apud* PASSOS, 2007, p. 10) indicam 35 a 40 e 30 a 40 litros de água / kg de pele processada, respectivamente.

Aquim *et al.* (2006 *apud* PASSOS, 2007, p. 10-11) aponta uma faixa de consumo de 11 a 27,8 litros de água / kg de pele salgada.

Além de consumo significativo de água em suas operações, os curtumes também geram volumes expressivos de efluentes líquidos, principalmente as unidades com ribeira. Estes volumes são aproximadamente iguais aos volumes de água captada, porém, em termos de vazões efetivas de geração e de lançamento para fora dos curtumes (regime de geração e de lançamento), estas dependem dos procedimentos operacionais da estação de tratamento de efluentes (ETE) – também denominada sistema de tratamento de águas residuárias (STAR) – de cada curtume.

A tabela 20 mostra uma distribuição da geração de efluentes líquidos pelas etapas do processo de um curtume até o acabamento.

Tabela 20 – Geração de efluentes líquidos – distribuição pelas principais etapas geradoras do processo (m³ efluentes / t couro processado)

Macro-etapa do Processo	Etapa do Processo	Efluentes Gerados	
		m ³ / t	% do Total
Ribeira	Pré-remolho	2,4	7,5
	Lavagem	1,3	4,1
	Remolho	2,4	7,5
	Depilação / Caleiro	2,4	7,5
	Lavagem	4,0	12,5
	Lavagens Pós-descarne	7,8	24,4
	Descalcinação e Purga	1,3	4,1
	Subtotal Ribeira	21,6	67,6
Pré-curtimento e Curtimento	Eventuais Lavagens	4,3	13,5
	Píquel	1,3	4,1
	Curtimento	1,3	4,1
Subtotal Pré-curtimento e Curtimento	6,9	21,7	
Acabamento	Enxugamento	0,13	0,4
	Neutralização	0,76	2,4
	Recurtimento	0,69	2,2
	Lavagens	0,55	1,7
	Tingimento	0,5	1,6
	Engraxe	0,8	2,5
Subtotal Acabamento	3,43	10,7	
TOTAL GERAL CURTUME		31,93	100

Fonte: baseado em Claas e Maia, 1994 *apud* Pacheco, 2005

Da tabela 20, verifica-se que cerca de 68% do volume dos despejos líquidos são provenientes das operações de ribeira até a etapa de purga, cabendo cerca de 32% ao restante do processo. Assim, esta distribuição de geração de efluentes é similar àquela do uso de água, como foi mostrado na tabela 18.

De acordo com Pacheco (2005, p. 30-32), as águas residuais das *operações de ribeira* são fortemente alcalinas, esbranquiçadas ou acinzentadas (cal em excesso) e contêm sebo, pêlos, tecido muscular, gordura e sangue, em suspensão. Em solução, há diversos sais (principais ânions - sulfeto, sulfato, cloreto; principais cátions - sódio, cálcio, amônio), bem como proteínas e aminoácidos diversos; em menor quantidade, tensoativos (detergentes), amins e eventualmente alguns conservantes (biocidas e inseticidas – produtos orgânicos).

O beneficiamento da carnaça gerada nos descarnes, para obtenção de sebo, graxa ou gordura, gera um volume de efluentes relativamente pequeno. No entanto, tais efluentes apresentam elevada carga orgânica e concentrações elevadas de sólidos em suspensão, proteínas dissolvidas e pH na faixa ácida (PACHECO, 2005, p. 30-32).

Os efluentes líquidos provenientes das *operações de pique e curtimento* possuem características relativamente distintas e peculiares, comparados com os efluentes da ribeira – contêm, principalmente, sal (cloreto de sódio), ácidos minerais (sulfúrico, clorídrico), orgânicos (lático e fórmico), cromo e/ou taninos (orgânicos polifenólicos), outros compostos curtentes (de alumínio, aldeídos, orgânicos sintéticos), proteínas e eventualmente, alguns fungicidas (orgânicos aromáticos), em pequenas quantidades. São águas turvas, de cor verde escura (curtimento ao cromo) ou castanhas (curtimento por taninos), que apresentam pH ácido, podendo ter altas concentrações de DQO e DBO, conforme o curtente utilizado (PACHECO, 2005, p. 30-32).

As águas residuais das *operações de acabamento molhado ou pós-curtimento e de acabamento*, podem apresentar certo teor de cromo (do enxugamento e por vezes, do recurtimento), sais diversos (da neutralização), cores diversas, devido aos corantes utilizados (do tingimento), muitos à base de anilina, azo-corantes e temperatura mais elevada (PACHECO, 2005, p. 30-32).

Outras operações destes três grupos de etapas não apresentam efluentes líquidos ou estes são pouco significativos.

As tabelas 21 e 22 apresentam alguns valores médios ou faixas de valores para parâmetros medidos nos efluentes brutos de curtumes – cargas poluentes e concentrações típicas.

Tabela 21 - Dados típicos de parâmetros medidos em efluentes brutos de curtumes com processos convencionais completos – distribuição por etapas básicas ou macro-etapas do processo (matéria-prima: peles bovinas salgadas; dados em kg / t pele)

Etapa Básica do Processo	Uso de Água (m ³ / t) (1)	DQO	DBO	Sólidos Suspensos	Cromo (Cr ⁺³)	Sulfeto	N Total (2)	Cloreto	Sulfato	Óleos e Graxas	Sólidos Dissolvidos Totais (3)
Ribeira	7-25	120-160	40-60	70-120		2-9	9-14	120-150	5-20	5-8	200-300
Curtimento	1-3	10-20	3-7	5-10	2-5		0-1	20-60	30-50	1-2	60-120
Pós-curtimento / Acabamento Molhado	4-8	15-40	5-15	01-10	01-02		01-02	05-10	01-10	03-08	40-100
Acabamento	0-1	0-10	0-4	0-5							
Total	12-37	145-230	48-86	85-155	3-7	2-9	10-17	145-220	45-110	9-18	300-520

(1) volume de efluentes gerados ≈ uso de água

(2) N Total – teor de nitrogênio total (orgânico e amoniacal).

(3) resíduo não filtrável solúvel

Fonte: grupo IUE 6, IULTCS, 2002 *apud* Pacheco, 2005

Tabela 22 - Caracterização de efluentes líquidos brutos, homogêneos, após peneiramento, de uma indústria que executa curtimento ao cromo, não recicla banhos residuais e tem etapa de oxidação de sulfeto

Parâmetros	Concentrações
pH	8,6
Sólidos Sedimentáveis	90,0 ml/l
DQO	7250 mg/l
DBO ₅	2350 mg/l
Cromo Total (Cr ⁺³)	94,0 mg/l
Sulfeto	26,0 mg/l

Fonte: Claas e Maia, 1994 *apud* Pacheco, 2005

Os dados mostrados evidenciam que a fase de *ribeira*, até a etapa anterior ao curtimento, é a responsável pela maior parte das cargas poluentes e tóxicas dos efluentes de curtumes. Por exemplo, o sulfeto, presente nos efluentes da ribeira, apresenta potencial tóxico para o ser humano relativamente maior, nestas circunstâncias, do que o cromo do curtimento, considerando que este está na sua forma trivalente. Se, por exemplo, o pH de efluentes com sulfeto caírem abaixo de 9,0, pode-se ter a sua liberação para a atmosfera na forma de gás sulfídrico, que é bastante tóxico para as pessoas. A sub-etapa depilação/caleiro é a principal contribuinte para este alto potencial poluidor da ribeira.

Desta forma, vê-se que o impacto ambiental potencial dos efluentes líquidos dos curtumes é significativo. Portanto, os curtumes normalmente possuem *estações de tratamento desses efluentes (controle via tratamento “fim-de-tubo”)*, visando minimizar seus impactos ambientais e atender à legislação vigente, quanto ao lançamento de efluentes líquidos em redes coletoras de esgotos ou em corpos d’água (PACHECO, 2005, p. 32).

Há várias configurações possíveis para sistemas de tratamento de efluentes para curtumes. A seguir, descrevem-se etapas de um sistema que é comum de se verificar nestas unidades industriais.

- 1- *segregação dos efluentes da ribeira daqueles do curtimento (principalmente curtimento ao cromo) e do acabamento*. Esta segregação é importante em vários aspectos: evita-se a neutralização ou acidificação de efluentes contendo sulfeto (da ribeira), o que levaria à evolução de gás sulfídrico; possibilita operações de reciclagem dos banhos de depilação e de curtimento, o que alguns curtumes já realizam, com vantagens ambientais e econômicas; os efluentes do curtimento ao cromo passam por tratamento específico para separação do cromo, normalmente por precipitação alcalina, como hidróxido de cromo trivalente. O sobrenadante da precipitação é encaminhado para a homogeneização ou equalização dos efluentes gerais. O hidróxido de cromo pode ser separado e transformado em um licor de sulfato de cromo via reação com ácido sulfúrico e reciclado para o curtimento (reciclo do cromo). No entanto, há curtumes que não fazem esta segregação, procedendo à remoção do cromo no tratamento primário;

- 2- *tratamento preliminar* – remoção dos sólidos em suspensão maiores, mais grosseiros, por gradeamento, caixas de areia (de sedimentação) e peneiramento nas linhas de efluentes. Alguns curtumes também instalam caixas de gordura, principalmente para efluentes da ribeira – a remoção da gordura nestas caixas, por flotação, é importante para o desempenho da estação de tratamento como um todo: evita ou minimiza entupimento de tubulações, aderência ou incrustações nas paredes das unidades de tratamento e principalmente, o prejuízo à transferência de oxigênio nos processos de tratamento biológicos;
- 3- *oxidação prévia do sulfeto residual em meio alcalino*, proveniente de banhos e lavagens da ribeira, *antes* de homogeneizá-los com outros efluentes ácidos ou *após* esta homogeneização, *desde que se garanta pH igual ou superior a 9,0 ao longo da linha geral de efluentes e da mistura, até este ponto*. Esta oxidação é necessária para prevenir a formação de gás sulfídrico (H_2S) – tóxico, precursor de corrosão e um dos principais responsáveis por problemas de odor nos curtumes -, bem como a interferência ou competição do sulfeto pelo oxigênio, necessário ao tratamento aeróbio dos efluentes; a oxidação, realizada com aeração intensa durante tempo geralmente superior a oito horas, com auxílio de catalisador (sulfato de manganês), leva o sulfeto a tiosulfato (a maior parte) e a sulfato.
- 4- *homogeneização ou equalização dos efluentes*: junção de todos os efluentes, dos pré-tratados e dos que não o foram, e uniformização (ou diminuição da variação) das suas características (pH, concentrações de contaminantes, temperatura etc.) em tanque com agitação, possibilitando regularização da vazão e parâmetros mais constantes para melhor controle e desempenho das etapas seguintes do tratamento;
- 5- *tratamento primário dos efluentes equalizados, físico-químico*, para remoção de parte da matéria orgânica e de alguns metais residuais, principalmente cromo - coagulação, floculação e decantação primária;
- 6- *tratamento secundário biológico*, normalmente *lagoas aeradas, facultativas ou lodos ativados*, para remoção da carga orgânica residual do tratamento primário. Quando se utilizam lodos ativados, o sistema é composto por um tanque de reação (aeração e ação microbiana sobre os efluentes) e na seqüência, um decantador (secundário) para separação do lodo biológico,

com seu retorno parcial ao tanque de reação e clarificação do efluente depurado.

7- *tratamento dos lodos gerados no sistema*: os lodos gerados nas decantações primária e secundária (maior volume), bem como em outras unidades do sistema, são bastante diluídos (cerca de 1,5% de sólidos) e precisam ser condicionados e concentrados pelo menos acima de 18% em matéria seca para facilitar manuseio e transporte. Isto é feito geralmente utilizando-se adensadores de lodos (concentração parcial prévia – opcional), leitos de secagem ou concentradores mecânicos, como centrífugas, filtros-prensas, prensas ou mantas desaguadoras etc. (PACHECO, 2005, p. 32-33; FERRARI, 2004, p. 99, 100, 106-109, 111).

Se bem projetado e operado, este sistema básico de tratamento normalmente é capaz de enquadrar os efluentes dos curtumes nos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação vigente (PACHECO, 2005, p. 32-33).

2.5.3 A P+L EM ÁGUA E EFLUENTES

De acordo com os conceitos de gestão de água e de P+L, apresentados e discutidos no item 2.4, em relação ao uso industrial da água, a P+L sintoniza-se com as boas práticas de gestão e utilização da água (o uso racional da água), uma vez que também preconiza a hierarquia básica:

- 1º. REDUZIR / CONSERVAR A ÁGUA: utilizar a quantidade e a qualidade de água estritamente necessárias, sem desperdícios;
- 2º. REUSAR / RECICLAR ÁGUAS DO PROCESSO PRODUTIVO: verificar as possibilidades de reuso e de reciclagem de águas efluentes dos processos produtivos nas mesmas etapas, em outras etapas do processo e em outras atividades na área industrial;
- 3º. TRATAR E REUTILIZAR OS EFLUENTES RESTANTES (águas de processo que não puderem ser reusadas ou recicladas);
- 4º. DISPOR ADEQUADAMENTE OS EFLUENTES TRATADOS FINAIS (que não puderem ser reusados ou reciclados).

Desta forma, dados o volume significativo de água usado pelos curtumes, o conseqüente volume de efluentes líquidos gerado, bem como seu alto potencial poluidor, a abordagem da P+L aplicada especificamente ao uso de água nos curtumes pode contribuir de forma significativa para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos neste setor produtivo.

Assim, pode-se destacar nos quadros 7 e 8, oportunidades de P+L como boas práticas para o uso de água nos curtumes.

Quadro 7 – Medidas de P+L de caráter geral, ligadas à gestão de água nos curtumes

Boa Prática (Técnica / Tecnologia Alternativa) – CARÁTER GERAL	Resultados / Benefícios
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medição rotineira da captação total de água do curtume, bem como dos principais consumos ao longo do processo e dos efluentes (brutos e tratados) – registros e análises rotineiras destas medições; 2. Controle rigoroso sobre o volume de água utilizado nas várias etapas do processo – usar o estritamente recomendado pelas instruções de fabricação, buscando sua minimização; 3. Inspeções periódicas na planta de produção para detecção e eliminação de vazamentos e de desperdícios; 4. Instalação e utilização de equipamentos e acessórios economizadores de água – por exemplo, mangueiras de água com gatilhos na extremidade de uso; 5. Em todas as etapas de tratamento das peles e dos couros (banhos químicos): além do controle sobre a quantidade de água, controlar com rigor a quantidade dos produtos químicos utilizados – o estritamente necessário, buscando-se sua minimização <i>E</i> controlar com rigor o as variáveis do processo, visando a máxima exaustão destes produtos ao final de cada processo; 6. Em todas as etapas de lavagens das peles / couros, realizá-las em bateladas (entrada e saída de água/solução <i>fechadas</i>), ao invés de lavagens contínuas; 7. Avaliar a possibilidade de se utilizar os efluentes tratados finais (normalmente descartados) no processo produtivo e/ou em operações auxiliares (utilização parcial ou total). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. formação de histórico e acompanhamento do uso de água no curtume – instrumentos básicos de gestão do uso da água, visando seu uso racional; 2. <i>redução do consumo de água e redução de volume de efluentes;</i> 3. Idem 2; 4. Idem 2; 5. <i>redução do consumo de água, do volume total e da carga poluente dos efluente – aumento do potencial de seu reúso.</i> 6. <i>redução do consumo de água;</i> 7. <i>redução do consumo de água e redução de volume de efluentes descartados.</i>

Fonte: Pacheco, 2005; Mierzwa; Hespanhol, 2005; FIESP, 2004

Quadro 8 – Principais medidas de P+L no uso de água em curtumes, por macro-etapa do processo

Etapa do Processo	Boa Prática (Técnica / Tecnologia Alternativa)	Resultados / Benefícios
Ribeira	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bater o sal das peles antes do processo – reusar ou reciclar o sal batido; 2. Prática do pré-remolho, com reutilização da água durante uma jornada de trabalho (p.ex., 15 m³ de água daria para pré-remolhar cerca de 2.500 couros, com reúso); 3. Segregar e reciclar os banhos residuais desta etapa; implementar processo para remoção / recuperação de pêlos não dissolvidos; 4. Verificar possibilidade de reúso direto ou reciclagem de águas residuais de lavagens da descalcinação e da purga – desenvolver estudo ou projeto específico para isto, se necessário; 5. Utilizar banhos curtos (de menor volume) – implementar reduções graduais de volume nos banhos da ribeira. Limites: potências instaladas de agitação nos tanques / fulões e preservação das superfícies dos couros (principalmente da flor). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuição da carga de sal nos efluentes – maior possibilidade de sua utilização (<i>economia de água</i>); 2. <i>redução de volume de efluentes</i>, de DBO, de DQO e de sólidos sedimentáveis nos efluentes; <i>redução do consumo de água</i>; 3. redução de carga orgânica e de sulfeto nos efluentes, <i>de consumo de água</i>, de lodo do tratamento de efluentes; 4. <i>redução do consumo de água, do volume total e da carga poluente dos efluentes</i>; 5. idem 4, redução potencial do consumo de produtos químicos.
Píquel	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar reciclo parcial ou reúso do banho, sempre que a qualidade do produto final permitir; 2. Usar volume de banho de 50-60% (base peso das peles descarnadas) – banhos mais curtos (menor volume) (1) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>redução de efluentes, de água</i>, de sais nos efluentes e economia de produtos químicos; 2. idem 1.
Curtimento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclar os banhos residuais de curtimento ao cromo, ajustando volume e concentração dos produtos químicos consumidos pelas peles 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>redução de volume dos efluentes</i>, de DQO, de cromo nos efluentes
Acabamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar recurtimento e engraxe em um único banho (mistura de recurtentes e engraxantes); 2. Utilizar banhos curtos (de menor volume) – implementar reduções graduais de volume nos banhos do acabamento. Limites: potências instaladas de agitação nos tanques ou fulões e preservação da superfície dos couros (flor) (1) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>redução do volume total de efluentes</i>; 2. <i>redução do consumo de água, do volume total dos efluentes</i> e redução potencial do consumo de produtos químicos e da carga poluente dos efluentes

(1) além de reduções de volume de banhos (banhos curtos), que podem ser testadas e implementadas nos equipamentos / fulões existentes no curtume (nas várias etapas do processo com fulões), há a possibilidade de se fazer adaptações nos fulões existentes e/ou programar a substituição dos mesmos por novos tipos de fulões, que permitem trabalhar com banhos de volume ainda menores, bem como lavar e drenar melhor as peles (observados os limites para não danificar as peles). Isto proporciona a redução do volume total e da carga poluente dos efluentes, podendo trazer economias significativas em produtos químicos utilizados e no tratamento dos efluentes.

Fontes: Claas e Maia, 1994; CNTL, 1999; Collet e Maia, 2002; IPPC, 2003; IULTCS, 2002; UNEP IE/PAC, 1991 *apud* Pacheco, 2005

Com relação à aplicação destas medidas nos curtumes, alguns deles já o fazem, pelo menos parcialmente e este trabalho também possui um diagnóstico desta aplicação nos curtumes pesquisados.

Particularmente quanto ao melhor uso da água nos curtumes, incluindo reúsos e reciclagens de águas residuais nos processos produtivos e operações auxiliares, já há uma série de trabalhos realizados, dos quais se destacam alguns na seqüência.

Ferrari (2004) estudou a possibilidade de reúso de efluentes tratados finais (tratamento físico-químico), com desinfecção e pequena oxigenação para manutenção de suas propriedades, em curtumes que processam couros desde o estágio “wet-blue” (pós-curtimento) até couro acabado. Ferrari realizou o trabalho em escala industrial em dois curtumes e orientou o reúso para operações chamadas auxiliares, que contabilizou consumirem cerca de 70% da água captada, a saber: lavagens de pisos, máquinas e veículos, ETE, jardinagem e lavagens dos couros após cada banho de processo. As formulações dos diversos banhos e a caldeira continuaram a utilizar água limpa ou “nova”. Os testes com reúso de água (efluentes tratados) foram conduzidos por cinco meses consecutivos. Após monitorar as águas de reúso ao final de cada processamento e cada tratamento, bem como constatar que os couros produzidos com água de reúso não foram prejudicados frente à produção sem reúso, Ferrari concluiu pela possibilidade desta modalidade de reúso neste tipo de curtume.

Particularmente em relação aos custos, Ferrari coloca que vários fatores influenciam os custos da água em um curtume: localização do curtume, processos produtivos adotados, qualidade da água disponível, adoção de tecnologias mais limpas, consumo em relação à produção e particularidades de cada empresa. Entretanto, em geral, a prática do reúso de água proporciona redução de custos. Embora sejam necessários alguns investimentos, como eventual reservatório (se inexistente) e uma rede de distribuição da água de reúso, os custos operacionais deste sistema não incrementam significativamente aqueles já existentes. Além disto, há redução de custos em captação, eventual tratamento da água, adução de água bruta e limpa, armazenamento de água e no tratamento de efluentes – menor exigência de qualidade ou depuração para o efluente destinado ao reúso (FERRARI, 2004, p. 148-149).

Farenzena *et al.* (2005) utilizaram o conceito de integração de processos e de solução de problema de programação não-linear para obter uma otimização de processo, via utilização das várias correntes residuais das etapas de produção de um curtume e minimizar o uso de água no processo produtivo. Por meio da integração pelo reúso de várias águas residuais, com base em dados reais de volumes de água e concentrações de poluentes em cada etapa, obteve-se uma redução total em torno de 70% no consumo de água. Há o potencial de redução de produtos químicos e de efluentes finais, o que traria maiores benefícios econômicos.

Passos (2007) investigou o reúso de águas residuais em etapas de processamento do couro, nas três escalas – bancada, piloto e industrial. Cada escala de testes permitiu verificações preliminares e experiência sobre alguns parâmetros do processo (monitoramentos, tendências etc.) para serem utilizados na escala seguinte. Na escala piloto, por meio da semelhança das características das águas residuais dos processos e dos couros produzidos com e sem reúso, verificou-se serem possíveis os reúsos: da lavagem da pré-desencalagem na desencalagem (ou descalcinação); da segunda lavagem da purga na primeira lavagem da purga; da primeira lavagem da purga na desencalagem/purga. Na escala industrial, num curtume com processamento de peles “verdes”, Passos verificou que é possível o reúso de uma mistura de águas das lavagens da etapa de purga nas etapas de pré-desencalagem e de desencalagem/purga (soluções residuais dos banhos e couros produzidos com e sem reúso foram similares). Este reúso resultou numa redução de 30% no consumo de água nas operações de ribeira.

Aquim (2009) comparou quatro processos de produção de couros visando minimização de impactos nas águas – (A) convencional, (B) com algumas alterações de diminuição de impactos ambientais, (C) buscando minimização dos impactos ambientais e (D) alternativo, com biotecnologia (enzimas). Testou o processo (C) em escala piloto. (A) usa mais água, é o mais impactante, mas é o mais barato; frente ao (A): (B) diminui o impacto por meio de alguns reciclos; (C) resulta em maior redução de impactos ambientais; (D) impactam menos o ambiente e produz couros tão bons quanto (A). Realizou investigações prévias sobre os processos de curtumes (demanda de água), utilizou-se do questionário “IRGO” (I = insuficiente, R = regular, G = bom e O = ótimo), onde cada questão era relativa aos procedimentos operacionais das várias etapas do processo, com graduação de melhor prática crescente de I para O e com a respectiva pontuação. Aplicado a 10 curtumes, estes

se situaram entre “regular” e “bom”. Também utilizou Manuais de P+L para investigações. Depois, estudou o caso de reuso direto de banhos residuais de curtimento num curtume e minimização de produtos químicos e de água no acabamento molhado em outro. Os resultados foram positivos e indicaram viabilidade destas técnicas para os curtumes.

Os curtumes, uns mais outros menos, já realizam algumas medidas relativas à gestão de água e à P+L. Quanto a reciclagens de banhos de tratamento das peles, é mais comum verificarem-se os ciclos do caleiro/depilação e dos banhos de curtimento. No entanto, pelos trabalhos acima, verificam-se possibilidades técnicas de reciclagem e melhor aproveitamento de outras águas do processo produtivo e mesmo dos efluentes tratados finais.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa que caracteriza este projeto foi do tipo *descritiva*, pois buscou descrever o estado atual da gestão de água nos curtumes, bem como identificar alguns fatores e aspectos ligados a esta gestão. Também teve caráter de pesquisa *exploratória*, visto que também procurou adquirir maior familiaridade com o tema de pesquisa, o aprimoramento de idéias relativas à gestão de água, bem como descobrir novos aspectos e novas variáveis a ela relacionados.

O *método* utilizado foi o *levantamento por amostragem*, pois este se adéqua à necessidade de se conhecer o comportamento de uma população por meio de sua verificação em uma amostra planejada e o quanto possível representativa desta população. Neste caso, a população foi o universo dos curtumes do Estado de São Paulo que realizam as operações de ribeira (responsáveis por maior consumo de água). O comportamento estudado foi a gestão de água sob P+L.

3.1 ESPECIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS DO LEVANTAMENTO E SELEÇÃO DA TÉCNICA DE PESQUISA

Consideraram-se os objetivos do projeto, bem como as bases conceituais obtidas da revisão da literatura.

Quanto ao *objetivo geral*, um diagnóstico da gestão de água nos curtumes sob a P+L, verificou-se a necessidade de parametrizar a gestão de água, isto é, definir quais os conceitos e variáveis ou indicadores seriam investigados ou levantados junto às amostras das populações que permitissem avaliar, graduar ou “medir” esta gestão. De acordo com os aspectos levantados na revisão literária, os parâmetros e itens investigados como indicadores da gestão de água nos curtumes sob P+L estão no quadro 9. São aqueles relativos à “gestão interna da água”, de ação direta da empresa, ligada aos seus processos produtivos, que foram investigados para atender ao *objetivo geral* do trabalho.

Quadro 9 – Aspectos e respectivos parâmetros de gestão de água a serem investigados nos curtumes, sob o foco da P+L

Aspecto da Gestão de Água	Parâmetros / Itens relacionados
Monitoramento e controle <i>rotineiros</i> de água e de efluentes OBS.: neste aspecto, há gestão se há medição confiável + registro + análise das medições + ações decorrentes, <i>rotineiramente</i> , <i>periodicamente</i>	- medição da água <i>total captada e/ou tratada distribuída</i> para o curtume; valores atuais - medição da água <i>total consumida</i> nos pontos de maior consumo do curtume (ex.: 1º. setorial – ribeira / acabamento molhado / acabamento final; 2º. Etapas individuais de maior consumo: caleiro/depilação; lavagens da descalcinação; etc.); valores atuais - medição dos efluentes líquidos totais gerados e/ou lançados pelo curtume; valores atuais - controle operacional quanti da água utilizada (principais pontos de consumo) e dos efluentes gerados (principais pontos de geração) - caracterização quali da água utilizada e dos efluentes líquidos gerados e lançados - registros <i>rotineiros</i> destes dados acima - análise <i>rotineira</i> ou <i>periódica</i> destes registros / dados - ações tomadas resultantes desta análise
Existência de Balanço Hídrico	- se existir: documentação; atualização; grau de detalhamento; utilização
Custos da água / dos efluentes	- monitoramento; atualização; composição; valores atuais
Programa estruturado / <i>rotineiro</i> / <i>periódico</i> de combate a desperdícios – vazamentos – perdas de água / banhos (no processo e em atividades/instalações auxiliares)	- descrição sucinta; efetividade (resultados)
Existência de objetivos e metas de redução / minimização do uso de água	- se existirem: valores (atuais e pretendidos); uso de indicadores específicos
Existência de objetivos e metas de redução / minimização de efluentes e/ou de sua carga poluente	- se existirem: valores (atuais e pretendidos); uso de indicadores específicos
Treinamento <i>periódico</i> para a gestão ou uso racional de água	- se houver: periodicidade; quem dá e quem participa; conteúdo sucinto
Ações / sistemas / técnicas / tecnologias implantados de eliminação / redução do uso de água e/ou de geração de efluentes e/ou de sua carga poluente (P+L para água-efluentes nos curtumes)	- várias ações de P+L para água-efluentes em curtumes, potencialmente possíveis: se há ou não e eventuais resultados (valores) de reduções obtidas (água, efluentes, sua carga poluente)

Com relação ao último aspecto da gestão de água deste quadro (quadro 9), as ações de P+L investigadas nos curtumes foram baseadas nos quadros 7 e 8.

Em função dos *objetivos específicos* do trabalho, selecionaram-se alguns aspectos adicionais a serem investigados, relacionados à gestão de água, que podem atuar de maneira indireta, influenciando, determinando ou justificando as ações diretas de gestão de água nas operações do curtume. Estes aspectos estão descritos no quadro 10.

Quadro 10 – Aspectos ou indicadores de potencial influência ou justificativa para as práticas de gestão de água da empresa

Fator a Investigar	Aspecto ou Indicador de Potencial Influência sobre a Gestão de Água
Gestão Externa / de Interface com o meio ou comunidade	<ul style="list-style-type: none"> - Bacia hidrográfica de localização (UGRHI) – nome (conhecimento). - Existência de limitações locais para captação de água (p.ex. baixa disponibilidade hídrica local, outras) - Existência de limitações locais para lançamento de efluentes (p.ex. corpo d'água pequeno, distante ou inexistente para lançamento) - Existência de outorga para uso da água – quantidade. - Existência de cobrança pelo uso da água / lançamento dos efluentes – valores e representação no custo de produção. - Participação rotineira ou periódica no comitê de bacia hidrográfica local (ou ao menos recebimento periódico de suas informações)
Auto-avaliação da gestão de água	<ul style="list-style-type: none"> - Significado - Importância - Existência no curtume (evidências) - Fatores que levaram à implantação / melhora - Fatores que dificultam – experiência própria, forma de superá-los - Nota de 1 a 5 para a gestão de água no curtume - Existência de plano para alterar / melhorar a gestão de água – se sim, o que se pretende fazer
Conhecimento sobre P+L	<ul style="list-style-type: none"> - Ouviu falar / leu algo – sim: o que, quando, onde. - Conceito de P+L - Existência de P+L no curtume e relacionada com a gestão de água / efluentes – exemplos - Publicação sobre P+L – conhecimento, opinião e uso

A *técnica* utilizada para a pesquisa foi a de *interrogação*, pela aplicação e preenchimento de um *formulário* (colocado no APÊNDICE A). Esta técnica foi escolhida porque permite estar no local (no curtume), junto ao entrevistado, ver ou constatar suas declarações, bem como conhecer ou verificar “in loco” eventuais técnicas e instalações referidas na entrevista, direcionar ou ordenar as questões de forma a não induzir respostas e assim, obter um diagnóstico mais real.

O conteúdo do formulário de pesquisa é formado pelos aspectos e parâmetros da gestão de água conforme colocados nos quadros 9 e 10. Antes da coleta das informações referentes aos aspectos descritos nestes quadros, foram obtidas informações sobre o perfil operacional dos curtumes.

3.2 AMOSTRAGEM

Neste estudo, utilizou-se uma *amostragem estratificada não-proporcional*. Amostraram-se três estratos da população dos curtumes paulistas *com ribeira*, relativos ao seu porte – pequenos, médios e grandes.

O tamanho da amostra em cada estrato não foi determinado estatisticamente, pois a variável de interesse estudada, a gestão de água, é um conjunto de variáveis cujos parâmetros foram pré-definidos neste trabalho para serem ineditamente investigados e assim, não se tem suas estatísticas básicas necessárias para o dimensionamento da amostra, como estimativas para desvio-padrão, frequência relativa e amplitude. Isto necessitaria de um trabalho prévio de “amostragens-pilotos” e seus tratamentos estatísticos, que não foi encontrado e não pôde ser realizado.

Assim, a amostragem realizou-se de forma a tornar a pesquisa praticamente viável. Procurou-se inicialmente amostrar um mesmo número de curtumes de cada estrato, para efeito de comparação entre os estratos. Em função de limitações quanto aos recursos disponíveis e da necessidade de deslocamento pelo Estado de São Paulo, estabeleceu-se um número adequado para amostragem, inicialmente três curtumes de cada estrato. Para a seleção e contato com os curtumes foi necessária a colaboração de duas entidades representativas do setor: o Sindicato da Indústria do Curtimento de Couros e Peles no Estado de São Paulo (SINDICOURO), filiado à FIESP e a Associação dos Manufatores de Couros e Afins do Distrito Industrial de Franca (AMCOA). Portanto, o número de curtumes amostrados ainda ficou sujeito à sua aceitação ao convite para participação e colaboração neste trabalho.

A tabela 23 descreve a amostra efetivamente obtida para o trabalho.

Tabela 23 – Perfil dos curtumes amostrados

Estrato (porte)	Faixa de Produção (1)	Número total de unidades com ribeira em SP (população) (1)	Número de curtumes amostrados	Localização (UGRHI's, SP)
Pequenos	até 7.500 kg/dia, +/- 300 couros bovinos / dia	9	3	4 – Pardo; 8 – Sapucaí-Grande; 21 – Peixe
Médios	7.500 kg/dia até 50.000 kg/dia, +/- 2.000 couros bovinos / dia	7	3	6 – Alto Tietê; 8 – Sapucaí-Grande
Grandes	acima de 50.000 kg/dia	6	3	16 – Tietê-Batalha; 18 – S. José dos Dourados; 21 – Peixe
Total	-----	22	9	-----

Fonte: (1) AMCOA; SINDICOURO, 2009

Os 22 curtumes com ribeira do Estado de São Paulo totalizam um processamento de peles e uma produção anual de 5 a 8 milhões de couros (AMCOA, 2009).

3.3 COLETA E COMPILAÇÃO DOS DADOS

Nos contatos com os responsáveis pelos curtumes, explicou-se a eles o objetivo e os procedimentos do trabalho e solicitou-se àqueles que participassem da pesquisa que destacassem pessoa(s) que conhecesse(m) bem o uso de água na empresa, bem como o processo produtivo e o gerenciamento dos efluentes. No dia agendado com as empresas, fez-se uma visita às suas instalações de produção e em seguida, preencheu-se o formulário de pesquisa juntamente com o(s) representante(s) de cada curtume. Posteriormente, os dados do formulário foram compilados em quadros descritivos e comparativos.

Os quadros construídos para avaliação da gestão de água sob P+L (*objetivo geral*), mostram as respostas às perguntas direcionadas a saber se os aspectos e

medidas de gestão existiam, estavam implantados e sendo aplicados na rotina dos curtumes ou não. A classificação adotada foi a seguinte:

- SIM: o aspecto ou medida de gestão de água foi implantado, é prática de rotina nos curtumes (*cor verde*);
- PARC: o aspecto ou medida de gestão de água foi implantado parcialmente, em pelo menos um setor, etapa, operação ou em alguns setores, etapas ou operações (*cor amarela*);
- NÃO: o aspecto ou medida de gestão de água não foi implantado, não é prática de rotina nos curtumes (*cor vermelha*).

As cores propiciam visualização rápida de tendências gerais relativas aos aspectos considerados – um “*farol de gestão*”.

Com relação a aspectos relacionados à *gestão integrada* (parte dos *objetivos específicos*) foram feitas algumas perguntas a respeito do conhecimento dos entrevistados sobre aspectos relacionados ao uso dos recursos hídricos em sua interface com a comunidade. A classificação adotada foi a seguinte:

- SIM: existe, ocorre o aspecto em questão (*cor verde*);
- NÃO: não existe, não ocorre o referido aspecto (*cor vermelha*);
- S: sabe, conhece o aspecto questionado (*cor verde*);
- NS: não sabe ou não conhece o aspecto referido (*cor vermelha*).

Com respeito ao *conhecimento sobre P+L*, outra parte dos *objetivos específicos*, a classificação e sinalização do “*farol*” são similares àquelas para o objetivo geral: SIM (*verde*) – conhece o aspecto relativo à P+L; PARC (*amarelo*) – conhece parcialmente o aspecto em questão e NÃO (*vermelho*) – não conhece o aspecto referido.

3.4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados compilados nas tabelas foram analisados frente aos aspectos de gestão de água estabelecidos, tendo em consideração os objetivos previamente definidos. Alguns gráficos foram elaborados de forma a facilitar a análise e interpretação dos dados, conforme descritos e discutidos na seqüência.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PERFIL OPERACIONAL DOS CURTUMES PESQUISADOS

Os curtumes pesquisados foram chamados genericamente da seguinte forma:

- Estrato “curtumes pequenos”: três curtumes – P1, P2, P3;
- Estrato “curtumes médios”: três curtumes – M1, M2, M3;
- Estrato “curtumes grandes”: três curtumes – G1, G2, G3.

O quadro 11 mostra alguns dos principais dados operacionais característicos destes curtumes.

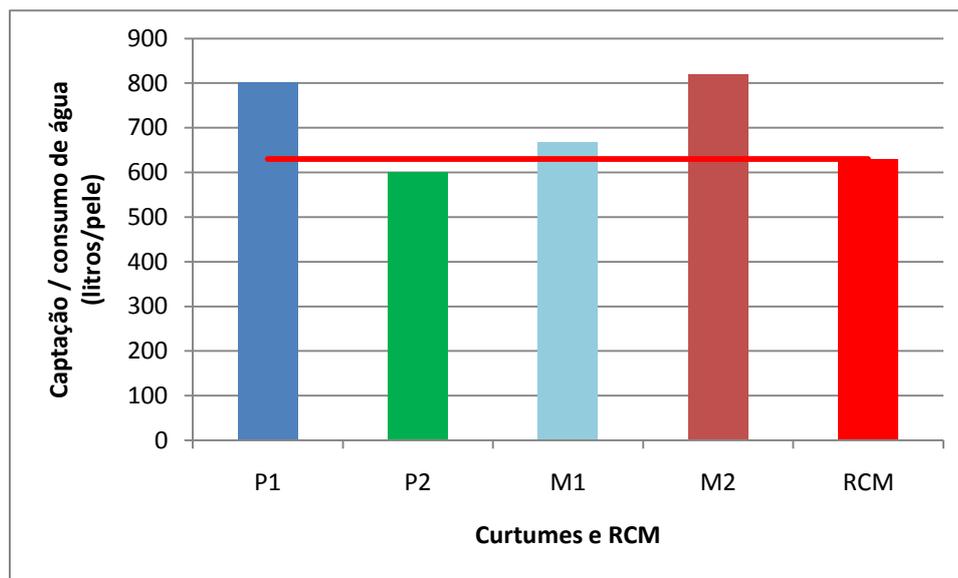
Quadro 11 – Curtumes entrevistados – perfil geral com alguns dados operacionais de interesse

Curtume	Produção (produto / quantidade)	Matéria-prima (tipo)	Curtimento (tipo – curtente)	Entrevistado(s) (cargo / formação)	Captação média de água (dia - específica) (med / estim) (*)	Consumo médio de água (dia - específico) (med / estim) (*)	Fonte(s) de água (para produção)	Reúso / reciclagens de águas
P1	Acabado / 250 peles/dia	Salgada (maior parte) / "wet-blue" (pequena quantidade)	Cromo	Técnico químico / Química Industrial	-	200 m ³ /dia 800 litros/pele (estim)	Subterrânea	Sim
P2	Acabado / 50 peles/dia	Salgada	Cromo	Sócio proprietário / Química Bacharelado	-	30 m ³ /dia 600 litros/pele (estim)	Subterrânea e rede pública (concessionária)	Sim
P3	Acabado / 120 peles/dia Couros para solados e selaria	Verde - fresca	Tanino	Gerente Administrativo / Tecnologia da Informação; Supervisor de graxaria e ETE / Técnico – Médio	21 m ³ /dia 175 litros/pele (estim)	-	Subterrânea	Sim
M1	Acabado / 500 peles /dia	Salgada	Cromo (quase tudo) "White – Cr Free" (só um pouco)	Assessor técnico / Eng. Civil; Técnico químico / gerente de produção	333 m ³ /dia 667 litros/pele (med)	-	Superficial (rio)	Não
M2	Acabado / 1.000 peles/dia	Salgada	Cromo	Gerente de manutenção e utilidades / Eng. Mecânico e Administração	818 m ³ /dia 818 litros/pele (med)	-	Superficial (rio)	Sim
M3	Acabado / 360 peles/dia	Piquelada (preparada para o curtimento)	Orgânico (taninos, taninos sintéticos, aldeídos, sais de fosfônio etc.)	Diretor comercial /	-	100 m ³ /dia 278 litros/pele (estim)	Superficial (rio, ~ 80%) e Subterrânea (~ 20%)	Não
G1	"wet-blue" (maioria) e "wet-white Cr Free" (espórádico) / 1.600 peles/dia (1)	Salgada	Cromo (quase tudo) "White – Cr Free" (espórádico)	Eng. Mecânico e Ambiental / Eng. Mecânica e Gestão Ambiental	-	< 320 m ³ /dia – < 200 litros/pele (estim)	Subterrânea	Sim
G2	Semi-acabado / 3.000 peles/dia	Verde - fresca	Cromo (quase tudo) "White – Cr Free" (só um pouco)	Gerente Técnico Ambiental / Técnico em tratamento de resíduos industriais e efluentes	-	3.520 m ³ /dia – 1173 litros/pele (estim)	Subterrânea	Sim
G3	Semi-acabado / 6.000 peles/dia	Salgada (maior parte); verde - fresca	Cromo (quase tudo); tanino	Gerente da ETE / Tecnologia em Proc. Químicos Industriais	1.800 m ³ /dia – curtume + outra fábrica (med)	2.040 m ³ /dia 340 litros/pele (med)	Subterrânea	Sim

(1) circunstancialmente abaixo da capacidade; (*) med = valor medido; estim = valor estimado

Algumas considerações deste perfil:

- Teoricamente, a captação e o consumo de água estarão mais próximos (valores) quanto menos práticas de reúso ou reciclagem de águas existirem. Por outro lado, quanto mais reutilizações ou reciclagens de águas, adequadas e bem executadas, menor a captação total (e o lançamento de efluentes) em relação ao consumo total de água na unidade, o que traz benefícios, tanto para a empresa como para o meio ambiente. Do quadro 11, no entanto, não se pôde verificar isto, uma vez que não existiam os dados disponíveis, mesmo que estimados, para estas duas variáveis em qualquer dos curtumes pesquisados – somente para uma delas. No caso do G3, a captação medida contabiliza também a água destinada a outra unidade industrial e ao uso administrativo, que deveriam ser subtraídas, porém não foi possível obter-se os dados para isto;
- Do quadro 11, também se pode verificar os tipos de processo utilizados pelos curtumes pesquisados, em função de sua extensão ou etapas realizadas (produto final intermediário ou acabado) e tipo de matéria-prima ou pele inicial, que entre outros aspectos, influem de forma significativa na captação e no consumo de água nos curtumes. Por exemplo, para processar as peles salgadas, consome-se mais água em relação às peles verdes ou frescas, devido à necessidade e extensão dos banhos de pré-remolho e remolho para a remoção do sal e hidratação das peles. Desta forma, podem-se comparar, ainda que com algumas restrições, os valores de captação / consumo dos curtumes P1, P2, M1 e M2, como colocado na figura 12.



RCM = uma referência de consumo médio: 630 litros/pele, curtume integrado (couro acabado), pele inicial salgada (PACHECO, 2005, p. 25)

Figura 12 – Captação / consumo de água dos curtumes pesquisados de características básicas de processo semelhantes

O uso de água encontrado para estes curtumes pesquisados é similar à RCM (referência média, representada pela última coluna à direita e pela linha horizontal vermelha, na figura 12), com tendência para cima, se considerarmos uma média dos quatro valores (721 ± 105 litros/pele). Embora M2 apresente uma operação de reciclo (banho da operação de caleiro e depilação), seu uso de água apontado é maior do que o dos outros curtumes, mesmo porque o valor fornecido foi indicado como captação de água. Isto é um indicador da influência de outros fatores no uso total de água, bem como da cautela quanto à consideração destes números, uma vez que resultam de estimativas (principalmente P1 e P2) e não estão baseados em medições seguras;

- Verifica-se o predomínio do curtimento ao cromo, tradicional e consolidado por resultar em produtos bem aceitos no mercado e por ser um processo relativamente barato. No entanto, alguns curtumes estão produzindo pelo menos uma pequena parcela de sua produção “livre de cromo”, utilizando-se de outros curtentes e alguns produzem couros “livres de metais”, utilizando-se apenas de curtentes orgânicos, pois há algumas linhas de produtos no mercado, como de estofamentos de automóveis e de móveis, que já exigem

couros isentos de cromo ou de metais. É o caso do curtume M3, que a partir deste ano (2010) produzirá somente este tipo de couro. P3 utiliza tanino no curtimento em função dos tipos de couro que produz – para solados e artigos de selaria. Seu uso de água, mesmo com restrições aos números apontados, é bem menor do que em P1 e P2. Prováveis motivos: processam peles verdes e curtem ao tanino, com reuso ou reciclo tradicional do banho de curtimento;

- O curtume M3, a princípio, fazia suas operações de ribeira. Porém, por ocasião da sua entrevista, verificou-se que estava em transição para processo sem ribeira. Assim, em poucos dias a partir da entrevista, só receberia as peles já preparadas para o curtimento, realizando seu processo a partir desta etapa. Desta forma, suas informações quantitativas de consumo de água não são consideradas, somente aquelas pertinentes às suas ações e posicionamento relacionados à gestão de água;
- Quanto aos entrevistados, pode-se verificar a presença de profissionais técnicos com formação relacionada aos processos desenvolvidos nos curtumes, bem como à área de meio ambiente, na sua maioria. De forma geral, constatou-se um grau crescente de administração profissionalizada, de acordo com o aumento do porte destes curtumes;
- Muitos curtumes, seja em função da indisponibilidade local de água superficial, seja por disponibilidade no subsolo e interesse, utilizam-se da água subterrânea, que em geral, apresenta qualidade superior e mais constante em relação às águas superficiais, bem como custos menores para a operação. Pode-se constatar seu uso em vários dos curtumes entrevistados – sete, do total de nove (cerca de 78%);
- Esta mesma incidência – sete em nove, 78% – verificou-se para a ocorrência de alguma prática de reuso ou reciclagem de águas.

4.2 DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUA SOB P+L

Os aspectos relativos à gestão de água foram distribuídos em quatro grupos, assim denominados:

- *Gestão interna da demanda sob P+L: foco principal do diagnóstico*, constituída de ações relacionadas ao uso de água nas etapas de produção e nas suas atividades auxiliares - elementos da gestão de água e ações de P+L relacionadas;
- *Aspectos relacionados à gestão integrada*: aspectos externos e de interface dos curtumes com a comunidade, com potencial influência na gestão direta;
- *Auto-avaliação da gestão de água*: aspectos de opinião dos entrevistados sobre o tema “gestão de água” e da sua situação nos próprios curtumes;
- *Conhecimento sobre P+L*: se ouviu ou leu algo sobre o assunto, se conhece o conceito, se existe no curtume, conhecimento de publicação específica e sua aplicação.

Na seqüência, descrevem-se os resultados e faz-se sua discussão por grupo.

4.2.1 GESTÃO INTERNA DA DEMANDA SOB P+L

Para conveniência de apresentação e discussão, este item divide-se em dois blocos. O quadro 12 mostra os aspectos ou parâmetros da rotina de gestão de água para os curtumes entrevistados. O quadro 13 descreve a situação para as principais medidas de P+L ligadas ao uso de água em curtumes, que compreendem ações de conservação e de reúso ou reciclagem de água nestas unidades industriais.

Quadro 12 – Situação de aspectos da rotina de gestão de água

Aspectos de Gestão de Água		P1	P2	P3	M1	M2	M3	G1	G2	G3
1. Medição / Monitoramento Rotineiros da Água (quanti / quali, com avaliação)	SIM									
	PARC									
	NÃO									
2. Medição / Monitoramento Rotineiros de Efluentes (quanti / quali, com avaliação)	SIM									
	PARC									
	NÃO									
3. Controle operacional do uso da água (processos / operações auxiliares)	SIM									
	PARC									
	NÃO									
4. Existência de balanço hídrico	SIM									
	PARC									
	NÃO									
5. Monitoramento rotineiro de custos (água / efluentes)	SIM									
	PARC									
	NÃO									
6. Programa rotineiro / periódico de combate a desperdícios, perdas e vazamentos	SIM									
	PARC									
	NÃO									
7. Objetivos e metas de redução / minimização do uso de água	SIM									
	PARC									
	NÃO									
8. Objetivos e metas de redução / minimização de efluentes e/ou de sua carga poluente	SIM									
	PARC									
	NÃO									
9. Indicadores específicos para as metas de redução de água e de efluentes / carga	SIM									
	PARC									
	NÃO									
10. Treinamentos periódicos para a gestão ou uso racional de água	SIM									
	PARC									
	NÃO									

PARC = parcialmente implantado

Quadro 13 – Situação de ações ou medidas de P+L relacionadas ao uso / gestão de água em curtumes – conservação e reúso / reciclagem de água

Medidas de P+L – Uso da Água		P1	P2	P3	M1	M2	M3	G1	G2	G3
1.Equipamentos / acessórios economizadores de água	SIM									
	PARC									
	NÃO									
2.Produtos químicos – uso controlado, somente o necessário; minimização	SIM									
	PARC									
	NÃO									
3.Controle de processo – variáveis bem controladas – maximizar exaustão dos banhos	SIM									
	PARC									
	NÃO									
4.Lavagens das peles – em bateladas, com portas fechadas (entrada e saída de água / solução fechadas)	SIM									
	PARC									
	NÃO									
5.Reúso de efluentes tratados – no processo e/ou operações auxiliares	SIM									
	PARC									
	NÃO									
6.Batimento de sal (peles salgadas) antes do processo – reciclagem do sal batido	SIM			(3)			(1)		(3)	
	PARC			(3)			(1)		(3)	
	NÃO			(3)			(1)		(3)	
7.Prática de pré- remolho, com reutilização da água por um dia	SIM			(3)			(1)		(3)	
	PARC			(3)			(1)		(3)	
	NÃO			(3)			(1)		(3)	
8.Reciclagem dos banhos de caleiro / depilação – com recuperação de pelos	SIM						(1)			
	PARC						(1)			
	NÃO						(1)			
9.Reúso / reciclagem das lavagens da descalcinação e da purga	SIM						(1)			
	PARC						(1)			
	NÃO						(1)			
10.Banhos curtos ou de menor volume, nos limites operacionais e de qualidade das peles	SIM									
	PARC									
	NÃO									
11.Píquel – reúso / reciclagem do banho	SIM						(1)			
	PARC						(1)			
	NÃO						(1)			
12.Píquel – banho o mais curto possível (menor volume)	SIM						(1)			
	PARC						(1)			
	NÃO						(1)			
13.Reúso / reciclagem dos banhos de curtimento, do cromo ou do curtente	SIM									
	PARC									
	NÃO									

PARC = parcialmente implantado

Quadro 13 – Situação de ações ou medidas de P+L relacionadas ao uso / gestão de água em curtumes (continuação)

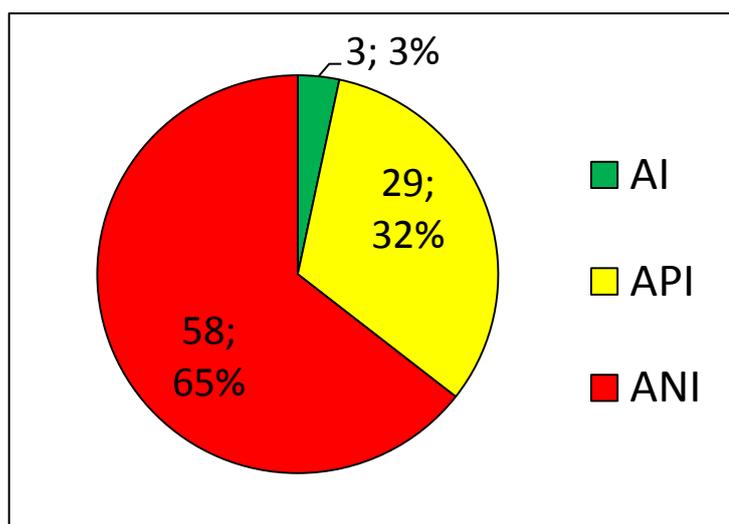
Medidas de P+L – Uso da Água		P1	P2	P3	M1	M2	M3	G1	G2	G3
14.Recurtimento e engraxe num mesmo banho	SIM							(2)		(4)
	PARC							(2)		(4)
	NÃO							(2)		(4)
15.Formulação com produtos que possibilitam banhos mais curtos e/ou banhos finais mais limpos (menor carga)	SIM									
	PARC									
	NÃO									
16. Novos fulões / fulões modificados para banhos mais curtos	SIM									
	PARC									
	NÃO									
17.Automação de operações – melhora do controle de processo	SIM									
	PARC									
	NÃO									
18.Recuperação e utilização de condensado de vapor	SIM									
	PARC									
	NÃO									
19.Limpezas a seco (varrições, raspagens, catações, aspirações etc.) ANTES de lavagens com água	SIM									
	PARC									
	NÃO									

PARC = parcialmente implantado

- (1) Não faz mais ribeira nem o píquel
- (2) Processo só até “wet-blue” (curtimento) – não faz acabamento
- (3) Não processa pele salgada
- (4) Pendente na entrevista e não informado posteriormente

Do quadro 12, sendo verde a sinalização da prática implantada e vermelho, não implantada, a simples visualização do “farol” nesta tabela como um todo indica que muitos dos dez aspectos de gestão de água não são aplicados como rotina nos curtumes pesquisados.

Considerando-se o grupo de todas as empresas pesquisadas (nove curtumes) e os dez aspectos de gestão de água avaliados, a distribuição da situação destes aspectos para o conjunto dos curtumes estudados é mostrada na figura 13.



AI = aspectos implantados; API = aspectos parcialmente implantados; ANI = aspectos não implantados

Figura 13 – Situação dos aspectos de gestão de água no conjunto de curtumes pesquisados

Somente 3 ocorrências (3%) de implantação efetiva de um aspecto de gestão – medição rotineira de água em G2 e de água e efluentes em G3; as ocorrências de aspectos parcialmente e não implantados somaram 87, 97% das ocorrências, com predomínio de aspectos não implantados (65%). Assim, pode-se dizer que a gestão de água ainda é *incipiente* nestas empresas. Há muitas oportunidades de melhorias em todos os curtumes, sendo positivo o fato de se ter alguns aspectos de gestão de água parcialmente implantados (32% das ocorrências).

A figura 14 mostra a situação para os estratos pesquisados.

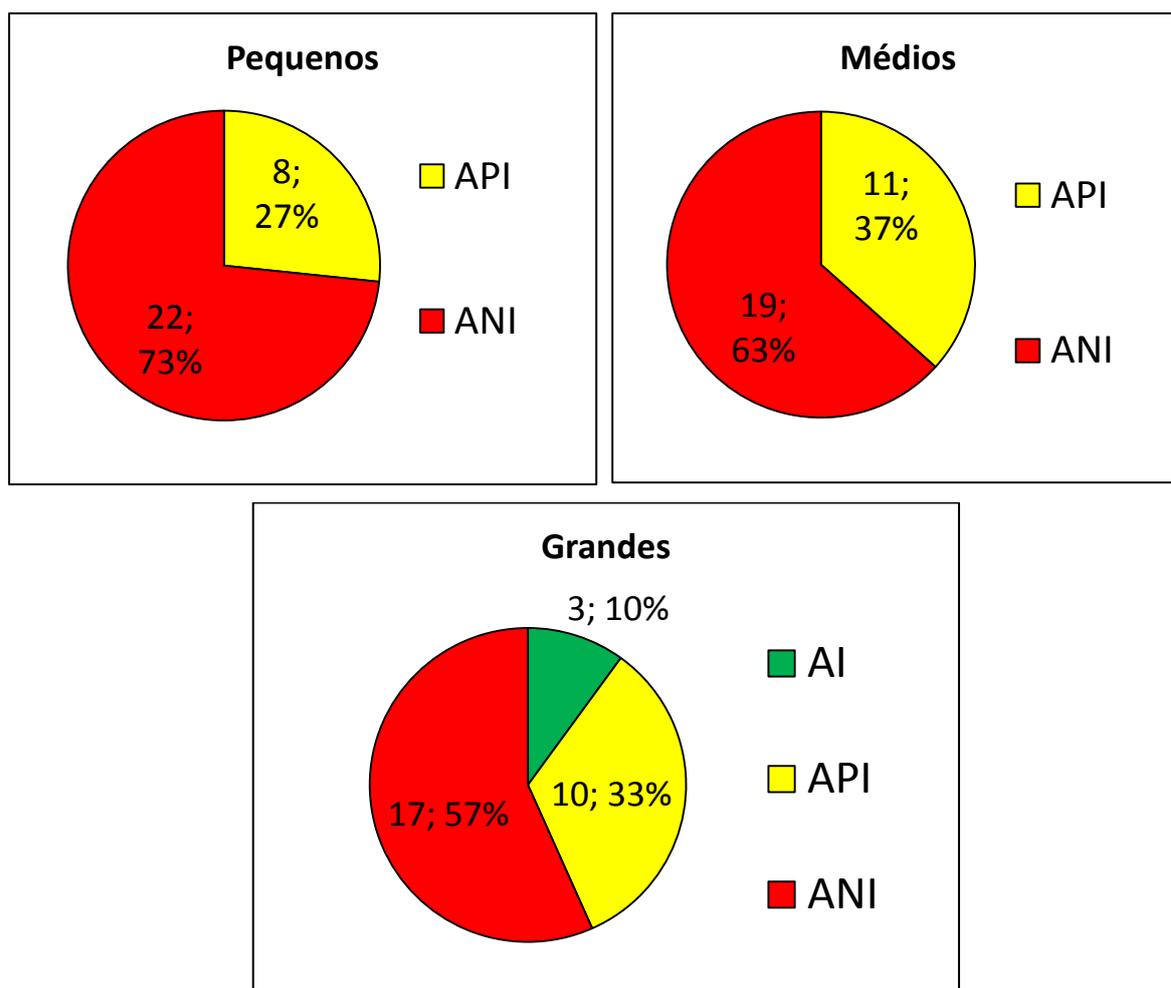
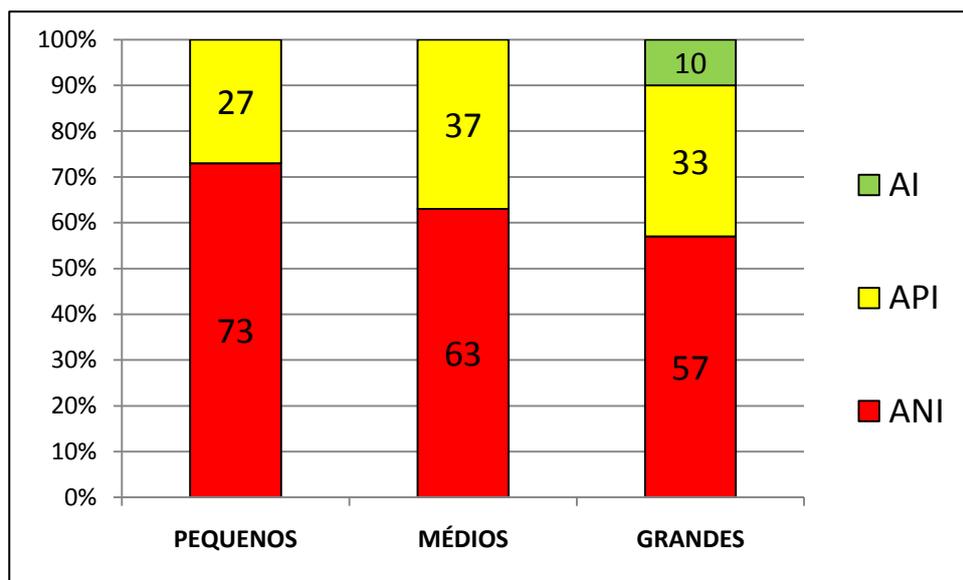


Figura 14 – Situação dos aspectos de gestão para cada estrato pesquisado

Pela figura 14 percebe-se que ocorre uma tendência de “melhora de gestão” dos pequenos para os médios e destes para os grandes curtumes. A porcentagem de ocorrências de aspectos não implantados decresce neste sentido: 73% (pequenos), 63% (médios) e 57% (grandes); por outro lado, a porcentagem de aspectos parcialmente implantados e implantados aumenta no mesmo sentido: 27% (pequenos), 37% (médios) e 43% (grandes) – embora destes, apenas dois aspectos foram verificados como implantados em apenas duas empresas (medição de água e medição de efluentes), totalizando apenas três ocorrências. A figura 15 também ilustra este comportamento.



AI = aspectos implantados; API = aspectos parcialmente implantados; ANI = aspectos não implantados

Figura 15 – Evolução da ocorrência dos aspectos de gestão de água pelos estratos pesquisados

As figuras 13 e 14 (e mesmo a figura 15) também possuem, visualmente, a característica de “farol de gestão”, sinalizando rapidamente o estado geral desta gestão.

Analisando-se os aspectos de gestão pesquisados, podem-se destacar as seguintes observações:

- *Medição / monitoramento*: como já enfatizado no item 2.3, a medição e o monitoramento rotineiros dos consumos de água e da geração de efluentes (bem como de sua qualidade) são bases essenciais de um sistema de gestão de água. No quadro 12 pode-se ver que a medição de água ainda é precária em quase todos os curtumes, exceção a G2 e G3. A medição dos efluentes é mais homogênea pelos curtumes pesquisados, classificada como parcialmente implantada devido ao monitoramento dos efluentes essencialmente *qualitativo*, em função da necessidade de atendimento aos padrões de lançamento de efluentes líquidos. Sua medição *quantitativa* ainda é bem incipiente. Ausência de medição e/ou de qualidade na medição prejudica outros aspectos importantes da gestão, como objetivos e metas de redução.

- *Controle operacional do uso da água (processos / operações auxiliares):* este é relativamente homogêneo no grupo pesquisado, pois é intrínseco ao processo por formulações em bateladas, típico do setor, nas quais a quantidade de água é calculada em função do peso das peles, visando garantir o tipo e a qualidade dos couros desejados. No entanto, não se controla o uso de água nas operações auxiliares, como lavagens de equipamentos e instalações, por exemplo.

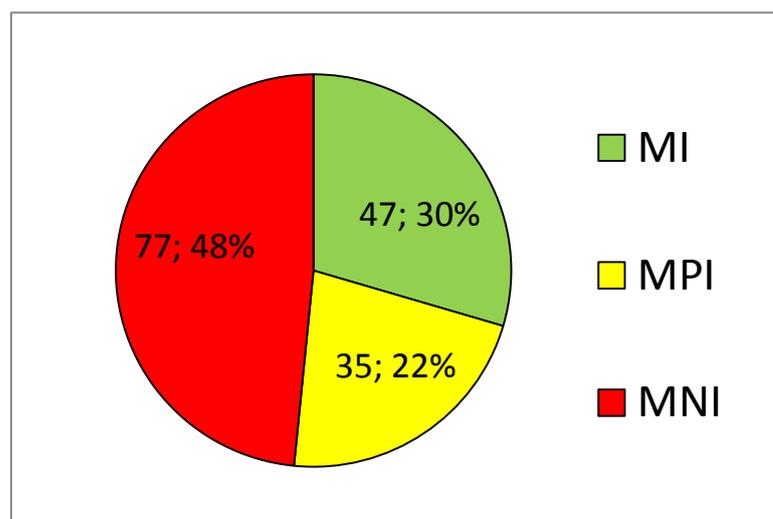
- *Balanço hídrico, objetivos e metas e respectivos indicadores específicos:* praticamente ausentes, mesmo porque dependem de medição e monitoramento de rotina, que com exceção da água em G2 e da água e efluentes em G3, praticamente não é realizado pelo grupo de empresas pesquisadas.

- *Monitoramento rotineiro de custos (água / efluentes):* quanto à água, em alguns dos curtumes, praticamente limita-se à consideração do custo total da água em função da rotina contábil da empresa. O foco do monitoramento destes custos está no custo dos efluentes, pois é sobre estes que existem maiores pressões e cobranças, seja do órgão ambiental, de parte da comunidade ou do mercado. Os custos das operações de tratamento interno (ou externo) dos efluentes também são mais palpáveis e normalmente mais significativos do que os custos relacionados ao tratamento de água, principalmente se esta for subterrânea – neste caso, em geral, nem há tratamento. A cobrança legal pelo uso da água ainda não é feita para estes curtumes. Desta forma, eventual pressão sobre a quantidade de água captada por eles e sobre o seu custo, por enquanto, não existe. Cabe ressaltar que praticamente todos enfatizaram os custos com os efluentes (essencialmente com o seu tratamento), principalmente os pequenos e os médios, para justificar algumas boas práticas de uso de água em suas operações.

- *Programa rotineiro / periódico de combate a desperdícios, perdas e vazamentos e treinamentos periódicos para a gestão ou uso racional de água:* nenhum dos curtumes realiza estes aspectos. Em geral, relataram que o

diagnóstico de desperdícios e vazamentos é feito no dia-a-dia pelos operadores e supervisores e às vezes, em alguma reunião estes temas são eventualmente abordados. Durante as visitas aos curtumes, foram percebidos vazamentos e sinais de desperdícios de água em vários deles.

A visualização do “farol” do quadro 13, das medidas P+L associadas à gestão de água, mostra uma situação mais favorável, com maior número de ocorrências parcialmente implantadas e implantadas. As figuras 16 e 17, “faróis de gestão” das medidas P+L, mostram a situação geral e para cada estrato pesquisado.



MI = medidas P+L implantadas; MPI = medidas P+L parcialmente implantadas; MNI = medidas P+L não implantadas

Figura 16 – Situação das medidas P+L relacionadas à gestão de água no conjunto de curtumes pesquisados

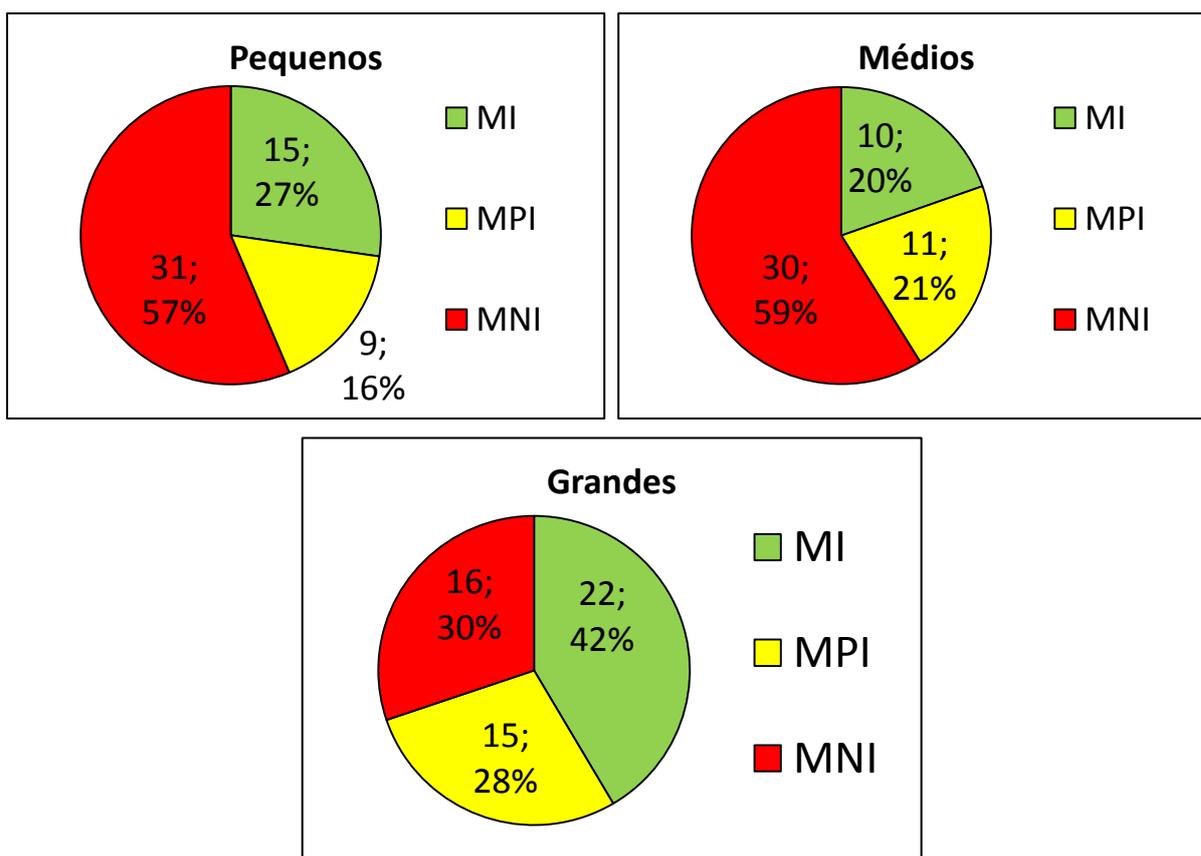


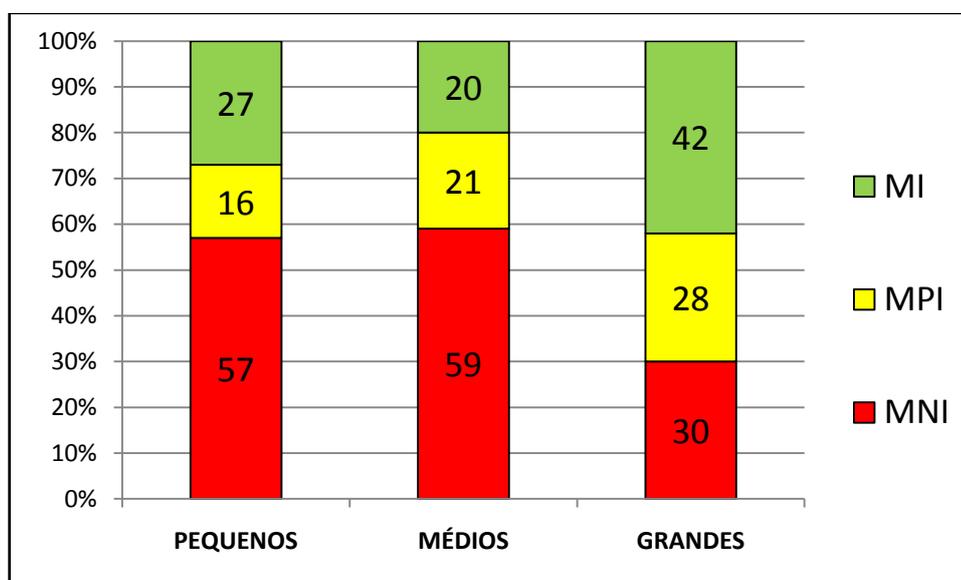
Figura 17 – Situação das medidas P+L relacionadas à gestão de água para cada estrato pesquisado

É positivo verificar que já se tem algumas medidas de P+L, relacionadas ao uso de água, implantadas nos curtumes, nos três estratos pesquisados. No entanto, como indica a situação exposta no quadro 12, estas medidas são mais consequência de necessidades e/ou de oportunidades isoladas de melhorias do que de um sistema de gestão de água estruturado – como seria mais provável ou esperado, se este sistema assim estivesse. Algumas medidas P+L podem ser adotadas com outros objetivos, resultando em melhor e menor uso da água como consequência secundária. Por exemplo, a realização do recurtimento e do engraxe em um mesmo banho (ao invés de em dois banhos seqüenciais separados) pode ser consequência da aplicação de novos produtos químicos combinados para obtenção de determinadas propriedades nos couros e/ou para diminuir o ciclo de produção ou aumentar a produtividade. Como resultado secundário, tem-se a diminuição do uso de água e da geração de efluentes líquidos. Isto é particularmente mais notório para os pequenos e para os médios, para os quais algumas medidas com intenção de

redução de água e/ou de efluentes representam investimentos e/ou custos “proibitivos”. Alguns curtumes citaram situações como esta (M2 e M3, por exemplo).

O uso controlado dos produtos químicos e o controle das variáveis de processo verificam-se relativamente implantados em todos os curtumes. Conforme já comentado anteriormente, a formulação dos banhos de tratamento das peles e dos couros e as condições de processo são essenciais para a obtenção dos tipos de couros desejados. Eventuais descuidos nestes aspectos podem gerar lotes de couros perdidos. Além disto, o aspecto custo em relação aos produtos químicos, bem como seu máximo aproveitamento (esgotamento dos banhos) são muito importantes para o resultado final das operações – este esgotamento dos banhos é desejável, impacta positivamente nos custos de tratamento dos efluentes líquidos, pois proporciona redução de carga poluente a ser removida na estação de tratamento dos efluentes.

Para as medidas de P+L, verifica-se que o estrato “pequenos” mostrou-se ligeiramente melhor do que o estrato “médios”, com maior incidência de medidas implantadas. Do mesmo modo que para os aspectos de gestão (quadro 12, figuras 14 e 15), o estrato “grandes” apresentou o melhor desempenho, com o maior número de medidas P+L implantadas e parcialmente implantadas. A figura 18 mostra este comportamento.



MI = medidas P+L implantadas; MPI = medidas P+L parcialmente implantadas; MNI = medidas P+L não implantadas

Figura 18 – Evolução da ocorrência de medidas P+L relacionadas com o uso de água pelos estratos pesquisados

Com relação a esta situação, ainda pode-se observar:

- *Pequenos*: a menos de algumas medidas do curtume P3, a maior parte das medidas P+L implantadas referem-se àquelas de adoção mais imediata, que não dependem de investimentos e/ou de eventuais custos operacionais adicionais ou significativamente maiores. Isto se deve à maior dificuldade de investimentos das empresas pequenas;
- *Médios*: apresentaram desempenho ligeiramente menor frente aos pequenos; enfatizaram bastante os custos operacionais ligados aos efluentes e apontaram a dificuldade de investimentos pela falta de linhas de crédito adequadas ao setor coureiro;
- *Grandes*: proporcionalmente, apresentaram a maior implantação de medidas P+L aplicáveis, notadamente aquelas que necessitam de maior estrutura, recursos gerais e investimentos. Assim, confirma-se a tendência de certa forma esperada: as empresas de maior porte, mais estruturadas, com gestão ou gerenciamento geral mais moderno e profissionalizado e com mais recursos, implantam mais práticas de P+L, inclusive as que exigem maior investimento (os reúsos e recícos possíveis, as automações, entre outros);
- *Reúso ou reciclagem de efluentes finais tratados*: já há algumas possibilidades de reúso ou reciclagem de efluentes tratados (ver item 2.5.3) e é positivo constatar que alguns curtumes (embora poucos) realizam esta prática - P3 e G3. Utilizam os efluentes tratados em alguns banhos e lavagens das peles ou dos couros, bem como para atividades auxiliares (lavagens de pisos, por exemplo). Alguns dos outros curtumes pesquisados manifestaram intenção de investigarem esta alternativa.

4.2.2 ASPECTOS RELACIONADOS À GESTÃO INTEGRADA

Foram feitas algumas perguntas relacionadas ao conhecimento dos entrevistados sobre aspectos relacionados ao uso dos recursos hídricos em sua interface com a comunidade.

O quadro 14 descreve os resultados.

Quadro 14 – Situação de conhecimento sobre aspectos relativos à gestão e uso de recursos hídricos na comunidade

Aspecto		P1	P2	P3	M1	M2	M3	G1	G2	G3
1- Outorga para uso da água – situação e quantidade.	SIM									
	NÃO									
	NS									
2- Cobrança pelo uso da água / lançamento dos efluentes – situação, valores, impactos	SIM									
	NÃO									
	NS									
3- Limitações locais para captação de água (p.ex. baixa disponibilidade hídrica local, outras)	SIM									
	NÃO									
	NS									
4- Limitações locais para lançamento de efluentes (p.ex. corpo d'água pequeno, distante ou inexistente)	SIM									
	NÃO									
	NS									
5- Nome da bacia hidrográfica local	S									
	NS									
6- Participação rotineira / periódica no comitê de bacia hidrográfica local (ou ao menos recebimento periódico de suas notícias)	SIM									
	NÃO									
	NS									

NS = não sabe; S = sabe

De forma geral, para o conjunto dos curtumes, pode-se destacar:

- **Outorga:** o não conhecimento sobre a situação por M1 e M2, justifica-se, em parte, pelo fato do abastecimento de água (e do tratamento de efluentes) ser realizado por uma associação que lhes presta estes serviços;
- **Cobrança:** conforme discutido no capítulo 2, a cobrança pelo uso da água ainda é pouco exercida no Brasil e em São Paulo e ainda não ocorre em nenhuma das bacias onde estão estes curtumes. Assim, ainda não há este fator de indução de gestão de água (do seu uso racional e otimizado) para estas empresas e isto pode justificar, em parte, a situação geral observada para o seu estágio.
- **Limitação de oferta de água:** nenhum curtume entrevistado apontou este fator – outro fator ausente que, a princípio, pode contribuir para justificar a situação verificada.

- *Limitação para o lançamento de efluentes:* P1, P3 e G1 apontaram sua ocorrência. P1 enfatizou este fato como uma das razões para as melhorias de gestão de água que planeja implantar (reciclo de calceiro e melhoria da qualidade dos efluentes finais, com vistas ao seu reúso); G1 destacou esta limitação como um dos fatores a induzir suas ações de gestão de água, inclusive para minimizar restrições às suas eventuais ampliações; P3 não fez nenhuma relação com suas práticas, mas certamente existe – por exemplo, P3 recicla calceiro, curtimento e efluentes tratados finais.
- *Participação nos comitês de bacias hidrográficas:* com exceção de M1, todos os outros curtumes *não* participam ou recebem informações dos comitês locais (pelo menos com alguma regularidade). Seria desejável romper este “isolamento” para conhecer e acompanhar a situação e as necessidades relacionadas aos recursos hídricos locais. Isto seria importante, no mínimo, sob dois aspectos: contribuição com a comunidade na gestão das águas, conhecendo as ofertas e as outras demandas e obter informações para planejar melhor as ações e os negócios da empresa – negociar e garantir a água necessária para suas operações atuais e posicionar-se, preparar-se melhor para as demandas e situações futuras. Cabe ressaltar que três dos curtumes entrevistados estão situados em bacias (UGRHs) do Estado que já apresentam situação crítica ou de atenção em termos da demanda frente à oferta de água: Pardo, Sapucaí-Grande e Alto Tietê (ver tabela 12). Pelo que foi observado, a gestão integrada com a comunidade praticamente não ocorre.

4.2.3 AUTO-AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE ÁGUA

Procurou-se conhecer as idéias, opiniões dos entrevistados sobre a gestão de água e alguns dos seus aspectos, incluindo uma auto-avaliação. As respostas obtidas estão resumidas na seqüência.

a) *Significado de “gestão / gerenciamento de água” num curtume*

- Pequenos (P1, P2, P3): diminuição de custos de tratamento (efluentes), de cobrança, de desperdícios e cuidado com meio ambiente; administração da água por todo o processo, tratamento reúsos, diminuição de captação, de custos (economias); trabalhar com a “mesma água”.
- Médios (M1, M2, M3): *idem* pequenos;
- Grandes (G1, G2, G3): monitorar o consumo de água e buscar métodos para sua redução; uso otimizado da água – mínimo possível, máximo aproveitamento; melhor uso possível, reutilização, redução de custos e menor agressão ao ambiente;

b) *Importância da gestão / gerenciamento de água num curtume*

- Pequenos (P1, P2, P3): importante para reduzir custos operacionais – energia e tratamento de efluentes; menor captação, conscientização dos dirigentes e dos funcionários, benefício econômico (redução de custos);
- Médios (M1, M2, M3): *idem*; o retorno, os benefícios para a empresa são importantes;
- Grandes (G1, G2, G3): o monitoramento é importante: sabe-se o que ocorre, mantém-se o foco, leva ao controle e gerenciamento do uso de água; o crescimento da empresa também depende desta gestão; redução de custos e preservação do recurso para as gerações atuais e futuras.

c) *Existência de gestão de água no curtume – evidências.*

- Pequenos (P1, P2, P3): há ações de cuidado contra desperdícios; controle o suficiente para o processo; não há controle rigoroso – há necessidade de melhoria deste controle;
- Médios (M1, M2, M3): *idem* pequenos – controle cuidadoso para o processo; não há sistema estruturado de gestão de água;
- Grandes (G1, G2, G3): há comitê, grupo específico para acompanhar e discutir a gestão de água periodicamente – sobre dados de consumo, discutem-se ações para controle e redução; já foram feitos projetos e ações que resultaram em redução de mais de 70% no consumo de água desde o início da operação da unidade; há compromisso da diretoria, cobrança sobre

o melhor uso e reúso de água, com acompanhamento – monitoramento diário;

d) *Fatores que levaram à implantação / melhora da gestão de água*

- Pequenos (P1, P2, P3): custos de tratamento e cobrança do órgão ambiental sobre os efluentes; cobrança futura, redução de custos (efluentes e insumos).
- Médios (M1, M2, M3): custos de tratamento de efluentes; controle no processo – qualidade dos produtos; combate ao desperdício; reconhecimento da comunidade;
- Grandes (G1, G2, G3): redução de custos; limitação de lançamento de efluentes, diminuição de impactos no meio; eventos de escassez de água; questão ambiental, redução de custos – agregação de valor ao produto.

e) *Fatores que dificultam gestão de água – experiência própria, forma de superá-los*

- Pequenos (P1, P2, P3): pouca conscientização dos funcionários; custo baixo da água; alto custo de instalações, burocracias para créditos, falta de incentivos dos governos e de orientação dos órgãos públicos;
- Médios (M1, M2, M3): falta de recursos financeiros, de linhas de crédito adequadas às pequenas e médias empresas do setor – para investimentos em tecnologias mais limpas, de menor consumo de água, automação etc.; não é prioridade na conjuntura atual do negócio;
- Grandes (G1, G2, G3): mudança de comportamento, resistência das pessoas, pelo menos inicial, alguns investimentos, algumas dificuldades operacionais – necessário trabalho de conscientização, conversa e envolvimento dos funcionários, bem como participação e compromisso da direção; implantadas várias ações desde o início das operações – uma ou outra dificuldade operacional, de instalação, mas nada significativo; necessidade de treinamento – reciclagens do pessoal;

f) *Existência de plano para alterar / melhorar a gestão de água – exemplos*

- Pequenos (P1, P2, P3): sim (P1) - implantar reciclo de caleiro, melhorar tratamento de efluentes; melhorar / aumentar reuso de banhos de curtimento tingido; conscientização.
- Médios (M1, M2, M3): não, sem planos;
- Grandes (G1, G2, G3): melhorar o sistema de acompanhamento e gestão dos usos de água; melhoria contínua – nada específico.

g) *Nota de 1 a 5 para a gestão de água no curtume (auto-atribuição)*

(1 = ausência de gestão de água / 5 = gestão de água muito boa)

As figuras 19 e 20 ilustram as notas auto-atribuídas.

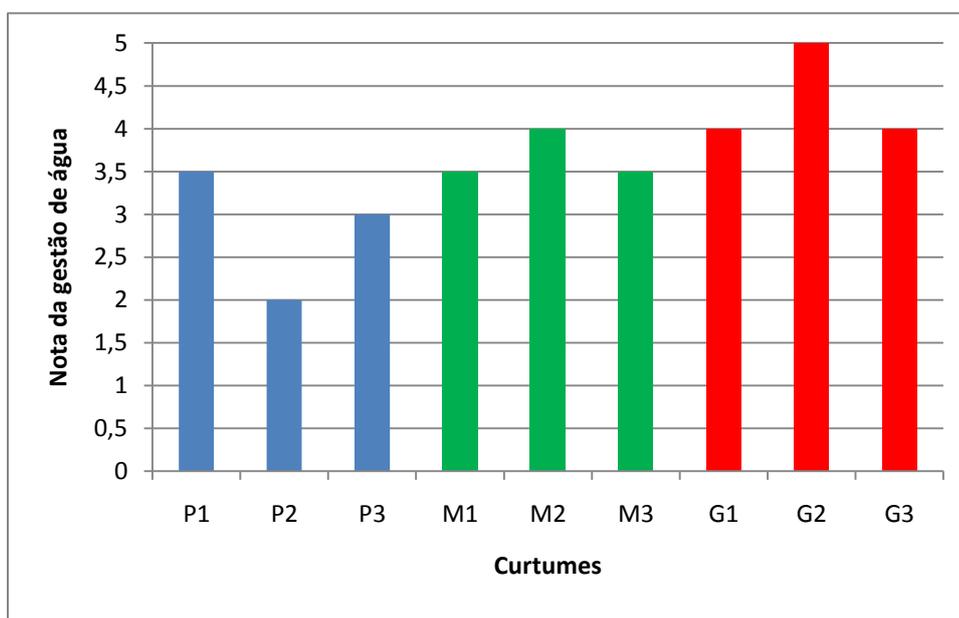


Figura 19 – Notas auto-atribuídas pelos curtumes à sua gestão de água

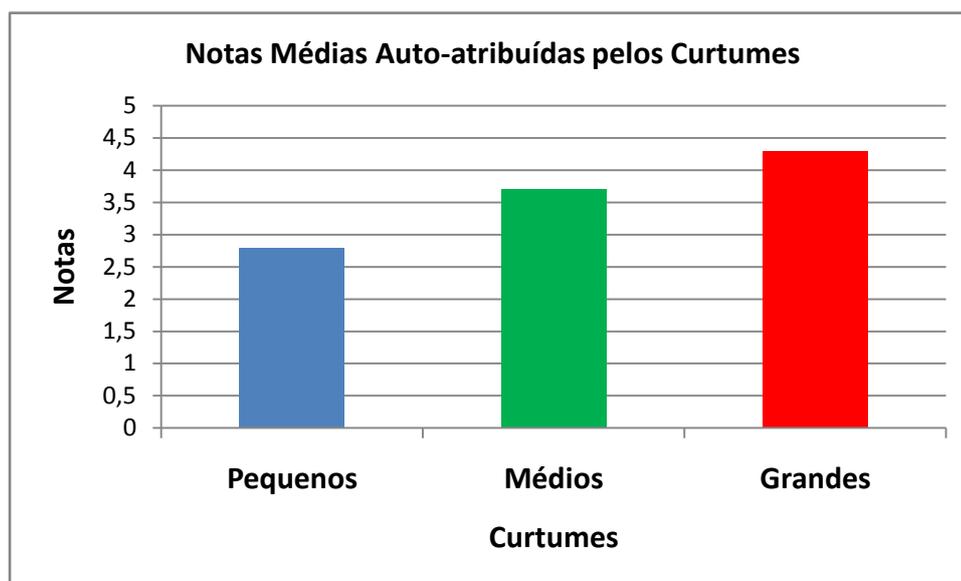


Figura 20 – Notas médias auto-atribuídas pelos curtumes à sua gestão de água

Comentários e justificativas para as notas, feitos pelos curtumes.

- Pequenos (P1, P2, P3):
 - P1 – implantar reciclo de caleiro, melhorar efluentes;
 - P2 – melhorar controle por etapa de processo, volumes diários
 - P3 – precisa documentar, medir, contabilizar, controlar melhor;
- Médios (M1, M2, M3):
 - M1 – só deu a nota – sem comentários;
 - M2 – medir, controlar água nas operações auxiliares, fora produção;
 - M3 – racionalizar mais o uso, com novos processos;
- Grandes (G1, G2, G3):
 - G1 – melhorar sistema de acompanhamento e gestão;
 - G2 – sistema de medição abrangente, análise mensal, ações de redução.
 - G3 – algumas falhas operacionais; há melhorias a serem feitas;

Deste aspecto do diagnóstico, podem-se observar os seguintes pontos:

- Em relação ao *significado* e à *importância* da gestão de água nos curtumes, os curtumes pequenos e médios os atribuem principalmente à redução de custos operacionais, com destaque para aqueles da estação de tratamento de

efluentes. Já entre os grandes, o conceito e a estrutura básica da gestão de água foram colocados mais adequadamente: medição / monitoramento => base de dados => indicadores => metas / objetivos => ações. O aspecto estratégico desta gestão para as operações dos curtumes também foi citado, uma vez que a água é insumo essencial do setor. Assim, há relativa consciência sobre a importância da gestão de água em todos eles;

- Quanto à *existência da gestão de água nos curtumes*, há um reconhecimento de algumas práticas de uso racional da água entre os pequenos e médios, assim como o fato de não se ter gestão de água sistematizada ou estruturada. Os grandes, por sua vez, apontaram estrutura de gestão de água em funcionamento, melhoria ou implantação;
- Com relação aos *fatores que eventualmente levaram a algum grau de gestão de água* nas empresas pesquisadas, os curtumes pequenos e médios destacaram os *custos com os efluentes líquidos – fator principal entre eles*. Os curtumes grandes apontaram, além dos custos, *limitações para lançamento de efluentes e alguns eventos de escassez de água*;
- Como *fatores que dificultam esta gestão*, as *barreiras pessoais* (resistências, comportamentos e hábitos etc.) foram destacadas pelos curtumes pequenos e grandes. Há necessidade de se trabalhar e educar as pessoas para a gestão de água, bem como envolver e motivar a todos, com compromisso efetivo da direção da empresa. Já os curtumes médios ressaltaram a *falta de linhas de crédito mais favoráveis às pequenas e médias empresas* para projetos visando o melhor uso da água;
- Com exceção de P1 e G1, *as empresas não manifestaram planos para melhoria da gestão de água*;
- Quanto à *auto-atribuição de notas*, em geral, houve relativa coerência com os estágios de gestão de água observados em cada curtume (figuras 19 e 20 *versus* figura 15, por exemplo). No entanto, se considerarmos o conceito adotado de gestão de água sob P+L e o cenário geral mostrado pelo quadro 12 e pelas figuras 13, 14 e 15, todas estas notas deveriam ser um pouco mais baixas, para refletirem melhor a situação observada.

4.2.4 CONHECIMENTO SOBRE P+L

Alguns aspectos relacionados ao conhecimento de P+L. O quadro 15 resume estes aspectos para os curtumes pesquisados.

Quadro 15 – Aspectos relativos ao conhecimento de P+L

Aspecto P+L		P1	P2	P3	M1	M2	M3	G1	G2	G3
1-Ouviu falar, leu algo – exemplo	SIM	Couros “Cr Free”		Jornais, Internet	Desen-calagem c/ CO ₂	Sist. Autom. p/ Água	Dimin. de carga no efluente	Reciclo de Banhos	Tecnol. Mais Limpa	Publi-cação para cerveja; fornece-dores
	NÃO									
2-Conhece o conceito P+L	SIM									
	PARC									
	NÃO									
3-Existência P+L relacionada ao uso d’água – exemplo	SIM	Esgota-mento dos banhos		Reúso, recicla-gens de águas				Reciclo de Caleiro	Sistema fecha-do de resfria-mento de máquinas	Reci-clagens de águas, reúso de sal, recicla-gem de resíduos de “blue”
	NÃO									
4-Conhece publicação P+L – exemplo	SIM	Revista Fornec Prods Quím.					Public. Euro-péia	Manual CETESB (usou)	Manual CETESB (usou)	
	NÃO									

Deste quadro, do quadro 13 e das figuras 16, 17 e 18, embora P1 e P3 também mostrem tendência positiva nestes aspectos, as empresas grandes demonstraram mais familiaridade com a P+L. Este fato deve contribuir para a situação relativamente melhor da gestão de água observada nos curtumes grandes.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Em relação aos objetivos definidos para o trabalho, podem-se destacar as seguintes conclusões, em função dos resultados obtidos:

A) Quanto ao *objetivo geral*, a obtenção de um diagnóstico da gestão de água nos curtumes com ribeira, sob o foco da P+L, pode-se considerá-lo atingido. De forma resumida, a gestão de água nos estratos amostrados da população destes curtumes mostrou-se *incipiente*, de acordo com os resultados mostrados nos quadros 12 e 13, com destaque para as seguintes características:

- a medição e monitoramento rotineiros da captação e do uso de água, com posterior avaliação periódica, que constituem um dos aspectos essenciais da gestão de água, foram verificados em apenas dois dos curtumes grandes pesquisados (ver quadro 12); somente a ausência deste aspecto já compromete outros aspectos importantes da gestão de água, como balanço hídrico da unidade, estabelecimento de indicadores específicos e suas respectivas metas a serem atingidas, visando à otimização do uso da água de forma mais adequada e efetiva – o que, de fato, não se verificou nas empresas pesquisadas;
- como mostrado nas figuras 14 e 15, observou-se uma evolução da gestão de água sob P+L pelos estratos de curtumes estudados no sentido do aumento do seu porte – dos pequenos para os médios e destes para os grandes. Já quanto aos aspectos e ações de P+L ligados a esta gestão, os pequenos mostraram-se ligeiramente melhores do que os médios, com os grandes apresentando a maior implantação destes aspectos (ver figuras 17 e 18). Quanto à característica destas ações P+L implantadas, estas foram das mais imediatas, relativas aos procedimentos operacionais (pequenos e médios), para as mais elaboradas, que dependem de maiores cuidados e investimentos (mais encontradas nos grandes) – ver quadro 13;

- nos pequenos e médios, verificou-se a presença de alguns aspectos desta gestão mais em função das pressões existentes sobre a gestão dos efluentes líquidos; nos curtumes grandes, os aspectos de gestão presentes já mostraram origem mais intencional, mais relacionados com os conceitos da gestão de água e de P+L, com algum aspecto estratégico e também com alguma limitação local (limitação física para lançamento de efluentes) – ver quadro 14 e sua análise;
- não há monitoramento rotineiro dos custos específicos da água, o que já se faz com maior intensidade para os efluentes, devido às maiores pressões e custos existentes para estes do que para aquela (ver quadro 12 e sua análise em 4.2.1);
- não se constatou um plano ou programa de combate a desperdícios e vazamentos de água (ou banhos e soluções) rotineiro, periódico, em qualquer dos curtumes investigados; da mesma forma para programas de treinamento periódicos voltados à gestão de água; com exceção de um curtume pequeno e outro grande, os curtumes pesquisados não declararam planos para melhoria da gestão de água (ver quadro 12, sua análise em 4.2.1 e subitem (f) em 4.2.3);
- a evolução do conhecimento e da aplicação de P+L apresentou tendência crescente dos médios para os pequenos e destes para os grandes (ver quadro 15). No entanto, a implantação de algumas medidas de P+L relacionadas à gestão de água não se deu com esta intenção, mas visando outro benefício esperado, como aumento de produtividade – o resultado de redução do uso de água foi mera consequência.
- de certa forma, confirmou-se uma tendência esperada: os curtumes grandes, com mais recursos e uma estrutura de administração mais profissionalizada, mostraram mais aspectos de gestão de água sob P+L e de P+L, propriamente dita, como pode ser visto nos quadros 12 e 13 e nas figuras 14, 15, 17 e 18.

B) Com relação aos *objetivos específicos*, pode-se concluir:

- *Identificação de fatores indutores da gestão de água* – alguns destes fatores foram identificados. O fator mais citado e efetivamente presente nos curtumes pesquisados – principalmente entre os pequenos e médios – foi o custo do gerenciamento total dos efluentes, incluindo aquele relativo aos resíduos sólidos gerados nas estações de tratamento (como mostrado em 4.2.3, subitem (d)). No entanto, este fator ainda não se mostra suficiente para originar a estruturação de um sistema de gestão de água, pelo menos no grau de exigência atual colocado pelo órgão ambiental para os efluentes e no patamar atual de custos para o seu gerenciamento. Outro fator apontado por alguns curtumes é a limitação para lançamento de efluentes (baixa capacidade de assimilação de corpos receptores e/ou sua grande distância para lançamento) – de acordo com os resultados descritos em 4.2.2 e em 4.2.3, subitem (d). Deve-se ressaltar que outros fatores que poderiam induzir a gestão de água mais estruturada, *ainda estão ausentes* para a maioria ou totalidade destes curtumes – por exemplo, limitação na oferta de água (apenas um curtume relatou eventos de escassez), a cobrança pelo seu uso e a participação (e/ou acompanhamento) das empresas nas atividades realizadas pelos comitês de bacias hidrográficas locais (ver em 4.2.2);
- *Identificação de fatores que dificultam a adoção de práticas de gestão de água nos curtumes* – de acordo com os resultados mostrados em 4.2.3 subitem (e), os curtumes pesquisados apontaram alguns destes fatores: pouca conscientização dos funcionários, custo baixo da água, falta de recursos financeiros (linhas de crédito adequadas às pequenas e médias empresas do setor – para investimentos em tecnologias mais limpas, de menor consumo de água, automação etc.), baixa prioridade do tema água na conjuntura atual do negócio, resistência das pessoas a mudanças de comportamentos e de procedimentos (pelo menos inicial), alguns investimentos necessários e algumas dificuldades operacionais. Várias destas barreiras à gestão de água são similares àquelas da implantação de P+L;

- *Identificação de eventuais medidas de P+L aplicadas nos curtumes que contribuam para melhoria da gestão de água destas unidades produtivas* – do quadro 13, há vários exemplos, dos quais é possível destacar: algumas lavagens das peles realizadas com portas fechadas ou gradeamento mais fechado, batimento de sal antes do processo (remolhos) – 3 ocorrências em 6 possíveis e reciclos de alguns banhos (caleiro – 5 ocorrências em 8 possíveis e curtimento – 5 ocorrências em 9 possíveis). Merece destaque o reciclo ou reuso dos efluentes finais tratados por 2 dos 9 curtumes pesquisados. De certa forma, isto contribui para romper um paradigma ainda forte no setor de curtumes, que é a “impossibilidade de se utilizar efluentes tratados finais no processo produtivo”. Isto vai em direção ao que já sinalizaram alguns trabalhos citados neste relatório de pesquisa, tanto para os efluentes finais como para outras águas de processo.

C) Portanto, de forma mais abrangente, pode-se concluir que a gestão de água sob P+L (ou simplesmente a gestão de água) não é prática característica ou de rotina dos curtumes com ribeira do Estado de São Paulo. Seu estágio é incipiente. Por outro lado, já se aplicam práticas de P+L relativas ao uso racional de água (conservação e reuso ou reciclagem de água) em alguns curtumes, o que é positivo, embora estas ações não tenham derivado de um sistema estruturado de gestão de água. Desta forma, há várias oportunidades para melhorias no sentido de se estruturar esta gestão nestas empresas e os fatores indutores e de obstáculo, apontados nesta pesquisa, devem ser considerados na busca destas melhorias, além de outros que se determinem neste caminho.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA OUTROS TRABALHOS

Tomando-se este diagnóstico, outras experiências disponíveis, as referências aqui citadas, sem prejuízo de outras, seria importante desenvolver proposta de trabalho para melhoria da gestão de água nos curtumes. É desejável que os diversos atores interessados – o setor coureiro e seus órgãos técnicos, órgão ambiental, institutos de pesquisa, academia etc. – fossem envolvidos num trabalho como este, pois cada um pode contribuir para diminuir os fatores que dificultam a

gestão de água, especialmente auxílio técnico para curtumes pequenos e médios. Um aspecto importante é que embora este diagnóstico tenha indicado um “estado geral” do setor quanto à gestão de água, há estágios distintos em cada estrato pesquisado. Assim, qualquer trabalho que seja feito neste sentido também deveria contemplar, entre outros itens, estágios de gestão de água a serem implantados, de acordo com a capacidade atual de cada curtume para absorver cada aspecto que a compõe. Algo como uma graduação na implantação de um sistema de gestão de água. Por exemplo, para aqueles que ainda não tem “nada”, a implantação de um sistema adequado e confiável de medição e monitoramento de rotina dos consumos de água e da geração e lançamento de efluentes já seria um primeiro passo importante.

5.2 CONTRIBUIÇÕES ESPECÍFICAS POTENCIAIS DESTE TRABALHO

- Espera-se que este trabalho possa contribuir para a *evolução do conhecimento*, pois pode levantar necessidades e suscitar estudos, bem como desenvolvimentos científicos e tecnológicos ligados à conservação, ao uso e ao papel da água em processamentos de peles e couros animais, bem como ao reúso e à reciclagem de água nos processos produtivos de curtumes ou de outros setores produtivos. Também pode levar à discussão e a estudos para melhoria de métodos e práticas de gestão de processos e de pessoas dentro da indústria do couro e em geral;
- Podem-se citar, ainda, mais alguns benefícios potenciais deste trabalho, como crescimento profissional para os trabalhadores dos curtumes, pois ao se mostrar o estado atual da gestão de água no setor e apontando-se pontos para melhorias, a questão pode ser discutida pelos trabalhadores, que poderão dar sua contribuição no processo, ao mesmo tempo em que desenvolvem seu aprendizado pessoal, técnico e profissional. Outra possibilidade, mais geral, é a contribuição dos curtumes para o uso sustentável da água, o que ajuda a sustentar os próprios curtumes, a médio e

longo prazo e poupa água para outros usos importantes pela sociedade e pelos ecossistemas;

- Em virtude da atividade profissional do autor deste trabalho na agência ambiental do Estado de São Paulo, este estudo ainda pode contribuir para a criação e/ou aperfeiçoamento de instrumentos de gestão e melhoria de desempenho ambiental, a serem utilizados como referência tanto pelas empresas do setor de curtumes como pelo órgão ambiental, particularmente no âmbito da renovação das licenças ambientais de operação.

CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA/SPR, 2007. 123 p. Cadernos de Recursos Hídricos, 2. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/Catalogo/2007/DisponibilidadeEDemandasBrasil.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2009.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009. 204 p. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalogo_imgs/2009/20090915_Conjuntura_final.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2009.

_____. **A ANA na gestão das águas: cobrança pelo uso de recursos hídricos**. [Brasília]: ANA, 2010. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/CobrancaUso>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

_____. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2002. *apud* SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente – SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental – CPLEA. **Gestão participativa das águas**. São Paulo: SMA/CPLEA, 2004, p. 12.

ANUSZ, L. A arte de curtir. Estância Velha: ABQTIC, 1995 *apud* FERRARI, W. A. **Reúso de efluentes líquidos industriais tratados em operações auxiliares do processo produtivo de curtumes**. 2004. 159f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de Franca, Franca, 2004, p. 42.

AQUIM, P. M. de. **Gestão em curtumes: uso integrado e eficiente da água**. 2009. 158f. Tese (Doutorado em Engenharia – Materiais da Indústria Química – Couros). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17356/000714631.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

_____. Demandas de água e caracterização de águas residuais parciais em curtumes. Revista do Couro, v. 31, p. 117-121, 2006 *apud* PASSOS, J. B. **Reúso de água**: uma proposta de redução do consumo de águas em curtumes. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007, p. 10-11. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12546/000628678.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 jan. 2010

ASANO, T. *et al.* **Water reuse**: issues, technologies, and applications. [New York]: McGraw-Hill, 2007. 1570 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICOS E TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO COURO – ABQTIC. Guia brasileiro do couro 2003. Estância Velha: ABQTIC, 2003 *apud* PACHECO, J. W. F. **Curtumes** – série P+L. São Paulo: CETESB, 2005, p. 29. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/curtumes.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2008

ASSOCIAÇÃO DOS MANUFATORES DE COUROS E AFINS DO DISTRITO INDUSTRIAL DE FRANCA – AMCOA. BARROS, C. **Levantamento da capacidade produtiva do Estado de São Paulo**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <wagaluminus@gmail.com> em 05 fev. 2009.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. O aquífero Guarani. In: UNIVERSIDADE DA ÁGUA. **Aquífero Guarani**. [S.l.: s.n.], [2004-2010]. Disponível em: <http://www.uniagua.org.br/public_html/website/default.asp?tp=3&pag=aquifero.htm>. Acesso em: 20 fev. 2010.

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

BRASIL. Ministério do meio ambiente (MMA). Secretaria de recursos hídricos (SRH). **Plano nacional de recursos hídricos**: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. v. 1. Brasília: MMA, 2006. 4 v. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br>>. Acesso em: 08 nov. 2009.

_____. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. 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. [Brasília]: Ministério do Meio Ambiente, 2005a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 11 dez. 2009.

_____. Resolução CONAMA n. 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. [Brasília]: Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 11 dez. 2009.

_____. Lei n. 9.433, de 8 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 artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1º. da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Presidência da República, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 25 set. 2009.

_____. Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm>. Acesso em: 27 set. 2009.

_____. Resolução CNRH n. 16, de 8 de maio de 2001. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília: CNRH, 2001. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 26 set. 2009.

_____. Resolução CNRH n. 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Brasília: CNRH, 2005b. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=14>. Acesso em: 26 set. 2009.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, p. 21-36.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In: **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Embrapa, 2007. Disponível em: <<http://www.repdigital.cnptia.embrapa.br/bitstream/CPATSA/36533/1/OPB1514.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2009

CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL – CICB. **Setor**. Apresenta alguns dados do setor de curtumes. [Brasília]: CICB, [2009?]. Disponível em: <<http://www.brazilianleather.com.br/index.asp?menu=2&idioma=br>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000 *apud* GUEDES, R. **Administração**: uma introdução. Artigos sobre administração. Goiânia: Administradores.com.br, 2006. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/administracao_uma_introducao/13034/>.

CLAAS, I. C.; MAIA, R. A. M. Manual básico de resíduos industriais de curtume. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994 *apud* PACHECO, J. W. F. **Cur tumes** – série P+L. São Paulo: CETESB, 2005, p. 29. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/curtumes.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2008**. Série Relatórios. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 03 abr. 2009.

_____. **Guias de P+L para setores produtivos**. São Paulo: CETESB, [200-] Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos.asp>. Acesso em: 12 dez. 2008.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO – SÃO CAETANO DO SUL (DAE-SCS). **Ciclo hidrológico**. São Caetano do Sul: DAE-SCS, [199-? ou 200-?]. Disponível em: <<http://daescs.sp.gov.br/index.asp?dados=ensina&ensi=cichid>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

ECOPOLO. Site corporativo. Disponível em: <<http://www.ecopolo.com.br>>. Acesso em: 2003 *apud* TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Editora Blucher, 2007, p. 116.

ENVIROWISE. **Saving money through waste minimisation: reducing water use.** Didcot (UK): Envirowise, 2005. Disponível em: <<http://www.envirowise.gov.uk/uk/Our-Services/Publications/GG26R-Saving-money-through-waste-minimisation-reducing-water-use.html>>. Acesso em: 13 jan. 2010.

_____. **Water efficiency tool.** [S.l.]: Envirowise, 2009a. Disponível em: <<http://www.envirowise.gov.uk/uk/Our-Services/Tools/Water-Efficiency-Tool.html>>. Acesso em: 27 out. 2009.

_____. **Monitoring tool.** [S.l.]: Envirowise, 2009b. Disponível em: <<http://www.envirowise.gov.uk/uk/Topics-and-Issues/Water/Water-Tools/Monitoring-Tool.html>>. Acesso em: 27 out. 2009.

FARENZENA, M. *et al.* Tanneries: from waste to sustainability. **Brazilian Archives of Biology and Technology – An International Journal**, [Porto Alegre], vol.48, special n.: p.281-289, June 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/babt/v48nspe/25306.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. **Água: quanto ela realmente custa para a sua empresa?** São Paulo: FIESP, 2005. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/agua_quanto_custa.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2010.

_____; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA; CENTRO INTERNACIONAL DE REFERÊNCIA EM REÚSO DE ÁGUA – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – CIRRA – USP. **Conservação e reúso de água: manual de orientações para o setor industrial.** São Paulo: FIESP, 2004. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2009.

FERRARI, W. A. **Reúso de efluentes líquidos industriais tratados em operações auxiliares do processo produtivo de curtumes.** 2004. 159f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Química de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Ciências, Universidade de Franca, Franca, 2004.

FORUM NACIONAL DA SOCIEDADE CIVIL NOS COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS (FONASC.CBH). **Água e cidadania: gestão participativa das águas.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO SOCIAL DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 1., Urubici (SC), 2004. [S.l.: s.n.], [2004?]. Disponível em: <<http://www.seminario.ens.ufsc.br/arquivos/raiz/palestrafonasc.doc>>. Acesso em: 23 out. 2009

FREIRE, C. C.; PEREIRA, J. S.; KIRCHHEIN, R. A importância da gestão dos recursos hídricos subterrâneos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1., 1998. Gramado. 1 CD-ROM *apud* AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009, p. 64.

FREITAS, A. H. A. Abordagem integrada para a otimização da gestão de águas e efluentes. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, ed. 81, p. 52-55, set./out. 2009.

GASI, T. M. T.; FERREIRA, E. Produção mais limpa. In: VILELA JÚNIOR, A.; DEMAJOROVIC, J. (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006. p. 41-84.

GLEICK, P. H. Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources. Oxford: Oxford Press, 1993, 476p. *apud* TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 311p.

GLOBAL ENVIRONMENTAL MANAGEMENT INITIATIVE – GEMI. **Connecting the drops toward creative water strategies: a water sustainability tool – tool overview**. Washington: GEMI, [200-]. Disponível em: <<http://www.gemi.org/water/overview.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2009.

GRANZIERA, M. L. M. A cobrança pelo uso da água. **Revista CEJ** (Centro de Estudos Judiciários), Brasília, n. 12, p. 71-74, set./dez. 2000. Disponível em: <<http://www2.cjf.jus.br/ojs2/index.php/cej/article/viewFile/362/510>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

GUEDES, R. **Administração: uma introdução**. Artigos sobre administração. Goiânia: Administradores.com.br, 2006. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/administracao_uma_introducao/13034/>. Acesso em: 24 dez. 2009.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p.131-158, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a09.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2009.

_____. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, p. 37-95.

IDAHO (NATIONAL ENGINEERING LABORATORY). Waste treatment Technologies. EGG-WMO-10244, v.13. Idaho Falls, 1992 *apud* MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 92.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL CALZADO Y CONEXAS – INESCOP. **Curtición limpia com fosfonio (THPS)**. Alicante: INESCOP, [200-?] Disponível em: <http://www.inescop.es/0servidor0/inescop/medioa/FolletoFosfonio_rev4.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2010.

INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL – IPPC – Joint Research Centre – European Commission. Reference document on best available techniques for the tanning of hides and skins. Sevilha: EIPPCB, 2003 *apud* PACHECO, J. W. F. **Curtimes** – série P+L. São Paulo: CETESB, 2005, p. 29. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/curtimes.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2008.

LANNA, A. E. Aspectos conceituais da gestão das águas. In: LANNA, A. E. **Gestão das águas**. [S.l.: s.n.], 1999. Cap. 1. p. 1-29. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/iph/1.pdf>>. Acesso em: 12 Jul. 2009.

LETTENMAIER, D. P. Changes in the global water cycle. In: UNITED NATIONS (UN). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) – United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). **The United Nations world water development report 3: water in a changing world**. Paris: UNESCO; Londres: Earthscan, 2009. Chapter 11. p. 181. Disponível em: <http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf> Acesso em: 22 set. 2009

LOPES, C. L. J. **Gerenciamento de recursos hídricos e o processo de internalização da variável água nas indústrias**. 2006. 170f. Dissertação (Mestrado em Geociências – Administração e Política de Recursos Minerais). Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000395759>>. Acesso em: 23 ago. 2009.

MANCUSO, P. C. S. Tecnologia de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, p. 291-338.

_____; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, 579 p.

METCALF, C. Process water management program (PWM). In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., São Paulo, 2009, **Workshop PWM**. São Paulo: UNIP, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/workshops/cam%20metcalff%20-%20workshop.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2009.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria**: estudo de caso da Kodak brasileira. 2002. 367f. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia – Engenharia Hidráulica e Sanitária). Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, EPUSP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-14112002-203535/>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

_____. Processos de separação por membranas: conceitos e cálculo. In: **PHD 5744 – projeto de sistemas de tratamento de água**. Material didático. [São Paulo]: [s.n.], [200-]. Disponível em: <http://200.144.189.36/phd/LeArq.aspx?id_arg=2974>. Acesso em: 12 dez. 2009.

_____; HESPANHOL, I. **Água na indústria**: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 144p.

NALCO Chemical Company. The Nalco water handbook. 2.ed. Editor: Frank N. Kemmer. New York: McGraw-Hill, 1988 *apud* MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria**: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 92.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat – DESA-PD. **World Population Prospects: the 2008 revision**. [S.l.]: ONU, 2008. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpp>>. Acesso em: 23 out. 2009.

_____. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) – United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). **The United Nations world water development report 3: water in a changing world**. Paris: UNESCO; Londres: Earthscan, 2009. Disponível em: <http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf> Acesso em: 22 set. 2009

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ONUDI. **The CP concept: what is cleaner production?** [S.l.]: UNIDO, 2008. Disponível em: <<http://www.unido.org/index.php?id=o5151>>. Acesso em: 29 dez. 2009.

PACHECO, J. W. F. **Curtumes** – série P+L. São Paulo: CETESB, 2005. 76 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/curtumes.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2008.

PASSOS, J. B. **Reúso de água**: uma proposta de redução do consumo de águas em curtumes. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12546/000628678.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

PAZ, A. M. A. dos S.; RIBAS, M. L. O. Reúso e reciclo dos efluentes líquidos gerados pelas indústrias do Estado do Rio Grande do Sul. **Fepam em revista**. v.1, n.2, p.22-26, 2007.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; BORANGA, J. A. Prefácio. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, p. IX-X.

RAMIREZ *et al.* Proceso de ribeira: revisión a los procesos químicos. In: CONGRESO IULTCS (International Union of Leather Technologists and Chemists Society), 27., 2003, Cancún, México *apud* PASSOS, J. B. **Reúso de água**: uma proposta de redução do consumo de águas em curtumes. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007, p. 10. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12546/000628678.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

RAO, J. R. *et al.* Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing. *Journal of Cleaner Production*, Knoxville, n.11, p. 591-599, 2003 *apud* PASSOS, J. B. **Reúso de água**: uma proposta de redução do consumo de águas em curtumes. 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007, p. 10. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12546/000628678.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 08 jan. 2010.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3.ed. rev. e amp. São Paulo: Escrituras, 2006. 750 p.

_____. O ambiente brasileiro: 500 anos de exploração. Os recursos hídricos. 2000?. In: RIBEIRO, W. C. (Org.). Patrimônio ambiental brasileiro. São Paulo: Edusp / Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2003, *apud* SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente – SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental – CPLEA. **Gestão participativa das águas**. São Paulo: SMA/CPLEA, 2004, p. 12.

_____. Groundwater in Brazil. Episodes, v. 11, n. 3, 1988, p. 209-214 *apud* AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília: ANA, 2009, p. 64

REVENGA, C. Will there be enough water? In: Pilot analysis of global ecosystems: freshwater systems. [S.l.]: Greg Mock, 2000. In: World Resources Institute (WRI), **EarthTrends** 2001. Disponível em: <http://earthtrends.wri.org/pdf_library/feature/wat_fea_scarcity.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2008.

RIBEIRO, F. de M.; BASSOI, L. J. Reúso e uso racional de água na indústria: considerações e exemplos no Estado de São Paulo. In: TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Editora Blucher, 2007, Cap.9, p. 179-209.

SALATI, Eneas; LEMOS, H. M. de; SALATI, Eneida. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3.ed. rev. e amp. São Paulo: Escrituras, 2006, Cap.2, p. 39-58.

SANTOS, H. F. dos. Custos dos sistemas de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, p. 433-468.

SANTOS, R. Dicionário de gestão – letra g. **Gestão**. [S.l.]: WordPress.com, 2007. Disponível em: <<http://bloggestor.wordpress.com/2007/11/25/dicionario-de-gestao-letra-g/>>. Acesso em: 14 nov. 2009.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente – SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental – CPLEA. **Gestão participativa das águas**. São Paulo: SMA/CPLEA, 2004. 96 p.

_____. _____. Mutirão azul 2008. **O uso racional da água**. São Paulo: SMA, 2008. Disponível em: <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/mutiraoazul/2agua_no_mundo.asp>. Acesso em: 27 set. 2009.

_____. _____. **Agenda 21: o que é Agenda 21?** São Paulo: SMA, [199-? ou 200-?]. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/agenda21.php>>. Acesso em: 01 set. 2009.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH. **Plano estadual de recursos hídricos (PERH): 2004 / 2007 resumo**. São Paulo: DAEE, 2006. 92p. il. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/1133/perh.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2009.

_____. Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre a instituição do sistema de prevenção e controle da poluição do meio ambiente na forma prevista nessa lei e pela Lei nº 118/73 e pelo Decreto nº 5.993/75. São Paulo: CETESB, [200-]a. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei_997_1976.pdf>. Acesso em: 13 out. 2009.

_____. Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976 (atualizado com redação dada pelo decreto 54.487, de 26/06/09, que passa a vigorar em 180 dias após sua publicação em 27/06/09). Aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: CETESB, [200-]b. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/Dec8468.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2009.

_____. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Resende: CEIVAP, [200-]c. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/downloads/leispn7663-91.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2009.

_____. Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996. Aprova o regulamento dos artigos 9º a 13º da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. [S.]: JusBrasil, 2009a. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/172391/decreto-41258-96-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 18 dez. 2009.

_____. Decreto nº 45.805, de 15 de maio de 2001. Institui, no âmbito da administração pública, o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável, com a finalidade de implantar, promover e articular ações visando à redução e ao uso racional. [S.I]: JusBrasil, 2009b. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/92893/decreto-45805-01-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

_____. Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores e dá outras providências. Brasília: ANA, [2006?]a. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/CobrancaUso/ARQS-Legal/Geral/Legislacoes%20Estaduais/SP/Lei-12183-05.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2009.

_____. Decreto nº 50.667, de 30 de março de 2006. Regulamenta dispositivos da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, que trata da cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Brasília: ANA, [2006?]b. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/cobrancauso/ARQS-Legal/Geral/Legislacoes%20Estaduais/SP/Decreto%2050667%20-%2031Mar06%20-%20Regulamentacao%20da%20Cobranca.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2009.

_____. Portaria DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica) 717 – 12 de dezembro de 1996. Aprova a norma e os anexos de I a XVIII que disciplinam o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, [200-]d. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/legislacao/arquivos/850/portariadaee_717.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2009.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 13.309, de 31 de janeiro de 2002. Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências. [S.I]: JusBrasil, 2009a. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/813762/lei-13309-02-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

_____. Lei nº 14.018, de 28 de junho de 2005. Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências. [S.I]: JusBrasil, 2009b. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/806467/lei-14018-05-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 15 dez. 2009.

TAGUCHI, C. **A guerra da água**. Fortaleza: Associação Civil Alternativa Terrazul, 2006. Disponível em: <<http://www.terrazul.m2014.net/spip.php?article311>>. Acesso em: 28 out. 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G. Wastewater treatment. In: Water resources handbook. New York: McGraw-Hill, 1996 *apud* MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria**: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 89.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reúso da água**: conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 311p.

THE UNITED STATES PHARMACOPEIA. The national formulary (USP 24). The United States Pharmacopeial Convention. Rockville, 1999. *apud* MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria**: uso racional e reúso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 38.

THE WORLD BANK GROUP. Sector overview. [S.l.: s.n.], [199-?] *apud* MANCUSO; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole, 2003, p. 8. Disponível em: <<http://wbln0018.worldbank.org/mna/mena.nsf/All/27F2EFFC455749CE8525694A0072D3C3?>>. Acesso em: 11 out. 2001.

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

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – INDUSTRY AND ENVIRONMENT / PROGRAMME ACTIVITY CENTRE – UNEP IE/PAC. Technical report series no. 4 – Tanneries and the environment – A technical guide to reducing the environmental impact of tannery operations. Paris: UNEP, 1991 *apud* PACHECO, J. W. F. **Curtimes** – série P+L. São Paulo: CETESB, 2005, p. 29. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/curtimes.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2008.

VILELA JÚNIOR, A. Produção sustentável. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2, São Paulo, 2009, **Apresentação em plenária**. São Paulo: UNIP, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/conferencias/21-05/alcir%20vilela%20junior%20-%20plenary%20presentation.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2009.

_____; DEMAJOROVIC, J. (Org.). **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006. 396p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1. Belo Horizonte: ABES, 1995, *apud* TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Editora Blucher, 2007, p. 65-66, 91.

VÖRÖSMARTY, C. J. The Earth's natural water cycles. In: UNITED NATIONS (UN). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) – United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). **The United Nations world water development report 3: water in a changing world**. Paris: UNESCO; Londres: Earthscan, 2009. Chapter 10. Disponível em: <http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf>. Acesso em: 22 set. 2009.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD; INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. **Water for business: initiatives guiding sustainable water management in the private sector**. Geneva: WBCSD, 2009. 34p. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/DocRoot/4vktD3RTDFDYliXT5GnF/Water4Business.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2009.

APÊNDICE A – Levantamento – Formulário de Pesquisa

FORMULÁRIO DE PESQUISA

1) Caracterização do Curtume (com Ribeira)

1.1 Nome (razão social):

– Contato: tel.:

e-mail:

Identificação do(s) respondente(s)

Nome:

Função/Cargo:

Formação:

Nome:

Função/Cargo:

Formação:

Nome:

Função/Cargo:

Formação:

1.2 Tipo (marcar com "X" 2ª. coluna e completar infos) – (ex.: mercado)

Ribeira (até wet blue / white-Cr free / tanino-outro curt.)		blue () white-Cr free () tanino-outro () Última etapa proc. (antes med / estoque-exped.):
Ribeira + semi-acabado		blue () white-Cr free () tanino-outro () Última etapa proc. (antes med / estoque-exped.):
Integrado (tudo, até acabam. final)		blue () white-Cr free () tanino-outro () Última etapa proc. (antes med / estoque-exped.):

1.3 Tipo de matéria-prima

Matéria-prima	Peles/dia	Peles/mês
Verde/fresca		
Salgada/conservada		
Wet blue		
Wet white-Cr free		
Tanino-outro		
Total		

1.4 Produção média

_____ kg/dia _____peles/dia _____couros/mês

1.5 Porte – marcar com “X”

Pequeno	Faixa 1 - (até 7.500 kg/dia, +/- _____ couros bovinos)	
Médio	Faixa 2 - (7.500 até 50.000 kg/dia, +/- _____ couros bovinos)	
Grande	Faixa 3 – (acima de 50.000 kg/dia)	

OBSERVAÇÕES:

2) Aspectos de Localização

2.1 Endereço:

2.2 Município:

2.3 UGRHI:

2.4 Fontes de captação d'água (nomes):

- Aquífero(s) (subterr.):
- Superficial(is) (nome/classe):
- Rede pública abastec. (concess.):
- Outras:

2.5 Limitações locais quanto à *captação d'água*

- Baixa disponibilidade hídrica “geral” – limitação de outorga? Sim () Não ()
- Outras:

2.6 Corpos d'água - lançamento de efluentes (nome/classe):

2.7 Limitações locais quanto ao *lançamento de efluentes*

2.8 Cobrança pelo uso d'água (SP: lei No. 12.183 29/12/2005 e decreto No. 50.667 30/03/2006)

Sim () Não ()

Sim: quanto paga? R.:

Quanto representa no *custo da água*? R.:Quanto representa no *custo do produto*? R.:

Não: por quê? Quando vai cobrar? R.:

O que acha da cobrança da água? R.:

2.9 Possui outorga(s) de uso d'água? Sim () Não ()

- quantidade(s) outorgada(s) atual(is): _____

2.10 Em relação ao Comitê de Bacia Hidrográfica local:

- o curtume participa diretamente?
- o curtume participa representado por alguém / entidade, que leva suas posições, contribuições e requisições e o informa rotineiramente?
- se participa, qual a participação (o que faz) e por quê?

- se não participa, por quê?

- o curtume recebe informações do comitê (alguma correspondência, informativo/notícias etc.)? Se sim, o que faz com elas?

OBSERVAÇÕES:

3) Gestão de água

3.1 Para o(s) Sr.(s), o que significa “gestão / gerenciamento de água” num curtume?

3.2 Neste curtume, há “gestão / gerenciamento de água”? Por que (o que evidencia)?

3.3 Se há esta gestão, quais os fatores que levaram à sua *implantação e/ou ao seu aumento ou melhora*?

3.4 “Gestão / gerenciamento de água” é importante? Por quê?

3.5 Numa escala de 1 a 5 (1 = ausência de gestão de água / 5 = gestão de água muito boa), qual nota atribuiria à gestão de água atual deste curtume? Justifique (o que há / o que não há etc.).

3.6 Na sua opinião, quais são os fatores que *dificultam* uma gestão adequada da água em um curtume?

3.7 Há algum programa ou plano de ações para *mudar / aumentar / melhorar a gestão de água* no curtume? Se sim, como funciona este plano e quais as ações planejadas ou que se intenciona executar?

3.8 Já ouviu falar / leu algo sobre Produção mais Limpa (P+L)? Se sim, o que, quando e onde?

3.9 Para o(s) Sr.(s), o que é P+L?

3.10 Há aplicação do conceito de P+L neste curtume? Se sim, exemplifique.

- Há aplicação do conceito de P+L neste curtume *em relação à gestão ou uso de água e/ou de efluentes*? Se sim, exemplifique e comente sobre os resultados obtidos.

3.11 Conhece algum material ou publicação de P+L dedicada a curtumes?

Se sim:

- qual(is)?
- quando tomou conhecimento?
- leu ou avaliou o(s) material(is)?
 - se sim:
 - o que achou? Por quê?
 - após o conhecimento do(s) material(is), chegou a realizar / implantar algo no curtume relativo a este(s) material(is)?
 - se sim:
 - obteve sucesso / bons resultados?
 - Sim: quais e por quê?
 - Não: por quê?
 - se não (implantou algo), por quê?

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
1. Medição de água total <u>captada</u> (entrada no curtume) – água bruta			Porque:
1.1 medidor instalado em cada captação			Tipo / totaliz. Volume (Sim/Não):
1.2 medição/leitura e registro periódicos			Periodicidade: Tipo de registro:
1.3 o que se faz com as medidas / registros? R.: (=> emissão de informes / relatórios periódicos e sua análise? => SIM? => preenche colunas ao lado) =>			Periodicidade: Tipo de relatório: Análise (quem/quando/como):
1.4 ações após análise			Descrição:
1.5 monitoramento da <i>qualidade</i> da água captada (se “sim” – parâmetros monitorados:			Porque: Periodicidade: Ações:
1.6 <u>Captação total</u> média de água (volume) (mais de uma fonte – porcentagem média de cada uma:	---	---	Horária: Diária: Mensal: <i>Específica</i> (prod.):

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
2.5 monitoramento da <i>qualidade</i> da água tratada (se "sim" – parâmetros monitorados:			Porque: Periodicidade: Ações:
2.6 Água <u>tratada total</u> média fornecida ao curtume (mais de uma fonte – porcentagem média de cada uma:	---	---	Horária: Diária: Mensal: <i>Específica</i> (prod.):
3. Medição de água <u>consumida</u> (principais pontos)			Porque:
3.1 medidor instalado em cada ponto			Tipo / totaliz. Volume (Sim/Não): <u>Pontos:</u> 1- 2- 3-
3.2 medição/leitura e registro periódicos			Periodicidade: Tipo de registro:
3.3 o que se faz com as medidas / registros? R.: (=> emissão de informes / relatórios periódicos e sua análise? => SIM? => preenche colunas ao lado) =>			Periodicidade: Tipo de relatório: Análise (quem/quando/como):

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
3.4 ações após análise			Descrição:
3.5 monitoramento da <i>qualidade</i> da água consumida (se “sim” – parâmetros monitorados: – ponto 1: – ponto 2: – ponto 3:			Porque: Periodicidade: Ações:
3.6 Há <i>medição</i> ou <i>cálculo de rotina</i> que quantifica a água <i>total</i> destinada <i>somente para a produção (banhos e lavagens das peles/couros e outros)</i> e a água <i>para as atividades auxiliares (caldeira-vapor, lavagens de equipamentos / instalações / veículos, rega de plantas etc.)</i> ?			Periodicidade: Registro: Ações:
3.7 Água <u>consumida média</u> pelo curtume (principais pontos) ponto 1: ponto 2: ponto 3: medição / cálculo da água consumida só na produção – <i>operações incluídas</i> : medição / cálculo da água consumida só nas atividades auxiliares – <i>atividades incluídas</i> :	---	---	Horária: 1- 2- 3- só produção- só ativs. Auxil. - Diária: 1- 2- 3- só produção- só ativs. Auxil. - Mensal: 1- 2- 3- só produção- só ativs. Auxil. - <i>Específica (prod.):</i> 1- 2- 3- só produção- só ativs. Auxil. -

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
4. Medição dos efluentes líquidos <u>gerados (brutos)</u> (principais pontos de geração)			Porque:
4.1 medidor instalado em cada ponto			Tipo / totaliz. Volume (Sim/Não): Pontos:
4.2 medição/leitura e registro periódicos			Periodicidade: Tipo de registro:
4.3 O que se faz com as medidas / registros? R.: (emissão de informes / relatórios periódicos e sua análise? => SIM? => preenche colunas ao lado) =>			Periodicidade: Tipo de relatório: Análise (quem/quando/como):
4.4 ações após análise			Descrição:
4.5 monitoramento da <i>qualidade</i> dos efluentes gerados (se "sim" – parâmetros monitorados:			Porque: Periodicidade: Ações:

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
<p>4.6 efluentes gerados são (re)usados do jeito que estão?</p> <p>Efluentes gerados são (re)usados após segregação e algum tratamento em separado?</p>			<p>Se sim, quais e onde se usa: do jeito que estão:</p> <p>após segreg. e algum trata/o separado:</p>
<p>4.7 Efluentes <i>gerados</i> (média) pelo curtume (principais pontos)</p> <p>ponto 1: ponto 2: ponto 3:</p>	---	---	<p>Horária: 1- 2- 3-</p> <p>Diária: 1- 2- 3-</p> <p>Mensal: 1- 2- 3-</p> <p><i>Específica (prod.):</i> 1- 2- 3-</p>
5. Tratamento dos efluentes gerados			Porque:
5.1 Descrição sucinta do tratamento	---	---	

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
6. Medição dos efluentes líquidos totais <u>tratados</u> pelo curtume (saída do tratamento geral total)			Porque:
6.1 medidor instalado após tratamento (em cada ponto, se mais de uma linha de tratamento)			Tipo / totaliz. Volume (Sim/Não): Pontos/efluentes tratados:
6.2 medição/leitura e registro periódicos			Periodicidade: Tipo de registro:
6.3 O que se faz com as medidas / registros? R.: (emissão de informes / relatórios periódicos e sua análise? => SIM? => preenche colunas ao lado) =>			Periodicidade: Tipo de relatório: Análise (quem/quando/como):
6.4 ações após análise			Descrição:
6.5 monitoramento da <i>qualidade</i> dos efluentes <i>tratados</i> (se "sim" – parâmetros monitorados:			Porque: Periodicidade: Ações:

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
6.6 efluentes <i>tratados</i> são (re)usados do jeito que estão? Efluentes <i>tratados</i> são (re)usados após segregação e algum tratamento adicional em separado?			Se sim, quais e onde se usa: do jeito que estão: após segreg. e algum trata/o adicional separado:
6.7 Efluentes totais <i>tratados</i> (média) pelo curtume (logo após tratamento)	---	---	Horária: Diária: Mensal: <i>Específica</i> (prod.):
7. Medição dos efluentes líquidos totais lançados pelo curtume (saída do curtume)			Porque:
7.1 medidor instalado no lançamento (em cada ponto, se mais de um ponto de lançamento)			Tipo / totaliz. Volume (Sim/Não): Pontos/efluentes:
7.2 medição/leitura e registro periódicos			Periodicidade: Tipo de registro:

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
<p>7.3 o que se faz com as medidas / registros? R.:</p> <p>(emissão de informes / relatórios periódicos e sua análise? => SIM? => preenche colunas ao lado) =></p>			<p>Periodicidade:</p> <p>Tipo de relatório:</p> <p>Análise (quem/quando/como):</p>
7.4 ações após análise			Descrição:
<p>7.5 monitoramento da <i>qualidade</i> dos efluentes <i>lançados</i></p> <p>(se “sim” – parâmetros monitorados:</p>			<p>Porque:</p> <p>Periodicidade:</p> <p>Ações:</p>
7.6 Efluentes totais <i>lançados</i> (média) pelo curtume	---	---	<p>Horária:</p> <p>Diária:</p> <p>Mensal:</p> <p><i>Específica</i> (prod.):</p>

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
8. Controle operacional da água utilizada nos principais pontos de consumo (no processo produtivo e nas atividades auxiliares)			Porque:
<p>8.1 Descrição sucinta do controle</p> <p>- Processo produtivo: em que etapas & forma/tipo de controle de água (quanti / quali)</p> <p>- Atividades auxiliares: quais & forma/tipo de controle de água (quanti / quali)</p>	---	---	<p>Descrição:</p> <p>- Processo:</p> <p>- Atividades auxiliares:</p>
<p>9. Existência de Balanço Hídrico</p> <p>- documentado?</p> <p>- atualizado?</p> <p>- como é utilizado?</p>			Grau de detalhamento:

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
<p>10. Custos da água / dos efluentes – monitora-se? Há <i>dados atualizados</i> de custos da água utilizada e dos efluentes tratados?</p> <p>10.1 Qual a composição do custo total da água (quais custos são considerados) R.:</p> <p>10.2 Qual a composição do custo total dos efluentes líquidos (quais custos são considerados) R.:</p>			<p>Se sim:</p> <p>a) <u>Custos totais</u> (mês, ano): - água: - efluentes:</p> <p>b) <u>Custos unitários</u> (m³): - água: - efluentes:</p> <p>c) <u>Custos específicos</u> (relativos à unidade de produção – “kg de pele”, “m² de couro”, “pele” ou “couro” => <i>indicar</i>): - água: - efluentes:</p> <p>d) <u>% do custo total de produção</u>: - água: - efluentes:</p>
<p>11. Programa estruturado / rotineiro / periódico de combate a desperdícios – vazamentos – perdas de água / banhos (no processo e em atividades/instalações auxiliares)</p>			Porque:
<p>11.1 Descrição sucinta do programa (quem, ações, registros, periodicidade etc.):</p>	---	---	<p>Descrição:</p> <p>Efetividade (exemplos de resultados)</p>

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
12. Existência de objetivos e metas de redução / minimização do uso de água			Porque:
12.1 Descrição sucinta: desde quando, estabelecimento das metas, valores atuais e pretendidos etc.			
13. Existência de objetivos e metas de redução / minimização de efluentes e/ou de sua carga poluente			Porque:
13.1 Descrição sucinta: desde quando, estabelecimento das metas, valores atuais e pretendidos etc.			Descrição:

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
<p>14. Utilizam-se <u>indicadores</u> (específicos) referentes a estas metas (itens 12 e 13 acima - se estas existem)?</p> <p>Descrição dos indicadores e de seu acompanhamento (valores, periodicidade etc.):</p>			<p>Descrição:</p>
<p>15. Há treinamento <i>periódico</i> para a gestão ou uso racional de água?</p> <p>Se sim:</p> <ul style="list-style-type: none"> - periodicidade: - quando implantou: - conteúdo sucinto: <p>- quem dá o treinamento e quem participa:</p> <p>Se não, algum treinamento como este já foi feito no curtume? Se sim, quando ocorreu, quem deu e quem participou?</p>			<p>Descrição</p>

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
16. Ações / sistemas implantados de eliminação / redução do uso de água e/ou de geração de efluentes e/ou de sua carga poluente (P+L água-efluentes)			Porque:
<p>16.1 Algumas ações potencialmente possíveis – dizer se já implantou no curtume:</p> <p>a) instalação e utilização de equipamentos e acessórios economizadores de água – por exemplo, mangueiras de água com gatilhos na extremidade de uso;</p> <p>b) em <i>todas</i> (ou pelo menos uma) as etapas de tratamento das peles e dos couros (banhos químicos): além do controle sobre a quantidade de água, <i>controlar com rigor a quantidade dos produtos químicos utilizados</i> – o estritamente necessário, buscando-se sua minimização;</p> <p>c) controlar com rigor as variáveis do processo (temperatura, volume, velocidade do fulão, tempo, formulação) visando <i>a máxima exaustão</i> destes produtos ao final de cada processo (residuais mínimos)</p>			<p>Resultados: houve redução efetiva de água / efluentes / carga poluente?</p> <p>a) sim () não () reduções obtidas / resultados:</p> <p>b) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>c) sim () não () reduções obtidas:</p>

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
<p>d) em todas as etapas de lavagens das peles / couros (ou pelo menos uma), realizá-las em <i>bateladas</i> (entrada e saída de água/solução <i>fechadas</i>), ao invés de lavagens contínuas;</p> <p>e) utilizar os efluentes tratados finais (normalmente descartados) no processo produtivo e/ou em operações auxiliares (utilização parcial ou total);</p> <p>f) bater o sal das peles <i>antes</i> do processo – reusar ou reciclar o sal batido;</p> <p>g) prática do pré-remolho, com reutilização da água durante uma jornada de trabalho (p.ex., 15 m³ de água daria para pré-remolhar cerca de 2.500 couros, com reúso);</p> <p>h) segregar e reciclar os banhos residuais do caleiro/depilação; implementar processo para remoção / recuperação de pêlos não dissolvidos;</p> <p>i) reúso direto ou reciclagem de águas residuais de lavagens da descalcinação e da purga;</p> <p>j) utilizar banhos curtos (de menor volume) – implantar reduções graduais de volume nos banhos. Limites: potências instaladas de agitação nos tanques / fulões e preservação das superfícies dos couros (principalmente da flor);</p> <p>k) píquel - usar reciclo parcial ou reúso do banho, sempre que a qualidade do produto final permitir;</p> <p>l) píquel - usar volume de banho de 50-60% (base peso das peles descarnadas) – banhos mais curtos (menor volume);</p> <p>m) reciclar os banhos residuais de curtimento ao cromo, ajustando volume e concentração dos produtos químicos consumidos pelas peles;</p> <p>n) realizar recurtimento e engraxe em um único banho (mistura de recurtentes e engraxantes)</p>			<p>d) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>e) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>f) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>g) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>h) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>i) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>j) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>k) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>l) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>m) sim () não () reduções obtidas:</p> <p>n) sim () não () reduções obtidas:</p>

PARÂMETRO / ASPECTO / FATOR	SIM	NÃO	OBSERVAÇÃO
o) mudança de formulações e/ou substituição de produtos / insumos que permitam utilizar banhos mais curtos e/ou resultem em banho residual “mais limpo”, diminuindo volume e/ou carga poluente			o) sim () não () reduções obtidas:
p) modificação de fulões para permitir banhos mais curtos			p) sim () não () reduções obtidas:
q) novos fulões (3 compartimentos etc...) que operam com banhos mais curtos			q) sim () não () reduções obtidas:
r) automação de operações – melhora de controle de processo (variáveis de processo e procedimentos operacionais)			r) sim () não () reduções obtidas:
s) recuperação de condensados de vapor			s) sim () não () reduções obtidas:
t) realização de limpezas à seco (varrição, raspagem, catação, aspiração etc.) <i>antes</i> de iniciar lavagem com água			t) sim () não () reduções obtidas:
u) que outras ações foram tomadas / implantadas com este objetivo ou que trouxeram estes resultados?			u) sim () não () reduções obtidas:

APÊNDICE B – Classificação das Águas Subterrâneas – CONAMA 396/08

Quadro 16 – classificação geral das águas subterrâneas brasileiras, de acordo com a resolução CONAMA 396/08 (APÊNDICE B)

Classe	Descrição das águas
Especial	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial
1	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais
2	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais
3	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais
4	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo
5	águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso

Fonte: adaptado de BRASIL, 2008

APÊNDICE C – Alguns Aspectos do Uso de Água na Indústria

Tabela 24 – Requisitos de qualidade para água de uso industrial. Parâmetros em mg/l, exceto quando especificada a unidade (APÊNDICE C)

Indústria e processo	Alcalinidade (CaCO ₃)	Cloreto	Dureza (CaCO ₃)	Ferro	Manganês	Sulfato	Sílica	SDT	SST	pH (unidades)
TÊXTIL										
Engomagem			25	0,3	0,05			100	5,0	6,5 – 10,0
Lavagem			25	0,1	0,01			100	5,0	3,0 – 10,5
Branqueamento			25	0,1	0,01			100	5,0	2,0 – 10,5
Tingimento			25	0,1	0,01			100	5,0	3,5 – 10,0
Cloro e Álcali	80		140	0,1	0,1				10	6,0 – 8,5
Compostos orgânicos	125	25	170	0,1	0,1	75		250	5	6,5 – 8,7
Compostos inorgânicos	70	30	250	0,1	0,1	90		425	5	6,5 – 7,5
Plásticos e resinas	1,0	0	0	0,005	0,005	0	0,02	1,0	2,0	7,5 – 8,5
Produtos farmacêuticos	2	0	0	0,005	0,005	0	0,02	2,0	2,0	7,5 – 8,5
Tintas	100	30	150	0,1	0,1	125		270	10	6,5
Madeira e resinas	200	500	900	0,3	0,2	100	50	1000	30	6,5 – 8,0
Fertilizantes	175	50	250	0,2	0,2	150	25	300	10	6,5 – 8,5
Petróleo		300	350	1,0				1000	10	6,0 – 9,0
Laminação a quente										5 - 9
Laminação a frio									10	5 - 9
Frutas e vegetais enlatados	250	250	250	0,2	0,2	250	50	500	10	6,5 – 8,5
Cimento	400	250		25	0,5	250	35	600	500	6,5 – 8,5
<i>Curtimento de couro</i>		250	150	50						6,0 – 8,0

Fonte: adaptado de Nemerow; Dasgupta, 1991 *apud* Mierzwa; Hespanhol, 2005

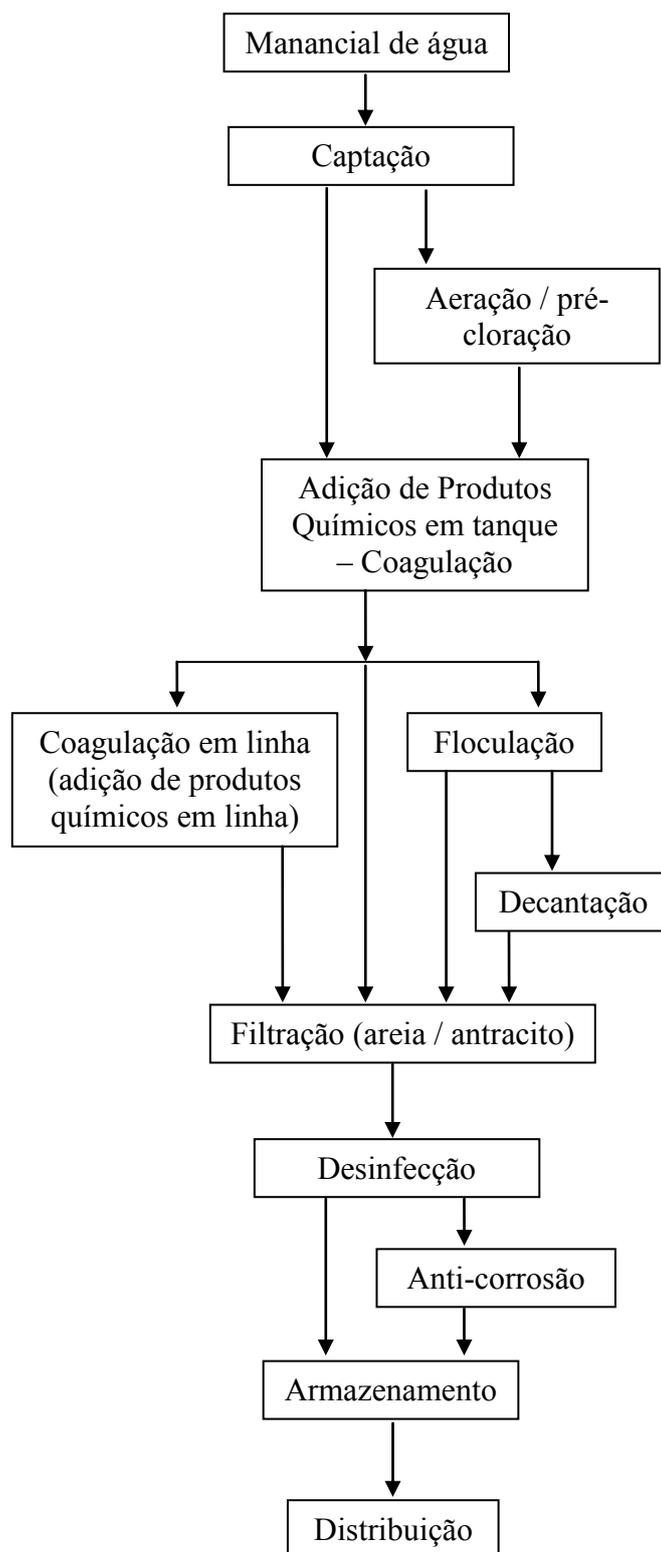


Figura 21 – Esquema de possíveis sistemas convencionais de tratamento de água para a indústria (APÊNDICE C)

Fonte: adaptado de Mierzwa; Hespanhol, 2005

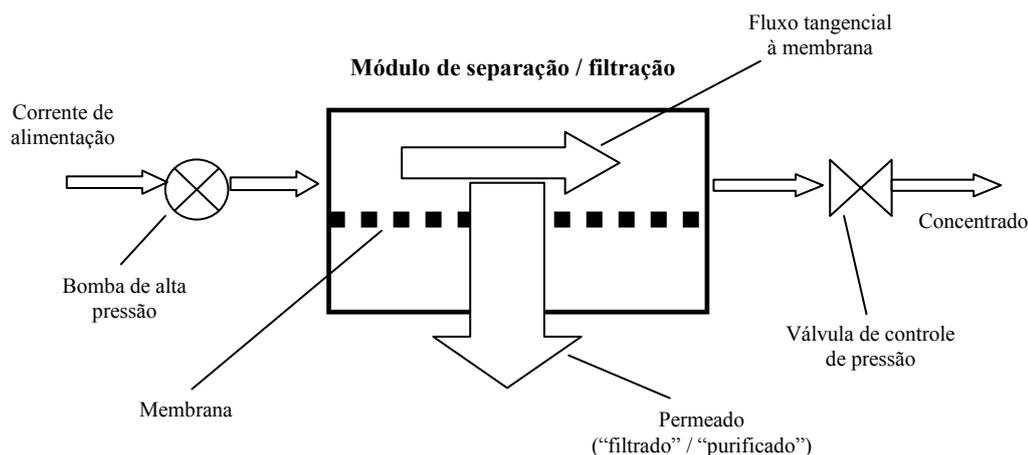


Figura 22 – Esquema de um sistema de separação / filtração por membranas (APÊNDICE C)
 Fonte: adaptado de Mierzwa; Hespanhol, 2005

Basicamente, tem-se cinco processos de separação por membranas; o que difere um do outro é o diâmetro médio dos poros das membranas e o tipo e intensidade da força utilizada para o processo de separação. A tabela 25 mostra os processos e suas características básicas.

Tabela 25 – Processos de separação por membranas – características básicas (APÊNDICE C)

Processo	Força motriz	Pressão de operação (bar)	Diâmetro médio dos poros (μm)
Osmose reversa (OR)	DPH	15 - 150	< 0,001 (semi-permeável)
Nanofiltração (NF)	DPH	5 - 35	< 0,001
Ultrafiltração (UF)	DPH	1 - 10	0,001 - 0,1
Microfiltração (MF)	DPH	< 2,0	0,1 - 5
Eletrodialise (ED)	DPE	Ambiente (atm)	Similar à OR

DPH = diferença de pressão hidráulica; DPE = diferença de potencial elétrico

Fonte: adaptado de Mierzwa; Hespanhol, 2005

As membranas de separação podem ser feitas de materiais orgânicos (polímeros) ou inorgânicos (principalmente cerâmicas). As poliméricas são mais amplamente utilizadas. Alguns exemplos de materiais e processos que utilizam as respectivas membranas: policarbonato (PC) – MF, fluoreto de polivinilideno (PVDF) – MF e UF, politetrafluoretileno (PTFE) – MF, polipropileno (PP) – MF, poliamida (PA) – MF e UF, acetato de celulose (CA) – MF e UF, polisulfona (PSf) – MF e UF, poli-eterimida (Ultem) – MF e UF, poli-eter-etercetona (PEEK) – MF e UF, poli-acrilonitrila (PAN) – UF, poli-imida – UF, poli-etersulfona (PES) – UF. Membranas

cerâmicas – MF e UF. Em geral, as membranas inorgânicas apresentam maior estabilidade química e térmica em comparação às orgânicas. Podem ser obtidas a partir de quatro tipos de materiais: cerâmicos, metálicos, vítreos e zeolíticos.

Por suas características, cada membrana adéqua-se mais à separação de determinadas impurezas de águas e de efluentes líquidos. O quadro 17 mostra a aplicação geral dos processos de membranas (MIERZWA, [200-]).

Quadro 17 – Processos de separação por membranas – aplicações principais e algumas particularidades (APÊNDICE C)

Processo	Aplicação	Observações
Osmose reversa (OR)	Dessalinização – para gerar água de alta pureza; separa a maioria dos sais / substâncias inorgânicas e orgânicas com massa molecular acima de 100 g/mol; concentração de sais na corrente bruta (alimentação): 5,0 a 34.000 mg/l	Menor consumo relativo de energia (vs. evaporação, p.ex.); não tolera tratar correntes com materiais em suspensão e membranas sensíveis a alguns compostos químicos => pré-tratamento da corrente mais exigente
Nanofiltração (NF)	Remoção de compostos orgânicos com massa molecular 250 a 1000 g/mol e de alguns sais (em geral, bivalentes)	Pode atuar como abrandador de água, retendo ainda alguns orgânicos
Ultrafiltração (UF)	Remoção de colóides e compostos de alto peso molecular (proteínas, p.ex.)	Boa seletividade de separação, com base no peso molecular;
Microfiltração (MF)	Remoção de sólidos finos em suspensão (em baixas concentrações), colóides, metais complexados com agentes de alto peso molecular	Melhor desempenho de clarificação frente à filtração convencional, quando aplicável
Eletrodialise (ED)	Dessalinização – para gerar água de alta pureza	Não ocorre fluxo de líquido através das membranas – os íons é que permeiam por elas; somente para separação de compostos iônicos; as membranas são “polarizadas” e seletivas: catiônicas e aniônicas.

Fonte: adaptado de Mierzwa, [200-]; Mierzwa; Hespanhol, 2005

ANEXO A – Alguns Dados Sobre a Água no Brasil

Tabela 26 – Disponibilidade hídrica no Brasil por região e por estado e nível de utilização (ANEXO A)

Região	Estados	Disponibilidade hídrica (m ³ /hab.ano)	Classificação ONU	Nível de utilização 1991 (%)
Norte (N)	RO	115.538	Muito rico	0,03
	AC	351.123	Muito rico	0,02
	AM	773.000	Muito rico	0,00
	RR	1.506.488	Muito rico	0,00
	PA	204.491	Muito rico	0,02
	AP	516.525	Muito rico	0,01
	TO	116.952	Muito rico	
Nordeste (NE)	MA	16.226	Rico	0,35
	PI	9.185	Suficiente	1,05
	CE	2.279	Suficiente	10,63
	RN	1.654	Regular	11,62
	PB	1.394	Regular	12,00
	PE	1.270	Regular	20,30
	AL	1.692	Regular	9,10
	SE	1.625	Regular	5,70
BA	2.872	Suficiente	5,71	
Sudeste (SE)	MG	11.611	Rico	2,12
	ES	6.714	Suficiente	3,10
	RJ	2.189	Suficiente	9,68
	SP	2.209	Suficiente	12,00
Sul (S)	PR	12.600	Rico	1,41
	SC	12.653	Rico	2,68
	RS	19.792	Rico	34,31
Centro-Oeste (CO)	MS	36.684	Rico	0,44
	MT	237.409	Muito rico	0,03
	GO	63.089	Rico	0,25
	DF	1.555	Regular	8,56
BRASIL	BRASIL	35.732	Rico	0,71

Fonte: Rebouças; Braga; Tundisi, 2002 *apud* FONASC.CBH, 2004

Tabela 27 – Classes de índice de estado trófico (IET) e suas características (ANEXO A)

IET - Classes / Faixas	Condição / Qualidade	Características
≤ 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos; produtividade muito baixa; concentrações insignificantes de nutrientes - não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47<IET≤52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos; baixa produtividade; não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52<IET≤59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária; possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas aceitáveis, na maioria dos casos.
59<IET≤63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade (vs. condições naturais), redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas; alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63<IET≤67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade (vs. condições naturais), de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: ANA, 2009

Tabela 28 – Condição de estado trófico em águas brasileiras (IET) (ANEXO A)

Condição / Qualidade (1)	Corpos d'água lênticos 117 pontos (2) (%)	Corpos d'água lóticos 918 pontos (3) (%)
Ultraoligotrófico	1	7
Oligotrófico	4	19
Mesotrófico	16	45
Eutrófico	8	14
Supereutrófico	26	8
Hipereutrófico	45	7

(1) ordem descendente na coluna = ordem crescente de eutrofização; (2) lênticos: açudes, lagoas, reservatórios; (3) lóticos: rios, córregos, ribeirões

Fonte: ANA, 2009

Os ambientes lênticos são mais favoráveis e sensíveis à eutrofização, ao contrário dos ambientes lóticos, que possuem movimentação e renovação das águas mais intensas. A tabela 28 confirma esta tendência.

Os valores mostram qualidade bem pior para os lânticos do que para os lóxicos (eutrófico e acima: 79% contra 29% dos pontos amostrados), ressaltando-se que 69 dos 117 pontos amostrados estão em açudes no nordeste, onde a água acumulada fica submetida à intensa evaporação, o que, juntamente com as escassas precipitações, concentra os sais e os compostos de fósforo e nitrogênio, acelerando a eutrofização e o conseqüente crescimento de microalgas e cianobactérias. O alto tempo de residência da água nos açudes e a alta insolação também colaboram para a proliferação das algas (ANA, 2009, p. 107-108).