

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

SIMONE SOARES GOHRINGER

**USO URBANO NÃO POTÁVEL DE EFLUENTES DE ESTAÇÕES
DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO. ESTUDO DE
CASO: MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO – PR.**

**CURITIBA
2006**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SIMONE SOARES GÖHRINGER

**USO URBANO NÃO POTÁVEL DE
EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO.
ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE CAMPO
LARGO – PR.**

**Dissertação apresentada como requisito
à obtenção do grau de Mestre em Gestão
Urbana, Programa de Pós-Graduação em
Gestão Urbana, Pontifícia Universidade
Católica do Paraná.**

Orientador: Professor Dr. Miguel Mansur Aisse

CURITIBA

2006

G614u
2006 Göhringer, Simone Soares
 Uso urbano não potável de efluentes de estações de tratamento de esgoto
sanitário : estudo de caso : Município de Campo Largo – PR / Simone Soares
Göhringer ; orientador, Miguel Mansur Aisse. – 2006.
 216, [19] f. : il. ; 30 cm

 Dissertação (mestrado) -Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
Curitiba, 2006
 Inclui bibliografia

 1. Água - Reutilização - Campo Largo (PR). 2. Água - Estações de
tratamento. I. Aisse, Miguel Mansur. II. Pontifícia Universidade Católica do
Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana. III. Título.

 CDD 20. ed. 363.7284
 628.3

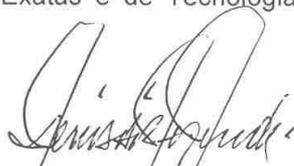
TERMO DE APROVAÇÃO

“USO URBANO NÃO POTÁVEL DE EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO-PR”

Por

SIMONE SOARES GÖHRINGER

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, área de concentração em Gestão Urbana, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.



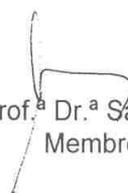
Prof. Dr. Denis Alcides Rezende
Diretor do Programa - PUCPR



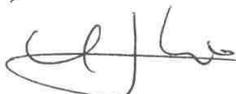
Prof. Dr. Miguel Mansur Aisse
Orientador - PUCPR



Prof. Dr. Carlos Mello Garcias
Membro - PUCPR



Prof.ª Dr.ª Samira Kauchakje
Membro - PUCPR



Prof.ª Dr.ª Maria de Lourdes Florêncio dos Santos
Membro Externo - UFPE

Curitiba, 25 de agosto de 2006.

Dedico ao meu pai.

AGRADECIMENTOS

No decorrer desta pesquisa, a autora contou com a colaboração de diversas pessoas e entidades. Estas contribuições foram imprescindíveis para a elaboração deste trabalho. A seguir, são expressos os mais sinceros agradecimentos a todos:

Ao meu orientador, Professor Miguel Mansur Aisse, pela sua generosidade em compartilhar seu conhecimento e ideais, sua sabedoria e integridade profissional e por seu incentivo e delicadeza com que me conduziu nesta pesquisa.

Ao Professor Carlos Mello Garcias, do PPGTU pelo apoio e incentivo, carinho e sugestões valiosas.

À Prefeitura Municipal de Campo Largo, PR, especialmente aos Senhores Aldo Tschoke e Mário Roginski, Dulcimar Rinaldin, Udo Schmidt Neto, Paulo Cosmo, Samoel F. Borges, e tantos outros funcionários, pela atenção, fornecimento de dados e importante contribuições à esta pesquisa.

À Incepa, em especial aos Senhores Celso Cavalli e Joel Garret, pela atenção, gentileza, disponibilização das instalações e informações imprescindíveis à realização deste trabalho.

À Sanepar - URCTSul (Campo Largo), ao Senhor João M. G. Bressan, pelo fornecimento de dados e demais contribuições; ao Senhor Antônio Celso Fernandes, que, gentilmente me auxiliou nas visitas à ETE Cambuí, e ao Senhor Cléverson V. Andreoli, da APD, pelo auxílio nas questões sobre gestão .

Ao Corpo de Bombeiros de Campo Largo, em especial ao Senhor Bonfim, pelas informações.

A Sabesp, em especial o Engenheiro Yukio Sacamoto, pela atenção e disponibilização de importantes informações e à ETE ABC de São Caetano do Sul, a bióloga Tatiana Christina dos Reis Dintof, pela visita à ETE.

Ao DAE de São Caetano do Sul, especialmente a Engenheira Raquel Perruci F. Volf, pelos dados fornecidos.

A Senhora Miriam Zamperlini, Técnica Têxtil e Gestora Ambiental, de São Caetano do Sul, pelos importantes contatos fornecidos no município.

Aos bolsistas do Curso de Engenharia Ambiental da PUCPR, em especial ao Diogo P. de Cristo e Alberto E. Valaski, que me auxiliaram nas medições de vazões na Incepa, ao Murillo Fruet Budziak, Alexsandro Bona, Humberto Elias Sprenger, Guilherme Samways, Engenheiro Adenilson de Ornelas, Professor Willyan Giorgio Debastiani e à funcionária Jaqueline Ribas, pelo auxílio na informática e Daniela Fachini Almeida e Yuk Lieng Hau, nas análises de laboratório.

Ao PROSAB 4, programa que congrega as agências FINEP, CNPq e CEF pelo fomento, apoio financeiro de capital e custeio, imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família, pelo apoio e compreensão.

RESUMO

O uso de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto em locais onde sejam admitidas águas de qualidade inferior, além de mitigar a poluição hídrica, surge como uma proposta de disponibilizar esta mesma quantidade ao abastecimento potável, proporcionando aumento da oferta e otimizando o uso dos recursos hídricos. Acreditando-se no desenvolvimento sustentável como meta a alcançar, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar as possibilidades de uso não potável de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto Municipais, visando a sua aplicação urbana e industrial na cidade de Campo Largo, Paraná. O estudo utiliza como metodologia a pesquisa bibliográfica para a apresentação de conceitos relacionados ao reúso, ao fenômeno da urbanização, à sustentabilidade e ao saneamento. Um levantamento bibliográfico sobre diretrizes e critérios de qualidade da água de reúso em literatura nacional e internacional para a comparação com o efluente da Estação de Tratamento de Esgotos Cambuí, foi conduzido neste trabalho. Para o estudo de caso na cidade de Campo Largo, foi realizada uma coleta de dados sobre a cidade, seguidas de consultas à Secretaria Municipal de Governo, Sanepar local, Incepa e população, para averiguações da oferta de efluentes e disponibilidade hídrica no município. Uma vez caracterizados os efluentes gerados e as atividades potenciais de reúso urbano e industrial, fez-se uma análise quantitativa e qualitativa, através da elaboração de Tabelas e Fluxograma, das opções que consomem valores mais expressivos de água, suas possibilidades de substituição pelo efluente tratado e proximidade à ETE Cambuí. A seguir foi analisada, através de visitas aos locais e aplicação de questionários, a inserção do uso de efluentes tratados na Sabesp e na Prefeitura de São Caetano do Sul, em São Paulo, estado pioneiro na utilização de efluentes tratados, e na Sanepar, no Paraná. Como resultados, foram locados em mapa as atividades de maior potencial de reúso, seus volumes e adequação aos padrões de qualidade pesquisados. Dois testes práticos utilizando o efluente tratado da ETE, foram conduzidos com sucesso, em atividades urbana e industrial do município. Sugestões de novas possibilidades para utilização do efluente foram feitas à indústria estudada (Incepa) e a indicação de alternativas das melhores possibilidades de utilização do efluente tratado no meio urbano (cidade de Campo Largo), foram apresentadas. Como recomendação, sugeriu-se um modelo de implementação de um sistema genérico de reúso urbano em municípios com diferentes perfis e uma estrutura organizacional e gerencial específica para um projeto de reúso na cidade de Campo Largo. Concluindo, a realização do teste em escala real, realizado na Incepa, demonstrou que o efluente pode ser utilizado sem tratamento complementar em outros setores da Indústria. Também a proximidade da ETE Cambuí às indústrias locais e aos principais usos urbanos estudados neste trabalho, e a adequação do efluente aos padrões exigidos pelas normas do reúso, sugerem boas possibilidades de implantação de um sistema que forneça água reutilizada para fins urbanos e industriais não potáveis na cidade de Campo Largo.

Palavras-Chave: Campo Largo - PR; esgoto sanitário; empresas de saneamento básico; Incepa; critérios de qualidade para reúso da água; reúso da água.

ABSTRACT

The use of effluents in situations where lower quality waters is accepted, in addition to mitigate the hidric pollution, it also provides this same quantity to the potable supply, increasing the offer and creates the optimisation of the hydric resources. Believing in a sustainable development as a goal to reach, this work describes the possibilities of utilisation of municipal treated wastewater for non-potable urban and industrial use in the town of Campo Largo, Paraná. The study uses bibliographical research as methodology, which presents concepts on water reuse, urbanization, sustainable development and sanitary infrastructure. A survey about the national and international guidelines and standards of quality on the water reuse was carried through for the accomplishment of comparison with the analised effluent from the Public Wastewater Plant Cambuí, used in this research. For the case study in the city of Campo Largo, data gathering was made, following by consultation to the Municipal Government Office, to local Sanitation Agency (Sanepar), Incepa and the town's population, for survey of the municipal efluents supply and hydric avaiability. Once identified the effluents generated by the city and the potential industrial and urbans users for the treated water, a crossover between the required characteristics for the potential reuse purposes and the quality of the treated water generated by the Cambuí Wastewater Treatment Plant was realized. In the sequence, the organizacional structure in the use of the effluents in the Sabesp, City Hall of São Caetano do Sul, in São Paulo, pioneer state on the wastewater treated effluent utilization, and the Sanepar, in Paraná, was analysed through local visits and surveys. As results, the spacial determination of the potentials users of the treated water, volumes and suitable quality required was made. Following, two successful practical tests using the treated effluent were performed in the urban and industrial sector of the city. Suggestions of new uses for the reused water were made to the studied ceramic industry (Incepa) and the indication of the best alternatives for the urban area (City of Campo Largo) has been presented in the discussion. A generic model of implementation of an urban reuse system in cities with different profiles, and a specific organizational structure for a reuse project in the town of Campo Largo was recommended. As a conclusion, the industrial scale test performed in the industry (Incepa), certified that the effluent can be used without supplementary treatment in other plant sector. Due to the Cambuí Wastewater Treatment Plant proximity to the local industries, to the potentials users of the treated water found in this study and the suitable quality required by the guidelines for water reuse, results in good possibilities of a water system implementation, to provide Campo Largo with reuse water for urban and industrial purposes.

Key-words: Campo Largo - PR; Incepa; municipal effluents; quality standards por water reuse; sanitation agencies; Sewer Treatment Plants; wastewater; water reuse.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - CICLO DE UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS.....	51
FIGURA 2.2 – AKWA CENÁRIO 2- REÚSO MUNICIPAL DE EFLUENTES...	70
FIGURA 2.3 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DE MIKAWASHIMA.....	72
FIGURA 2.4 - UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES TRATADOS PARA O DERRETIMENTO DA NEVE.	73
FIGURA 2.5 - PROPORÇÃO DE CADA CATEGORIA DE REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS, NO JAPÃO	74
FIGURA 2.6 - ESQUEMA DO USO DE EFLUENTES – AEROPORTO DE GUARULHOS.....	76
FIGURA 3.1 - MODELO CONCEITUAL DO TRABALHO	107
FIGURA 3.2 - MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO E SEUS DISTRITOS.....	112
FIGURA 3.3 - REDE HIDROGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO.....	117
FIGURA 3.4 - VISTA AÉREA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS CAMBUÍ CAMPO LARGO.....	122
FIGURA 3.5 - VISTA AÉREA DA INCEPA CAMPO LARGO	123
FIGURA 3.6 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO E ORIGEM DAS ÁGUAS DA INCEPA.....	124
FIGURA 4.1 – MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO: LOCAIS PESQUISADOS COMO POTENCIAIS DE UTILIZAÇÃO DO EFLUENTE.....	134
FIGURA 4.2 – CAMPO LARGO: RUA ONDE OCORRE A FEIRA LIVRE.....	136
FIGURA 4.3 - ENTRADA DA GARAGEM DA PMCL.....	137
FIGURA 4.4 - ÁREA DO HORTO MUNICIPAL DE CAMPO LARGO.....	138
FIGURA 4.5 – ÁREA DA HORTA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO.....	139
FIGURA 4.6 - ÁREA DE COMPOSTAGEM DO HORTO MUNICIPAL DE CAMPO LARGO.....	139
FIGURA 4.7 - PARQUE CAMBUÍ CAMPO LARGO: TANQUES ORNAMENTAIS E PARA PESCA RECREACIONAL (2005).	140
FIGURA 4.8 - PARQUE CAMBUÍ CAMPO LARGO: ÁREA VERDE PARA LAZER (2005).....	141

FIGURA 4.9 – CARREGAMENTO DO CAMINHÃO DA PMCL COM O EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ.	143
FIGURA 4.10 - PLACA DE SINALIZAÇÃO E EPI'S UTILIZADOS NO TESTE.	144
FIGURA 4.11 - LOCAL DO TESTE DE COMPACTAÇÃO COM O EFLUENTE: RUA SÃO JOSÉ- CAMPO LARGO.	144
FIGURA 4.12 - APLICAÇÃO DO EFLUENTE NA RUA SÃO JOSÉ – CAMPO LARGO.....	145
FIGURA 4.13 - NIVELAMENTO E APLICAÇÃO DO EFLUENTE DA RUA SÃO JOSÉ.	145
FIGURA 4.14 - ROLO COMPRESSOR UTILIZADO NA COMPACTAÇÃO..	146
FIGURA 4.15 - RUA JÁ COMPACTADA, PRÓXIMA À RUA SÃO JOSÉ.....	146
FIGURA 4.16 - FLUXOGRAMA DE CONSUMO DE ÁGUA DA INCEPA.....	149
FIGURA 4.17 - TANQUES CONTENDO EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ.....	151
FIGURA 4.18 – MOINHOS DA INCEPA PREPARANDO A BARBOTINA.....	152
FIGURA 4.19 - VISTA DA ESTEIRA TRANSPORTADORA DE MATÉRIA-PRIMA.....	152
FIGURA 4.20 - AMOSTRA DA MASSA LÍQUIDA PROVENIENTE DO TESTE 3 COM O EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ.....	155
FIGURA 4.21 - PENEIRAMENTO DA MASSA TESTE 3 INCEPA.	155
FIGURA 4.22 - SPRAY DRYER ONDE OCORREU A ATOMIZAÇÃO DA MASSA LÍQUIDA.....	156
FIGURA 4.23 - AMOSTRA MASSA GRANULADA PROVENIENTE DO TESTE 3-INCEPA.....	157
FIGURA 4.24 - Prensagem do material granulado teste 3 – INCEPA.	157
FIGURA 4.25 - CARREGAMENTO DAS PEÇAS TESTE INCEPA.....	158
FIGURA 4.26 - PRODUTO FINAL OBTIDO COM O EFLUENTE CAMBUÍ..	159
FIGURA 4.27 - DESOBSTRUÇÃO DE DUTOS COM ÁGUA DE REÚSO E SINALIZAÇÃO NO CAMINHÃO – SÃO PAULO – 02/11/2005.....	169
FIGURA 4.28 - ETE DE ABASTECIMENTO COM ÁGUA DE REUSO (ETE BARUERI).....	171

FIGURA 4.29 - TRÊS DO CINCO RESERVATÓRIOS DA ETE DE UTILIDADES SÃO UTILIZADOS PARA ÁGUA DE REÚSO.....	171
FIGURA 4.30 - FILTRO CARTUCHO.....	172
FIGURA 4.31 - CAMINHÃO UTILIZADO PARA ÁGUA DE REÚSO DA SABESP.	172
FIGURA 4.32 - CONTROLE DA SAÍDA DO EFLUENTE.....	173
FIGURA 4.33 - CONTROLE DE ABASTECIMENTO DOS CAMINHÕES.....	173
FIGURA 4.34 - BICA DE ABASTECIMENTO DA ETE ABC – SETOR DE REÚSO.....	174
FIGURA 4.35 - SINALIZAÇÃO DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES – ETE ABC – SETOR DE REÚSO.....	175
FIGURA 4.36- PLACA INDICANDO ÁGUA IMPRÓPRIA PARA CONSUMO HUMANO – ETE ABC – SETOR DE REÚSO.	175
FIGURA 4.37 - RECOMENDAÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DA BICA DE ABASTECIMENTO DOS CAMINHÕES – ETE ABC – SETOR DE REÚSO.....	175
FIGURA 5.1 - CONSUMO DE ÁGUA PARA DIFERENTES USOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE CAMPO LARGO.....	185
FIGURA 5.2 - BALANÇO HÍDRICO INTERNO INCEPA - VOLUMES (M³/MÊS) E PORCENTAGENS.....	186
FIGURA 5.3 - BALANÇO HÍDRICO INCEPA ATUAL – VOLUMES (M³/MÊS) E PORCENTAGENS.....	188
FIGURA 5.4 - BALANÇO HÍDRICO INCEPA-VOLUMES (M³/ MÊS) E PORCENTAGENS – OPÇÃO 1.....	189
FIGURA 5.5 - BALANÇO HÍDRICO INCEPA – OPÇÃO 2 – VOLUMES (M³/MÊS) E PORCENTAGENS.....	191
FIGURA 5.6 - BALANÇO HÍDRICO INCEPA – OPÇÃO 3 – VOLUMES (M³/MÊS) E PORCENTAGENS.....	192
FIGURA 5.7 - NOVO RESERVATÓRIO PARA ÁGUA DE REÚSO NA INCEPA.	194
FIGURA 5.8 - BALANÇO HÍDRICO ETE CAMBUÍ, INCEPA E PMCL – VOLUMES (M³/MÊS) E PORCENTAGENS.....	195

FIGURA 5.9 - DIAGRAMA CONCEITUAL DE ABORDAGEM À	
PREFEITURA MUNICIPAL.....	200
FIGURA 5.10 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E GERENCIAL PARA	
UM PROJETO DE REÚSO NA CIDADE DE CAMPO LARGO.....	202

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - RANKING DOS PAÍSES MAIS RICOS EM RECURSOS HÍDRICOS RENOVÁVEIS E EM DISPONIBILIDADE HÍDRICA SOCIAL.....	54
TABELA 2.2 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO BRASIL	55
TABELA 2.3 - CATEGORIAS DE REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTES MUNICIPAIS E PRECAUÇÕES.	60
TABELA 2.4 - CLASSIFICAÇÃO DOS CONSTITUINTES DO ESGOTO.	81
TABELA 2.5 - RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL.	84
TABELA 2.6 - CRITÉRIOS DE PROTEÇÃO CONTRA MICROORGANISMOS PATOGÊNICOS NO REÚSO DA ÁGUA	86
TABELA 2.7 - EPA: RECOMENDAÇÕES PARA ÁGUAS DE REÚSO PAISAGÍSTICO E ESTÉTICO	91
TABELA 2.8 – EPA: RECOMENDAÇÕES PARA ÁGUAS DE REÚSO PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	92
TABELA 2.9 - CRITÉRIOS DE QUALIDADE PARA REÚSO DE EFLUENTES NO JAPÃO – 1981.	94
TABELA 2.10 - CRITÉRIOS PARA REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTES NO JAPÃO – 1990.....	94
TABELA 2.11 - FREQUÊNCIA DA ANÁLISE DA ÁGUA DE REÚSO NA SABESP.	95
TABELA 2.12 - PARÂMETROS PROPOSTOS PELA SABESP E PARÂMETROS UTILIZADOS EM DIVERSOS PAÍSES.....	96
TABELA 2.13 - RECOMENDAÇÕES DA EPA PARA ÁGUAS DE REÚSO INDUSTRIAL – RESFRIAMENTO.....	97
TABELA 2.14 - PADRÕES DE QUALIDADE PARA USO INDUSTRIAL SEGUNDO HESPANHOL E MIERZVA	98
TABELA 2.15 - CARACTERÍSTICAS NECESSÁRIAS DA ÁGUA DE REÚSO PARA FORNECIMENTO PARA SISTEMAS SEMI-ABERTOS DE RESFRIAMENTO E USOS NÃO POTÁVEIS IRRESTRITO.....	99
TABELA 2.16 - PARÂMETROS DE QUALIDADE REQUISITADOS PELO PÓLO PETROQUÍMICO DE MAUÁ	100

TABELA 2.17 - USOS E PARÂMETROS PARA ÁGUAS RECICLADAS – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, TERRAS E PARQUES DA BRITISH COLUMBIA, 1999.	101
TABELA 3.1 - CAMPO LARGO- PR: POPULAÇÕES TOTAIS PARA CADA DÉCADA.	114
TABELA 3.2 - ÁREA URBANA DOS DISTRITOS DE CAMPO LARGO.....	115
TABELA 3.3 - CAMPO LARGO – PR: UNIDADES AMBIENTAIS, BACIAS HIDROGRÁFICAS E DISTRITOS A QUE PERTENCEM.	115
TABELA 3.4 - CAMPO LARGO – PR: FONTES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA, LOCALIZAÇÃO E RESPECTIVAS VAZÕES.	118
TABELA 3.5 - NÚMERO DE ECONOMIAS ATENDIDAS PELO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	119
TABELA 3.6 - CAMPO LARGO – PR: ECONOMIAS ATENDIDAS PELO SISTEMA DE COLETA DE ESGOTOS SANITÁRIOS	120
TABELA 3.7- ANÁLISES DO EFLUENTE DA INCEPA NO PERÍODO DE SETEMBRO DE 2004 A FEVEREIRO DE 2005.....	127
TABELA 3.8 - PRODUÇÕES DAS ESTAÇÕES ETE E ETA INCEPA DE JANEIRO DE 2004 FEVEREIRO DE 2005 E MEDIAS DOS ÚLTIMOS TRÊS MESES.	127
TABELA 3.9 – SANEPAR: CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE RECEITA	130
TABELA 4.1 - VAZÃO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E DE EFLUENTES NA CIDADE DE CAMPO LARGO.....	132
TABELA 4.2 - USOS URBANOS IDENTIFICADOS E CONSUMO DE ÁGUA EM CAMPO LARGO	141
TABELA 4.3 - CONSUMO ÁGUA NA INCEPA – RESUMO.	148
TABELA 4.4 - PARÂMETROS FÍSICOS MASSA INCEPA COM EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ.	153
TABELA 4.5 - ETE CAMBUÍ (CAMPO LARGO): ANÁLISE DOS EFLUENTES UTILIZADOS NA INCEPA	154
TABELA 4.6 - DADOS FÍSICOS DA MASSA RETIRADA DOS MOINHOS APÓS A MOAGEM DO TESTE 3.....	156

TABELA 4.7 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA MASSA APÓS SAÍDA DO SPRAY-DRYER.	156
TABELA 4.8 - USOS URBANOS MAIS PROVÁVEIS NO MUNICÍPIO, CRITÉRIOS RECOMENDADOS E PARÂMETROS DO EFLUENTE CAMBUÍ.....	160
TABELA 4.9 - RECOMENDAÇÕES DE QUALIDADE PARA ÁGUA DE RESFRIAMENTO, PARÂMETROS DO EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ EM MG/L.	163
TABELA 4.10 - RECOMENDAÇÕES DE QUALIDADE PARA ÁGUA DE PROCESSO; PARÂMETROS DO EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ E ETE INCEPA	164
TABELA 4.11 - PARÂMETROS E PADRÕES DE QUALIDADE PARA ÁGUA DE LIMPEZA DE PISOS E EQUIPAMENTOS; PARÂMETROS DO EFLUENTE DA ETE CAMBUÍ E ETE INCEPA.	165
TABELA 4.12 – REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - DEMANDAS MÉDIAS DE ÁGUA PARA O PERÍODO ENTRE O ANO DE 2.000 A 2.050.	180
TABELA 5.1 - RESUMO DE CONSUMO DE ÁGUA ATUAL E UTILIZAÇÃO DO EFLUENTE TRATADO DA ETE CAMBUÍ, EM DIVERSOS CENÁRIOS PROPOSTOS – INCEPA.	192

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APD	- Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento.
ANA	- Agência Nacional de Águas.
AKWA	- Alternativen der Kommunalen Wasserver und Abwasserentsorgung (Alternativas para os sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgotos municipais).
ABT	- Auto Bomba Tanque.
BR	- Rodovia Federal.
° C	- Graus Celsius.
CaCO₃	- Carbonato de Cálcio.
CIC	- Cidade Industrial de Curitiba.
CEDAE	- Companhia de Água e Esgoto do Rio de Janeiro.
CF	- Coliforme Fecal.
Cl₂	- Cloro.
ClO₂	- Dióxido de Cloro.
CO	- Carbono Orgânico.
COMEC	- Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba.
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente.
COT	- Carbono Orgânico Total.
CR	- Cloro Residual.
CRL	- Cloro residual líquido.
CT	- Coliforme Total.
DAE SCS	- Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul.
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio.
DQO	- Demanda Química de Oxigênio.
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental.
EMATER	- Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPA	- Environmental Protection Agency.
ETA	- Estação de Tratamento de Água.
ETEs	- Estações de Tratamento de Esgotos.
EUA	- Estados Unidos da América.

FAD	– Flotação por Ar Dissolvido.
g/L	– Grama por Litro.
H	– Hidrogênio.
Hab.	– Habitante.
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná.
INCEPA	– Indústria Cerâmica do Paraná.
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IQET	– Índice de Qualidade do Esgoto Tratado.
m²	- Metro quadrado.
m³/ h	– Metro cúbico por hora.
mg/L	– Miligrama por Litro.
mm	– Milímetro.
MMA	– Ministério do Meio Ambiente.
MP	– Medida Provisória.
NBR ISO	- Norma Brasileira ISO.
OMS	– Organização Mundial da Saúde.
ONU	– Organizações das Nações Unidas.
PDDI	– Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado.
pH	– Potencial Hidrogeniônico.
PIB	- Produto Interno Bruto.
PMSCS	- Prefeitura Municipal de São Caetano do Sul.
PNCDA	– Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água.
PNRH	– Política Nacional de Recursos Hídricos.
POTW	- Public-Owned Treatment Works – Estações públicas de tratamento de esgoto.
PROSAM	– Programa de Saneamento Ambiental.
PRODES	– Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas.
Q	– Vazão.
RALF	– Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado.
RMC	– Região Metropolitana de Curitiba.
s	- Segundo
SABESP	– Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
SANEPAR	– Companhia de Saneamento do Paraná.

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente.

STD – Sólidos Totais Dissolvidos.

STS – Sólidos Totais Suspensos.

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

T – Turbidez

UA – Unidade Ambiental.

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo).

UFC – Unidade Formadora de Colônias

UN – Unidade de Negócios

UH – Unidade Hazen

UT – Unidade de Turbidez.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xvi
SUMÁRIO	xix
1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Problema.....	23
1.2 Hipótese	24
1.3 Justificativa.....	24
1.4 Objetivos.....	26
1.4.1 Objetivo Geral	26
1.4.2 Objetivos Específicos	26
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1 A Água no Mundo	27
2.1.1 O Fenômeno da Urbanização e o Saneamento.	28
2.1.2 Urbanização e Saneamento no Brasil	33
2.1.3 Águas e Cidades	35
2.2 A Infra-estrutura Sanitária.....	38
2.2.1 Abastecimento de Água.....	39
2.2.2 Tratamento de Esgotos	40
2.3 O reúso da água e o desenvolvimento sustentável	43
2.4 Usos da Água.....	50
2.5 O Reúso da Água.....	57
2.6 Aplicações do uso de efluentes.....	60
2.7 Reúso Urbano	62
2.8 Reúso Industrial.....	62
2.9 Exemplos de Utilização de Efluentes de ETEs.	67
2.9.1 Alemanha.....	67
2.9.2 Japão	71
2.9.3 Brasil.....	74
2.10 Diretrizes e Critérios de Qualidade para Água de Reúso.	78
2.10.1 Constituintes encontrados nos efluentes de estações de tratamento.....	80
2.10.2 Parâmetros de Qualidade da Água.....	81
2.10.3 Critérios gerais de qualidade das águas residuárias.....	83
2.10.4 Recomendações de qualidade para águas de reúso nos EUA.....	89
2.10.5 Qualidade da água de reúso urbano para alguns estados americanos.....	92
2.10.6 Critérios de qualidade para água de reúso utilizados no Japão	93
2.10.7 Parâmetros de qualidade para a água desenvolvidos pela SABESP	95
2.10.8 Critérios de qualidade para uso industrial	96
2.11 Legislação dos Recursos Hídricos.....	102
3 MÉTODOS, ÁREA DE ESTUDO E MATERIAIS.....	107

3.1 Métodos	107
3.1.1 Metodologia utilizada para o setor urbano de Campo Largo.	108
3.1.2 Metodologia utilizada para a Indústria Cerâmica do município.....	109
3.1.3 Metodologia utilizada nas Empresas de Saneamento.....	111
3.1.4 Metodologia utilizada para as análises de caracterização dos efluentes	111
3.2 Caracterização da Área de Estudo	111
3.2.1 Vias de Acesso	113
3.2.2 Clima	113
3.2.3 As Unidades Ambientais	113
3.2.4 Principais Parques e Praças no Município.....	114
3.2.5 Aspectos Populacionais	114
3.2.6 Organização político – administrativa.....	115
3.2.7 Disponibilidade Hídrica.....	115
3.2.8 Sistema de Abastecimento de Água	118
3.2.9 Coleta e tratamento de esgotos	120
3.3 Materiais	121
3.3.1 ETE utilizada – ETE Cambuí	121
3.3.2 Incepa	122
3.3.3 Companhias de Saneamento Básico.....	128
4 RESULTADOS	132
4.1 Verificação da oferta de águas de abastecimento, produção de efluentes tratados e a possibilidade de uso deste efluente na cidade de Campo Largo.	132
4.1.1 Oferta de águas de abastecimento e produção de efluentes tratados na cidade de Campo Largo.	132
4.1.2 Prováveis locais de uso urbano do efluente gerado na ETE Cambuí: possíveis usuários – avaliação espacial e quantitativa.....	133
4.1.2.1 Limpeza Pública	134
4.1.2.2 Irrigação Urbana.....	137
4.1.2.3 Recreação e Paisagismo	140
4.1.3 Experimento realizado na cidade de Campo Largo utilizando efluente tratado na compactação de uma rua.....	143
4.2 Verificação da possibilidade de uso do efluente tratado gerado na ETE Cambuí na indústria cerâmica do município.....	146
4.2.1 Cálculo das Vazões de Consumo de Água	147
4.2.2 Elaboração do fluxograma de consumo de água da Incepa.....	149
4.2.3 Produção de material cerâmico na Incepa com efluente tratado	151
4.3 Descrição dos requisitos qualitativos necessários à utilização de efluentes tratados	159
4.3.1 Nos diversos setores urbanos da cidade.	159
4.3.2 Na indústria	162
4.4 Análise da inserção do uso de efluentes no setor de saneamento básico.	166
4.4.1 Sabesp.....	166
4.4.1.1 ETEs para o uso de efluentes.....	170
4.4.1.2 Prefeitura de São Caetano.....	176
4.4.2 Sanepar	178
5 DISCUSSÃO	181

5.1 Verificação oferta de águas de abastecimento, produção de efluentes tratados e as possibilidades de uso urbano não potável de efluentes tratados da ETE Cambuí na cidade de Campo Largo.	181
5.1.1 Oferta de águas de abastecimento e produção de efluentes tratados na cidade de Campo Largo.	181
5.1.2 Prováveis locais de uso urbano do efluente gerado na ETE Cambuí: possíveis usuários – avaliação quantitativa e qualitativa.	181
5.1.3 Prováveis usos industriais do efluente gerado na ETE Cambuí: possíveis usuários – avaliação quantitativa e qualitativa.	185
5.2 Disponibilidade de efluente proveniente da ETE Cambuí	194
5.3 Análise da inserção do uso de efluentes no setor de saneamento básico.	195
5.3.1 Sugestão de uma metodologia para implementação de um sistema de reúso urbano em municípios.	197
CONCLUSÕES.....	203
RECOMENDAÇÕES.....	208
REFERÊNCIAS	210
APÊNDICES	218

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problema

O homem sempre tratou a água como um produto inesgotável. Por conta dessa visão equivocada, além de desperdiçá-la, ele a contamina de forma criminosa descarregando toneladas de esgotos sem o devido tratamento em rios e lagos, indiferente às conseqüências destes atos.

O maior problema vem das grandes cidades que, com a ocupação irregular do solo, o crescimento desordenado, a expansão econômica com os impactos produzidos pelas indústrias e a falta de infra-estrutura, pressionam cada vez mais os recursos hídricos. Para reverter o risco de esgotamento destes recursos, intensas pesquisas vêm sendo feitas para desenvolver sistemas de tratamento eficientes e tecnologias de recuperação de efluentes que atendam a esta demanda.

Como conseqüência destas tendências e fatos, uma alternativa inovadora seria a utilização de efluentes de Estações Municipais de Tratamento de Esgotos, principalmente para uso não potável urbano e industrial. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos teriam aí um importante instrumento, uma nova fonte de recurso ou substituição de fonte, para complementar a disponibilidade hídrica existente.

Também a cobrança pelo uso da água (outorga e lançamento), premissa da Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997, irá determinar novas atitudes das Companhias de Saneamento e das empresas que se utilizam desse insumo. Esta mesma lei diz que “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável, deve fazer parte dos objetivos governamentais”, logo, o reúso deve também fazer parte dos objetivos governamentais (CF, 2004).

A Agenda 21 (AGENDA 21), cita uma política de gestão visando à reciclagem e ao uso de efluentes. O capítulo que trata da gestão ambientalmente correta dos resíduos destina atenção especial à maximização do reúso, estabelecendo como objetivos básicos a vitalização e ampliação destes sistemas.

Em diversos lugares do mundo, o uso de efluentes tratados já é considerado um importante elemento para o planejamento hídrico, como uma opção viável que auxilia a conservação da água.

No Brasil, muitas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), possuem efluentes de boa qualidade, inclusive com remoção de fósforo e desinfecção, como é o caso da ETE Cambuí, situada no Município de Campo Largo, Região Metropolitana de Curitiba (RMC), cujo efluente foi utilizado nesta pesquisa.

O reúso da água visa, sempre que possível, e com o uso de tecnologias apropriadas, a recuperação e o reaproveitamento das águas, evitando, assim, a utilização de água potável para usos que tolerem águas de qualidade inferior.

1.2 Hipótese

É possível o uso urbano institucionalizado de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos Municipais, em substituição a água de abastecimento, para utilizações menos nobres.

1.3 Justificativa

É de conhecimento geral que o desenvolvimento da sociedade urbana e industrial ocorreu de maneira irracional, sem planejamento e as custas de altos índices de degradação ambiental e social. Esta degradação provocou impactos negativos que comprometem a qualidade de vida e a convivência equilibrada entre progresso e meio ambiente.

Portanto, é necessária a conscientização dos gestores urbanos na elaboração de estratégias que dêem prioridade às ações preventivas no controle da degradação ambiental. Estas ações demandariam menores recursos financeiros tanto públicos como privados, tendo em vista que estes recursos em nosso país, são sempre escassos para atender as necessidades da sociedade.

O acesso à água já é um dos mais limitantes fatores para o desenvolvimento sócio-econômico de muitas regiões. De acordo com Dowbor (2003 p.44), “a sua ausência, ou contaminação, leva à redução dos espaços de vida e ocasiona, além de imensos custos humanos, uma perda global de produtividade social”.

A utilização planejada do reúso da água tem aumentado nas últimas décadas, principalmente nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento, como resposta à crescente escassez dos recursos hídricos disponíveis. O uso de esgotos tratados e não tratados, em conservação paisagística e na agricultura, é comum nos Emirados Árabes Unidos, no Omã,

em Baharein, no Egito, no Iêmen, na Jordânia, na Síria e na Tunísia (MANCUSO e SANTOS, 2003). Cidades e regiões metropolitanas têm recorrido ao aproveitamento da água de reúso, obtida a partir da utilização dos efluentes das estações de tratamento de esgoto, complementando as demandas para fins urbanos, industriais e atendimento do setor de serviços.

Além de preservar a água potável para atendimento das necessidades da população urbana e usos industriais mais nobres, o reúso permite uma maior otimização dos recursos hídricos disponíveis, ampliando a oferta de um produto cada vez mais escasso, notadamente em áreas como limitações de oferta de água.

Sendo assim, o uso de efluentes de ETEs em locais onde sejam admitidas águas de qualidade inferior, além de mitigar a poluição hídrica, surge como uma proposta de disponibilizar a mesma quantidade ao abastecimento potável, proporcionando aumento da oferta e otimizando o uso dos recursos hídricos.

Mancuso (1992) comenta que especialistas em planejamento ambiental apontam o aproveitamento de subprodutos da atividade humana como uma das melhores alternativas ao controle da poluição devido ao fato de que ao reusar estes subprodutos diminui-se a pressão sobre o meio ambiente no sentido da captação e disposição final destes.

Andreoli (1999), ao realizar um estudo sobre os limites ao desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba impostos pela escassez de água, conclui que a disponibilidade hídrica desta região é restrita. Através deste estudo, realizou-se a projeção da população e da degradação para vários cenários e concluiu-se que, se não considerarmos programas que visem a manutenção dos mananciais, toda a potencialidade das bacias disponíveis na região será esgotada entre 2030 e 2035 para o crescimento máximo e entre 2035 e 2040 considerando o crescimento mínimo.

Desta maneira, o reúso da água contribuiria para o ideal de desenvolvimento sustentável, garantindo assim, o atendimento “às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” (CHRISTOFOLETTI, 2002).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo geral o uso não potável de efluentes de ETES, tratando esgotos sanitários, visando a sua aplicação urbana no Município de Campo Largo – PR, como uma alternativa de substituição de fontes e reciclagem de água de abastecimento.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- I) Verificar a oferta de águas de abastecimento, produção de efluentes tratados e a possibilidade do uso deste efluente na cidade de Campo Largo;
- II) Verificar a possibilidade de uso de efluente tratado na Indústria Cerâmica do Município.
- III) Descrever os requisitos qualitativos necessários à utilização de efluentes tratados nos diversos setores da cidade e indústria;
- IV) Analisar a inserção do uso de efluentes no setor de saneamento básico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Água no Mundo

A avaliação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, de 2001, identifica oitenta países, que concentram quarenta por cento da população mundial, com sérias dificuldades para manter a disponibilidade de água. Atualmente, 1,3 bilhão de pessoas não tem acesso a água potável e 2,4 bilhões não são servidas por saneamento básico. São 120 milhões de metros cúbicos de água contaminada em todo o planeta, com perspectivas mais sombrias; até 2025, serão 180 milhões de metros cúbicos de águas poluídas (GAZETA MERCANTIL, 2004). Estes são dados preocupantes, pois se sabe que o abastecimento de água potável às populações, em quantidade e qualidade adequadas, é um indicador básico da sua qualidade de vida.

De acordo com Macêdo (2001), o desenvolvimento urbano desordenado trouxe crise de qualidade de água e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. A abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável.

Segundo Boscardin Borghetti (2004), do total do volume de água doce (34,6 milhões de quilômetros cúbicos) do planeta, somente cerca de 10,5 milhões de quilômetros cúbicos podem ser utilizados para a vida vegetal e animal nas terras emersas, pois 24,1 milhões de quilômetros cúbicos encontram-se nas calotas polares, geleiras e solos gelados. Destes 10,5 milhões, aproximadamente 98,7% correspondem à água subterrânea, e apenas 0,9% corresponde ao volume de água doce superficial, diretamente disponível para a demanda humana.

A água é vital para a sobrevivência dos seres vivos, tendo diversas utilidades para o homem, como o uso doméstico, irrigação na agricultura, uso na indústria, pesca, geração de energia elétrica, turismo. Muitos cursos d'água são, também, importantes recursos viários, funcionando como fator de desenvolvimento econômico regional. A irrigação de plantações pode ajudar de modo decisivo no desenvolvimento de regiões naturalmente áridas, como é o caso do Nordeste Brasileiro.

A demanda de água no mundo cresceu trinta e cinco vezes ao longo dos últimos três séculos. Houve um grande aumento do uso de água em indústrias, bem como, para fins sanitários em setores municipais. Em decorrência do aumento da população humana, existe

uma necessidade crescente para a agricultura e para a criação de animais consumidos pelo homem. Além disto, esta demanda está diretamente relacionada à contínua poluição do solo e da água devida à contaminação do meio ambiente.

Segundo Mancuso e Santos (2003), o Brasil possui, em seu território 8% de toda a reserva de água doce do mundo. De acordo com Boscardim Borghetti (2004), possuímos a mais extensa rede hidrográfica do planeta, com 55.457 km² de rios, equivalente a 1,66% da superfície da terra, com uma vazão média anual em território brasileiro da ordem de 160.000 m³/s, de acordo com o MMA (2003). A região amazônica é responsável por cerca de 80% do volume total desta água, ficando os 20% restantes distribuídos pelo resto da superfície do território brasileiro, e é nestas áreas que se concentram, aproximadamente, 95% dos habitantes do país.

Assim, apesar do grande potencial hídrico, o direito à utilização da água acaba gerando alguns conflitos em várias regiões brasileiras. A decisão do destino a ser dado à água disponível está sempre condicionada a aspectos sociais, econômicos e ambientais de cada um dos possíveis usos.

2.1.1 O Fenômeno da Urbanização e o Saneamento.

Historicamente, a água foi uma componente primordial para o desenvolvimento humano, já que o processo de colonização de grande parte do globo foi se desenvolvendo às margens dos cursos de água.

Segundo Benévolo (1983), tanto as cidades da Mesopotâmia (localizadas na bacia aluvial dos rios Tigre e Eufrates), como as cidades do Egito (localizadas às margens do Rio Nilo), eram delimitadas por rios e canais construídos permitindo, assim, o transporte de produtos e matérias primas. Isso se aplica também às cidades da civilização greco-romana, na bacia do Mediterrâneo e às civilizações do Extremo Oriente, localizadas próximas aos rios do Himalaia.

Durante muito tempo, os pensadores gregos que se interessaram pela cidade faziam-no unicamente na perspectiva da filosofia política e moral. Somente no século IV, com Platão e Aristóteles que se começa uma verdadeira reflexão urbanística. Platão desenvolve muitos princípios, como por exemplo, a escolha do local, onde se deveriam considerar fatores econômicos e psicológicos e estabelecia o número ideal de habitantes algo em torno

de 5040. Preconizava, também, a criação de uma acrópole, onde seriam instalados os principais santuários e as habitações dos guerreiros (MUNFORD, 1988).

Com Aristóteles, inicia-se a preocupação com o saneamento. Aconselhava a escolha de locais não somente salubres, mas que permitissem um abastecimento fácil, devendo a cidade tirar partido tanto do mar quanto do campo. Em todo lugar onde a água natural não fosse abundante, sua recomendação era a separação da água potável daquela que serviria ao uso comum.

Surgem, no final do século VII, também na Grécia, as primeiras tentativas de planejamento e realização de melhoramentos nas cidades. Esses trabalhos são realizados sob as ordens de tiranos que se apoderaram de diversas cidades. Contestados pela aristocracia, mas sustentados pela parte modesta da população, estes regimes tiranos praticam uma política de urbanismo ativa como objetivo de melhorar as condições de existência da cidade. Preocupam-se, principalmente em assegurar aos habitantes um bom suprimento de água como por exemplo a fonte Pirene, em Coríntio, o abastecimento de água de Samos e a criação de um sistema de esgotos no setor da ágora, em Atenas (HAROUEL, 2001). As aduções de água constituem uma das principais preocupações do urbanismo grego.

No urbanismo romano, é nos dois primeiros séculos de nossa era que as cidades romanas atingem seu apogeu. Isto acontece não só em Roma, mas nas cidades provincianas que não ultrapassam algumas dezenas de milhares de habitantes. Estas cidades possuíam agora traçados ortogonais, mostrando, assim uma preocupação não mais religiosa, mas prática.

Em relação à salubridade, salienta-se, neste período, o Tratado de urbanismo de Vitruvius, intitulado “The Architectura”, onde a preocupação maior era com a água, o vento e com a localização dos edifícios públicos e as casas.

De acordo com Granziera (2003), os romanos já classificavam as águas em comuns, públicas e particulares. As águas comuns pertenciam a todos, sendo insuscetíveis de apropriação pelo Estado ou por particulares. Seriam as águas de barrancos, pluviais e correntes, sendo permitida a utilização para fins domésticos como beber e lavar. As públicas, como os rios, lagos e canais, eram destinadas pelo Estado ao uso público, mediante a observação de regulamentos. Já as particulares eram suscetíveis de apropriação individual e consistiam nas fontes, nascentes e águas subterrâneas existentes em terrenos particulares

Segundo Macêdo (2001), as cidades européias da Idade Média, também se localizavam junto às águas. É o caso de Londres, junto ao Tâmis; Nuremberg, na Alemanha, junto ao Rio Pegnitz; Paris, junto ao Sena; Viena cortada pelo Danúbio e Veneza, localizada em plena laguna, formada por vários canais que convergem e desembocam no mar aberto. O período medieval corresponde na Europa a um grande crescimento urbano durante o qual se forma a maioria das aglomerações modernas, enquanto que no Renascimento as novas formações urbanas são menos numerosas. Mas, diferem profundamente em suas concepções. A Idade Média focaliza-se na solução de problemas concretos, o que não exclui, entretanto, admiráveis êxitos estéticos.

A cidade medieval apresenta, num primeiro momento, uma total ruptura com os quadriculados romanos. Seu crescimento efetuou-se de maneira linear, ao longo de uma estrada ou rio, ou, então, atraído por um núcleo urbano ou por um edifício imponente, como um castelo, monastério ou igreja, originando, assim, uma aglomeração circular. No século XIII, retorna-se aos planos ortogonais. A cidade deveria estar sempre em condições de garantir sua segurança através de muralhas, poços, cisternas, fontes internas, tudo construído dentro dos muros, não em razão de incapacidade técnica mas porque uma água distante transportada por um aqueduto poderia ser facilmente cortada ou envenenada pelo inimigo. Isso explica a perda de hábitos de higiene medievais nas metrópoles em desenvolvimento e a verdadeira carência de água que veio juntar-se a outras graves misérias das novas cidades industriais do século XIX (MUMFORD, 1998, p.322).

Encontram-se, também dentro das muralhas granjas, jardins, rebanhos, constituindo-se em um grave problema de insalubridade. Além de não possuírem esgotos, o escoamento dos efluentes fazia-se através de valas no meio das ruas.

De acordo com Mumford (1998, p. 317):

O que se deve notar, quando se tem de julgar a cidade medieval, é que a salubridade rude não é necessariamente má salubridade, pois uma casa de fazenda medieval, onde as pilhas comuns de esterco eram a única privada doméstica, não constituía uma ameaça tão grande à saúde de seus habitantes quanto a progressista cidade anterior a Pasteur, de século XIX, abençoada com requintadas privadas em toda a moradia de classe média e amaldiçoada por um suprimento de água potável tirada do mesmo rio no qual o esgoto da cidade acima era esvaziado.

Este trecho mostra já a preocupação com o despejo de efluentes em rios e a contaminação da água potável nas cidades a jusante, degradando a qualidade das águas.

No Renascimento, sob influência da Itália, procura-se um modelo de cidade ideal definindo uma estética urbana de valor universal. Seu mais importante teórico foi Alberti, preocupado com a estética urbana, e que, segundo ele, a cidade não deveria ser somente cômoda, mas também belas. Pensa as ruas principais como ampas e retas com edifícios da mesma altura em ambos os lados. Já as secundárias com curvas e com novas formas de edifícios (GOITIA, 1982). Inicia-se a valorização do verde e um planejamento radiocêntrico, em forma de estrela, as muralhas tornam-se baixas e largas.

Nos últimos anos do século XVI, a destinação dos dejetos humanos continua como na época medieval, com os esgotos sendo despejados em valas a céu aberto, mas a união das casas a este esgoto deveria ser feita através de condutos enterrados.

O urbanismo dos séculos XVII e XVIII corresponde ao apogeu do urbanismo clássico. Caracterizou-se por inúmeras preocupações de ordem prática, com limitações de crescimento através de leis, principalmente para a cidade de Paris, que contava com aproximadamente quinhentos mil habitantes. Baseava-se numa análise dos perigos do gigantismo urbano, evocando as dificuldades de abastecimento e o aumento do preço das mercadorias, a dificuldade em se assegurar a ordem pública e o bom funcionamento da administração, a preocupação com o destino dos dejetos humanos, o distanciamento entre bairros que impediria as facilidades de comunicação na cidade, a necessidade de manter um cinturão cultivável.

Encontra-se, desde aquela época, uma preocupação com o processo de devastação da cidade moderna. As exigências com a salubridade são preocupações características do século XVIII, como por exemplo, a circulação do ar, a criação de jardins públicos e passeios, a pavimentação de ruas, a criação do sistema de esgotos parisiense, suprimindo as sarjetas que ocupavam o meio das ruas, e a transferência dos cemitérios insalubres para fora das aglomerações urbanas. O abastecimento de água das cidades da França é uma preocupação crescente. Aduções de água e reservatórios se multiplicam nas cidades de província. Um sistema de bombas a vapor é introduzido pelos irmãos Perrier, para o transporte da água, imitando o exemplo de Londres. As muralhas começam a ser demolidas, terminando o isolamento da cidade separada por séculos de seu meio natural.

Nos séculos XIX e XX inicia-se o grande aumento da população urbana, conseqüência do progresso científico e técnico. A Europa Ocidental desencadeia este processo, sendo, em seguida ultrapassada pelos Estados Unidos. Nos países onde ocorre o

progresso técnico, o aumento de produtividade do trabalho acarreta um aumento da produção global, possibilitando o crescimento demográfico. Inúmeras cidades novas surgem, muitas para servir de capitais. Como no passado, as cidades são fundadas objetivando a valorização agrícola de um território: numerosos burgos da Argélia, colônias agrícolas da Palestina e Israel, cidades italianas ligadas à secagem dos pântanos e burgos holandeses. Também numerosas são as aglomerações nascidas do progresso industrial e da extração mineral, como São Francisco, Denver nos Estados Unidos e Johannesburgo na África do Sul. Cidades nascidas do petróleo, com crescimento fulgurante, como Oklahoma City, e cidades ligadas às vias de comunicação marítima ou terrestre como os portos de Singapura e Melbourne. As estradas de ferro tiveram, também, um papel essencial no surgimento de cidades, como por exemplo, Chicago, Seattle, Winnipeg e Vancouver. Criaram-se ainda cidades de turismo como Deauville, Paris-Plage e Le Touquet no século XIX, Miami e Palm Beach no século XX.

A partir do final do século XIX, visando frear o crescimento considerado excessivo, algumas grandes cidades recorrem a cidades-satélites. Em relação ao saneamento, a rede de esgoto em Paris, que contava no século XVIII com apenas 28 quilômetros, aumenta para aproximadamente 1000 quilômetros a sua rede, um século mais tarde. O acesso se faz por 16 mil pontos e, as águas pluviais são ali coletadas através de 11500 aberturas nas bordas das calçadas. Surge a iluminação pública e privada a gás, estações, ônibus e bondes, aeroportos, auto-estradas urbanas. A cidade torna-se um organismo vivo e cada vez mais complexo.

Em Paris, surge a figura de Haussmann, que apoiado por Napoleão III, tem por objetivo fazer desaparecer a imagem da cidade antiga, velha e insalubre. As grandes vias de Haussmann impõem a toda Paris a imagem de uma capital moderna (GOITIA, 1982).

Nas últimas décadas do século XX, acontece um crescimento desenfreado. As metrópoles da Europa Ocidental e da América do Norte mesmo apresentando os inconvenientes inerentes a sua enormidade, são, por outro lado, o local de um alto nível de vida. Naquele século, o espaço humano passou a ser entendido como espaço urbano (MARCONDES, 1999, p.25).

Já no século XXI, quase todas as sociedades enfrentam a desanimadora perspectiva de crise urbana, consequência de um modelo obsoleto e irracional da ocupação do espaço. Esta urbanização rápida e a intensa concentração de indústrias, serviços e, portanto, de seres

humanos, segundo ACSELRAD (2001), tem transformado as cidades no oposto de sua razão de ser – um lugar para viver bem - nas palavras de Aristóteles.

2.1.2 Urbanização e Saneamento no Brasil

Na época do Império, os escravos eram encarregados de transportar água dos chafarizes públicos até as residências. Construídas de acordo com os costumes europeus da época, mesmo as casas mais sofisticadas eram construídas sem sanitários. Escravos carregavam potes cheios de excrementos humanos até os rios, onde eram lavados para serem utilizados novamente (SANEPAR, 2004).

Com a vinda da família real ao Brasil, em 1808, acontece um importante avanço nos serviços de saneamento. O Brasil foi um dos primeiros países no mundo a implantar redes de coleta para escoamento das águas de chuva, mas esta implantação ocorre somente no Rio de Janeiro, atendendo a área onde estava instalada a aristocracia. Entre 1830 e 1840, surgiram no Brasil as epidemias de febre tifóide e cólera. Realizavam-se, então, obras de saneamento básico para a eliminação destas epidemias, ao mesmo tempo em que se promovia o embelezamento paisagístico e eram implantadas as bases legais para um mercado imobiliário de corte capitalista (MARICATO, 2001). A população excluída desse processo era expulsa para os morros e franjas da cidade. Manaus, Belém, Porto Alegre, Curitiba, Santos Recife, São Paulo e especialmente o Rio de Janeiro são cidades que passaram por mudanças que conjugaram saneamento ambiental, embelezamento e segregação territorial neste período.

Após o fim da escravidão, em 1888, não havia mais pessoas que executassem os serviços de transporte de água e dejetos. Era, então, necessário encontrar novas soluções, o que impôs o desenvolvimento da tecnologia de saneamento básico no Brasil.

Em 1930, todas as capitais possuíam sistema de distribuição de água e coleta de esgotos. O Estado passa a investir decididamente em infra-estrutura para o desenvolvimento industrial. De acordo com Maricato (2001, p.16), o Brasil apresentou intenso processo de urbanização, especialmente na segunda metade do século XX. Em 1940, a população residente nas cidades era de 18,8 milhões de habitantes passando em 2000 para aproximadamente 138 milhões.

Em 1950, o processo de industrialização entra em uma nova etapa. O país passa a produzir bens duráveis e bens de produção. Com esta nova atitude, o centro das decisões

torna-se cada vez mais distante das necessidades internas do país. A dependência e controle pelo capital internacional fazem com que se amplie a inserção subalterna do país na divisão internacional do trabalho.

Com a rápida expansão industrial e das áreas urbanas, teve início o processo de poluição das águas, que se agravou no decorrer do tempo. A implantação de obras de saneamento para servir água potável à população, coletar e tratar o esgoto e a correta disposição dos resíduos sólidos, nunca acompanhou o ritmo de crescimento das áreas urbanas.

De 1940 a 1980, o PIB brasileiro cresce a índices superiores a 7% ao ano, um dos maiores do mundo no período, mas a riqueza gerada neste processo continua bastante concentrada. Para a maior parte da população que buscava moradia nas cidades, o mercado não se abriu, priorizando o acesso das classes média e alta. Surgem os conjuntos habitacionais populares, onde os governos municipais e estaduais não utilizaram os vazios urbanos existentes para a construção, fazendo com que estes conjuntos fossem construídos em áreas ambientalmente frágeis e que não possuíam uma infra-estrutura já consolidada. Assim, todos os novos moradores e contribuintes precisaram arcar com a nova infra-estrutura (MARICATO, 2000).

A recessão que se seguiu nas décadas de 80 e 90, quando as taxas de crescimento demográfico superaram as do crescimento do PIB, trouxe um forte aumento da concentração da pobreza urbana, da violência e de danos ambientais. Mas de todos os problemas decorrentes desse processo de urbanização, no qual uma grande parte da população está excluída da porção legal da cidade, o desenvolvimento da área de saneamento foi muito prejudicado. Nos anos 90, houve um recuo nos investimentos comprometendo, assim, os recursos hídricos e, conseqüentemente o quadro de saúde da população.

Em algumas cidades, como São Paulo e Curitiba, as regiões onde as ocupações mais crescem são as Áreas de Proteção dos Mananciais, ou seja, áreas produtoras de água potável onde a ocupação é proibida na lei mas não o é na prática da ocupação do território. A valorização da terra, segundo Rolnik (1997), é um elemento central para o entendimento da forma pela qual se apresenta a estrutura urbana atual. O processo que a autora descreve para o município de São Paulo pode ser estendido para os demais municípios brasileiros. As áreas mais próximas às regiões centrais são muito valorizadas pelo mercado imobiliário, o que torna inviável a sua apropriação pelos estratos sociais em piores condições econômicas. A

alternativa é, então, adquirir lotes em regiões cada vez mais afastadas, geralmente áreas de mananciais.

Sendo assim, a cidade se espalha sobre áreas que deveriam ser preservadas para garantir a própria sobrevivência da cidade, em um processo completamente insustentável.

Nas grandes e médias cidades os rios, riachos, lagos, mangues e praias tornam-se canais ou destino de esgotos domésticos. O esgotamento sanitário atinge 54% de todos os domicílios em todo o Brasil mas apenas 10% do esgoto coletado é tratado. O restante permanece na rede hídrica (MARICATO, 2002).

2.1.3 Águas e Cidades

A água é bioquimicamente vital, incorporando um significado social e um valor cultural profundos e internalizando fortes relações, tanto sócio-econômicas quanto físicas. Dificilmente pode-se imaginar qualquer forma de vida sem água. A produção socionatural da cidade baseia-se em alguma forma de água corrente (SWYNGEDOUW, apud ACSELRAD, 2001, p. 96).

As múltiplas temporalidades e entrelaçamento das águas (o ciclo hidrológico, as redes de canalizações e a distribuição) mostram a constante transformação e mobilização da água. As obras de abastecimento nas cidades trouxeram a água diretamente para o domínio social urbano, trazendo os diversos fluxos naturais e as características da água da natureza para o domínio da circulação de mercadorias e do poder cultural e social urbano.

Os mecanismos de privação e acesso a quantidades ilimitadas de água potável foram cimentados pelo próprio sistema de engenharia de águas e permanecem assim até os dias de hoje. Em muitas cidades, as elites, aglomerando-se ao redor dos reservatórios de água, tem acesso ilimitado à água, acrescentando às distinções culturais um aumento substancialmente maior na expectativa de vida, transformando também o acesso à água em um símbolo valorizado de capital cultural e poder. Jardins constantemente irrigados com água potável e fontes localizadas em lugares luxuosos revelam uma posição social.

Uma das conseqüências mais perversas desse mau uso é a exclusão hídrica. Hoje, segundo Castro e Scariot (2005), apenas metade da população das nações em desenvolvimento tem acesso seguro à água potável.

Enquanto isso, doenças e mortes relacionadas com a água lideram as causas de mortalidade infantil para a maior parte da população mundial. O descaso com este recurso natural vem se tornando, rapidamente, um problema de dimensões preocupantes. A luta social em torno da água resulta de processos políticos, econômicos e ecológicos profundamente excludentes e marginalizantes que governam a expansão das cidades.

De acordo com Odum (1988), “a cidade é um ecossistema e como tal, contém uma comunidade de organismos vivos, onde predomina o homem, um meio físico que vai se transformando, fruto da atividade interna, e um funcionamento à base de trocas de matéria, energia e informação”.

Embora as cidades não ocupem uma área muito grande da superfície terrestre - apenas de 1 a 5% do mundo inteiro, ainda segundo Odum (1988), elas alteram a natureza dos rios, campos naturais e cultivados, florestas, além da atmosfera e dos oceanos, devido aos extensos ambientes de entrada e saída que necessitam para sua existência.

Uma cidade sustentável seria aquela que, para uma mesma oferta de serviços, minimiza o consumo de energia e de outros recursos naturais, explorando ao máximo os fluxos locais satisfazendo o critério de conservação de estoques e de redução do volume de rejeitos (DELEAGE, 1995, apud ACSELRAD, 2001 p.38).

Seria uma representação da cidade como uma matriz composta por um vetor de consumo de espaço, energia e matérias-primas e um vetor de produção de rejeitos. Para se reduzir o impacto entrópico das práticas urbanas, poder-se-ia adotar tecnologias poupadoras de espaço, energia, e matéria e voltadas para a reciclagem de materiais.

Embora o ambiente de saída do ecossistema urbano seja geralmente menor que o de entrada, as cidades produzem, por exemplo, a chuva ácida e a poluição dos rios. Estas podem alcançar uma enorme extensão geográfica, tornando o ambiente urbano, segundo Franco (2001) em:

“um parasita dos ambientes rurais e florestados em virtude das formas atuais de administração, a qual não prevê, dentro da área urbana, nenhum tipo de produção de alimentos, nem purifica o ar ou recicla muito poucos materiais e água”.

De acordo com Mittlin e Satterthwaite (1996), apud Acselrad (2001, p.42), seria incorreto pensar a sustentabilidade urbana como um processo espacialmente circunscrito, que pressupõe a irrelevância dos fluxos materiais que ligam as cidades aos espaços não urbanos. Considerando-se a cidade como consumidora de recursos naturais e de espaço para

a deposição de rejeitos, pode-se afirmar que o desenvolvimento urbano sustentável e o desenvolvimento rural sustentável não podem ser separados.

Alguns autores poderão até mesmo negar a possibilidade de conceber cidades sustentáveis, considerando irrealista a pretensão de se restringir o raio de abrangência dos fluxos de matéria e energia requeridos pelo desenvolvimento urbano ao espaço circunscrito das cidades.

A Grande Paris possui cerca de 10 milhões de habitantes e o Rio Sena, no trecho que cruza a cidade, tem vazão média da ordem de 300 m³/s. Roma tem cerca de 6.5 milhões de habitantes e o rio Tibre, em seu trecho romano, cerca de 360 m³/s de vazão média. A cidade de Lyon tem cerca de 6 milhões de habitantes, e o rio Ródano, que recebe o rio Sena, 700 m³/s de vazão. A Região Metropolitana de São Paulo, em comparação, tem aproximadamente 16 milhões de habitantes e a bacia onde está situada, a do rio Tietê, apresenta uma vazão média de somente 90 m³/s (MARCONDES, 1999, p.60).

A abundância desses recursos não resultou em uma situação de equilíbrio com o meio natural. Pelo contrário, é bastante conhecida a situação crítica da poluição a que chegaram os rios Tâmesa e Reno (BRANCO, 1972, Cap. 5). Esta degradação da água em função da poluição afetou a sua oferta gerando graves problemas de desequilíbrio ambiental.

A situação das grandes cidades americanas é bastante distinta em função da diversidade biofísica de seu território. Nova York tem uma situação mais favorável em relação à poluição por estar situada em região estuarina, onde os movimentos da maré asseguram dinamismo às águas. No entanto, esta cidade importa água de reservatórios distantes devido à contaminação dos poços locais, que comprometem o abastecimento da área metropolitana.

Segundo Spirn (1995), a disputa sobre o direito das águas foi um dos conflitos mais violentos do oeste americano. E cidades distanciadas por um terço do continente, como Los Angeles e Denver, disputam o uso da mesma água.

Outra questão no continente americano que o coloca diante da iminência de uma grave crise refere-se aos elevados padrões médios de consumo de água das cidades americanas, em torno de 640 litros por dia, enquanto, por exemplo, o da Região Metropolitana de São Paulo, é da ordem de 200 litros por dia (MARCONDES, 1999).

A recomendação da Agenda 21 (AGENDA 21), é que a meta de fornecimento seja de 40 litros de água tratada por dia, por pessoa, até o ano de 2005. Esses dados evidenciam que

existe uma apropriação extremamente desigual dos recursos naturais, assim como a insustentabilidade dos padrões atuais de apropriação de recursos ambientais em algumas regiões.

2.2 A Infra-estrutura Sanitária

O ser humano tem demonstrado não se preocupar com a necessidade de condicionar os resíduos refugados pelo organismo e pela própria comunidade. Lança-os em rios, córregos para serem transportados para longe e que as águas realizem a autodepuração.

De acordo com Mota (1999), o aumento da população e a ampliação das cidades deveriam ser sempre acompanhados do crescimento de toda a infra-estrutura urbana. O planejamento deve ser feito com o objetivo de disciplinar o uso-ocupação e não criar empecilhos ao desenvolvimento.

Com a urbanização descontrolada, o aumento da população, e, conseqüentemente o aumento do volume da carga orgânica lançada nos corpos de água, estes se tornaram incapazes de se autodepurarem. Este comportamento causou a contaminação das águas pelos resíduos humanos, tornando a água dos nossos rios cada vez mais impuras e inadequadas ao consumo.

Segundo Jordão e Pessoa (1995), apud Ávila (2005), o agravamento das condições de poluição, somado ao instinto de autoconservação, levou as comunidades a estabelecerem sistemas de defesa como por exemplo os sistemas de abastecimento de água, os sistemas de esgotos sanitários e sistemas de drenagem e limpeza urbana. A percepção de que a maior parte das doenças é transmitida, principalmente, através do contato com a água poluída e esgoto não tratado levou os especialistas a procurar soluções integrando várias áreas da administração pública. Nascia, assim a idéia de saneamento, isto é, o ato de tornar o espaço saudável, habitável e higiênico.

Desse modo, estes sistemas de defesa podem ser definidos como saneamento, que de acordo com Aisse (2002), seria um conjunto de ações que visam controlar doenças, transmissíveis ou não, além de propiciar conforto e bem estar, vinculado diretamente às condições de saúde e vida da população, caracterizando-se como um direito do cidadão.

Segundo Garcias et al. (2003), os sistemas de esgoto sanitários têm como objetivo principal preservar os recursos hídricos e proteger a saúde da população, além do

atendimento ao conforto do homem. Estes serviços não podem ser incompletos, pois além da rede coletora é imprescindível uma estação de tratamento, pois sua eficiência seria praticamente nula, colocando em risco a qualidade dos recursos hídricos.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), apud Barros et al. (1995), o saneamento seria o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem estar físico, mental e social.

2.2.1 Abastecimento de Água

Os sistemas de abastecimento de água para fins de consumo humano são constituídos de instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável a uma comunidade.

A água potável, isto é, aquela com qualidade adequada ao consumo humano, deve estar de acordo com padrões estabelecidos por Portaria do Ministério da Saúde, que aprova normas e o Padrão de Potabilidade da água destinada ao consumo humano (BRAGA et al., 2002). Atualmente, esta portaria é conhecida como Portaria número 518, de 25 de março de 2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

De maneira geral, os sistemas de abastecimento de água são constituídos por diversas unidades como mananciais, captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição e em alguns casos estações elevatórias ou de recalque.

Sob o ponto de vista das instalações, a captação é a primeira etapa de um sistema de abastecimento. Destinada a recolher a água, seja ela proveniente da chuva, de rios, de lagos, de fontes ou do subsolo, seu objetivo é dar condições para que a água seja retirada do manancial em quantidade e qualidade capazes de atender ao consumo, consistindo num conjunto de equipamentos e instalações (BARROS et al., 1995, p.76).

A adução destina-se a conduzir a água desde a captação até a comunidade abastecida. Constitui-se de tubulações, geralmente sem derivações, ligam a captação ao tratamento ou o tratamento à rede de distribuição. A adução pode ser por gravidade, por recalque ou mista, devendo-se priorizar a adução por gravidade para se evitar consumo de energia.

Já o tratamento visa eliminar impurezas e corrigir impropriedades que tornam a água inadequada aos fins a que se destinam. Deverá ser efetuado quando for efetivamente comprovada a sua necessidade, sempre que a purificação for indispensável, podendo ser feito para atender a finalidades higiênicas, estéticas e econômicas. Para tal contam com processos

de purificação como clarificação, desinfecção, fluoretação, controle de corrosão e desinfecção (BARROS et al., 1995, p. 87). A clarificação inclui a coagulação, floculação, sedimentação e filtração. A desinfecção é efetuada na saída da Estação de Tratamento, por agentes químicos pela aplicação de cloro ou compostos de cloro, objetivando a destruição de organismos patogênicos.

O reservatório de distribuição tem como objetivo o acúmulo da água com propósitos de atender as variações de consumo nas horas em que este for maior, manter a pressão mínima ou constante na rede e atender às demandas de emergência, no caso de incêndio, ruptura da rede e outros imprevistos.

A distribuição constitui a etapa final de um abastecimento de água, destinando-se a conduzir a água do reservatório ou da adutora para os diversos pontos de consumo. Em alguns casos é preciso acrescentar ao sistema as Estações Elevatórias ou de recalque, que consistem em instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, e também para aumentar a vazão de linhas adutoras.

2.2.2 Tratamento de Esgotos

Deve-se ressaltar que nesta pesquisa o principal alvo de estudo das águas residuárias não será o esgoto bruto, e sim o esgoto tratado, pois este é o insumo do reúso. Desse modo, deve-se levar em consideração as diferentes formas de tratamento deste esgoto.

Nas ETEs, a maioria dos componentes poluidores são separados da água antes de retornarem ao meio ambiente. O esgoto bruto que chega às Estações passa por diversas etapas de tratamento, que acontece em duas fases, a sólida e a líquida.

Os processos de tratamento podem ser classificados em função dos meios empregados na remoção ou transformação das características dos esgotos. São eles:

- Remoção de sólidos grosseiros em suspensão (crivos, grades e desintegradores).
- Remoção de sólidos grosseiros sedimentáveis (caixa de areia e centrifugadores).
- Remoção de óleos, graxas e substâncias flutuantes análogas (tanques de retenção de gorduras, tanques de flotação, decantadores com removedores de espuma).

- Remoção de substâncias orgânicas dissolvidas, semidissolvidas e finamente divididas (irrigação de grandes superfícies, campos de nitrificação com ou sem finalidade agrícola, filtros biológicos, lagoas de estabilização, tanques de lodo ativados, tanques sépticos e valos de oxidação).
- Remoção de odores e controle de doenças transmissíveis (cloração, reagentes químicos e instalações biológicas).

E podem ser classificados também em função do grau de redução dos sólidos em suspensão e da demanda bioquímica de oxigênio proveniente da eficiência de uma ou mais unidades de tratamento (BRAGA et al., 2002).

- Tratamento Preliminar (remoção de sólidos grosseiros, de gorduras e areias).
- Tratamento primário - físico (decantação, flotação, digestão do lodo, secagem do lodo e sistemas compactos de decantação e digestão)
- Tratamento secundário - biológico (filtração biológica, processo de lodos ativados, decantação intermediária ou final e lagoas de estabilização).
- Tratamento terciário - avançado (remoção de nutrientes e de complexos orgânicos).

O grau necessário a ser alcançado num determinado tratamento de esgotos vai depender do uso preponderante das águas receptoras a jusante do ponto de lançamento destes esgotos; da capacidade de assimilação do líquido tratado por diluição e auto depuração do corpo receptor; e dos usos específicos do efluente tratado, como por exemplo reúso agrícola, industrial, recarga de aquíferos ou urbanos.

A seguir serão apresentadas as tecnologias utilizadas na ETE Cambuí:

2.2.2.1 RALF

A denominação de alguns tipos de reatores no Brasil, notadamente os de manta de lodo é bastante confusa. Segundo Chernicharo (1997), esses reatores que tiveram sua origem na Holanda, na década de setenta, foram denominados de reatores UASB (Upflow Anaerobic

Sludge Blanket Reactors). Traduzindo, seriam os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo.

Segundo Haandel e Lettinga (1994), no Estado do Paraná, a Sanepar construiu vários sistemas de fluxo ascendente, mas sem o dispositivo de separação de fases ou então, com uma zona de sedimentação de volume insignificante. Omitiu-se o separador de fases para reduzir os custos de construção. Sendo este separador um dispositivo fundamental para este reator, considera-se separadamente o reator paranaense denominando-o de RALF (Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado), conforme nome dado pelos seus criadores.

O RALF é uma unidade compacta. Para implantá-lo ocupa-se apenas 2% da área que seria necessária para a utilização de uma lagoa facultativa, ou 20% da área de um tratamento aeróbio. Não necessita de nenhum tipo de energia complementar, gerando uma quantidade de biogás (gás metano), que pode ser utilizado para fins energéticos. Sua eficiência em termos de remoção de DQO está entre 70 e 80% e de DBO entre 75 e 85% (AISSE, 2002).

Consiste em um processo biológico de tratamento de esgotos, cuja essência reside na capacidade dos microorganismos envolvidos utilizarem os compostos orgânicos biodegradáveis, transformando-os em subprodutos que podem ser removidos do sistema de tratamento. Estes sub-produtos podem se apresentar na forma sólida (lodo biológico), líquida (água) ou gasosa (gás carbônico, metano etc).

2.2.2.2 Flotação por Ar Dissolvido

A flotação por ar dissolvido consiste em um sistema complementar para a melhoria da qualidade do efluente final de uma estação de tratamento. Remove sólidos em suspensão e, quando em combinação com agentes coagulantes, pode também remover nutrientes, principalmente o fósforo, e parcela da matéria orgânica dissolvida. Proporciona a redução dos teores de gases odoríferos, além de elevar o nível de oxigênio dissolvido, resultando num efluente de melhor qualidade.

Consiste num processo utilizado para separar partículas suspensas ou materiais graxos ou oleosos de uma fase líquida. Esta separação é produzida pela combinação de bolhas de gás, geralmente o ar, com a partícula, resultando num agregado, cuja densidade é menor que a do líquido e, portanto subindo à superfície do mesmo, podendo ser coletada em uma operação de raspagem superficial (AISSE et al., 2001).

No sistema de flotação por ar dissolvido, o ar é dissolvido no esgoto sob pressão de algumas atmosferas, seguido pela liberação à pressão atmosférica.

2.2.2.3 Desinfecção com dióxido de cloro

As Estações de Tratamento de Esgoto não são eficientes na remoção de coliformes, que são indicadores de microorganismos de veiculação hídrica. Os reatores Ralf e os pós-tratamentos destes reatores, geralmente aeróbios, pouco acrescentam na redução destes coliformes.

O cloro em contato com as bactérias presentes no esgoto sanitário induz a uma série de eventos associados à atividade da membrana celular, como alteração da permeabilidade, modificando os ácidos nucleicos, causando mutações. A inativação dos vírus ocorre por modificações nos ácidos nucleicos e na envoltória protéica. O cloro apresenta alto poder oxidante, reagindo com vários compostos presentes nos esgotos.

A desinfecção de efluentes sanitários com dióxido de cloro tem sido utilizada pelo fato do dióxido possuir uma capacidade de oxidação superior a do cloro, não reagir com a amônia e seus compostos, nem produzir orgânicos de cloro com os contaminantes que mais freqüentemente se encontram nas águas (AISSE et al., 2004). Trata-se de um oxidante químico com amplas aplicações na desinfecção de água de abastecimento e também residuárias, com propriedades bactericidas, esporicidas e virulicidas, podendo ser utilizado no controle da cor e do odor e na oxidação de compostos inorgânicos como o ferro e o manganês, que diminuem a qualidade da água (AISSE et al., 2003).

O dióxido de cloro é uma molécula neutra na qual o cloro está em estado de oxidação +4. Deve ser preparado no local de uso, porque reage rigorosamente com agentes redutores, quando em altas concentrações.

2.3 O reúso da água e o desenvolvimento sustentável

A escassez de água, a contaminação dos mananciais e as enchentes representam as maiores ameaças à saúde e à segurança, em virtude da maneira como são estabelecidos os processos de apropriação dos recursos ambientais, em especial os oriundos das formas de urbanização inadequadas vigentes.

Segundo Dowbor (2005), a maior parte do consumo de água vai para a agricultura, empregando 85% da água, enquanto que a indústria utiliza 10% e o uso doméstico atinge

5%. O problema essencial é que a água que utilizamos recolhe os defensivos químicos da agricultura, os resíduos industriais e os esgotos domésticos e mistura-se às reservas existentes, gerando um efeito multiplicador de poluição de uma massa de água muito superior ao volume que é consumido.

No caso de um esgoto doméstico médio, a DBO é da ordem de 200 a 300 mg/L, enquanto que a DBO de lagos e rios possui 9 mg de oxigênio /L de água, o que significa que para cada litro de esgoto com 200 mg de DBO consumirá todo o oxigênio de 22 L de água (BRANCO, 1972, cap.4, p.62). Isto significa que um rio com uma vazão de de 22 L/s e receber uma descarga de de esgotos de 1L/s, ficará totalmente sem oxigênio. Os efluentes industriais contêm mais de 3000 mg/L de DBO, afetando-se assim mil litros de água para cada litro utilizado. Certos poluentes químicos causam, evidentemente, danos incomparavelmente maiores e muitas vezes irreversíveis.

Acrescentando-se a isto, o desperdício de água potável causado por uso irresponsável, utilização incorreta ou por instalações deficientes, constatamos que no caso dos recursos hídricos, não se dispõe ainda de instrumentos institucionais compatíveis para a sua gestão.

Pelos desafios que apresenta, a questão da água pode se tornar um exemplo das formas mais modernas de gestão sistêmica para se conseguir um desenvolvimento sustentável, onde, principalmente, uma mudança do comportamento dos diversos atores sociais e da população em geral seria necessária. Esta mudança não se consegue somente com regulamentos e leis, mas sim com uma melhor compreensão da sociedade e de seus problemas estruturais, orientando os valores para a redução do desperdício, para a preservação ambiental e outras atitudes essenciais para a nossa sobrevivência.

Segundo Sachs (1993, p 18):

“Em vez de se modernizar a qualquer preço, a sociedade deve se mobilizar em defesa de estilos de vida que não pressionem em excesso o estoque de recursos naturais escassos. As estratégias para a utilização do solo e da água devem evitar a sua exploração excessiva.(...).Os padrões de urbanização que não conseguem atenuar significativamente as tensões ambientais das megacidades devem dar lugar a padrões de desenvolvimento urbanos descentralizados e regionalmente equilibrados”.

A escassez seria, então, o resultado do consumo cada vez maior, do mau uso dos recursos naturais, do desmatamento, da poluição, do desperdício, da falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável do território urbano, da pouca participação da sociedade e a falta de uma educação ambiental mais eficiente.

Em 1971, a ONU organizou um seminário na cidade de Founex, na Suíça, para a preparação, em 1972, da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo (ONU,2006) Nestes encontros nascia o conceito de ecodesenvolvimento, que posteriormente passou a ser chamado de desenvolvimento sustentável e que atualmente poderia ser chamado, segundo Sachs (2005), de desenvolvimento socialmente incluyente, ambientalmente sustentável e economicamente sustentado.

Este tipo de desenvolvimento, segundo Sachs, consiste num jogo de harmonização da ação sobre a demanda, ou seja, os estilos de vida e de consumo, visando a redução do consumismo desenfreado e do desperdício dos recursos por parte das minorias ricas, bem como a cobertura universal das necessidades básicas da maioria pobre, sendo esta a variável mais importante e a mais difícil de manejar. O padrão da oferta vai depender da escolha dos recursos naturais, das tecnologias empregadas e da localização das produções, que causam impactos ambientais diferentes de acordo com o local em que acontecem.

Para que isto venha a se tornar cada vez mais realidade, é preciso difundir atitudes subjacentes à recomendação do Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, que em 1958 declarou que “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem águas com qualidade inferior”. Sobre este assunto, Born (2005), apud Dowbor e Tagnin (2005), comenta:

“Tal recomendação deveria estimular práticas de uso mais eficiente e reúso de águas. Como por exemplo, o uso de efluentes tratados de esgotos em determinadas aplicações, sejam elas industriais, agrícolas, sejam domésticas (como em descargas de aparelhos sanitários; aliás, para que usar água com flúor e cloro para afastar fezes e urina nas privadas sanitárias?)”.

As palavras sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, cidade sustentável e outras surgiram nas últimas décadas para traduzir várias idéias e preocupações relativas aos rumos das sociedades humanas. Isto aconteceu devido à gravidade dos problemas que passaram a colocar em risco as condições de vida no planeta.

O conceito de desenvolvimento sustentável, segundo Borja e Castells, apud Compan (ACSELRAD, p.114), deve enfatizar o desenvolvimento como incremento da riqueza material, como aumento da qualidade de vida – de definição variável, segundo a cultura – e a reprodução das condições sociais, materiais e institucionais para seguir adiante com este

desenvolvimento. Portanto, a sustentabilidade não tem uma única dimensão ambiental, e sim inclui uma visão integral do desenvolvimento urbano.

Desta maneira, o desenvolvimento sustentável pode ser definido também, como o desejo de manter a realização de tais aspirações de desenvolvimento de maneira contínua, conciliando o desenvolvimento sócio-econômico com a preservação ambiental de maneira harmônica. Deve-se considerar as limitações ecológicas, através do equilíbrio entre os níveis de desenvolvimento e os estoques de recursos, entre tecnologia e ambiente, tendo em conta os diversos grupos sociais visando à equidade e justiça social.

Costanza (1991, p.85) apud Sachs (1993, p.24), define a sustentabilidade ecológica como:

“Um relacionamento entre sistemas econômicos dinâmicos e sistemas ecológicos maiores e também dinâmicos, embora de mudança mais lenta, em que a vida humana pode continuar indefinidamente; os indivíduos podem prosperar; a cultura humana pode desenvolver-se; mas em que os resultados das atividades humanas obedecem a limites para não destruir a diversidade, a complexidade e a função do sistema ecológico de apoio à vida”.

Desse modo, a sustentabilidade pode ser considerada um processo onde, ao mesmo tempo em que melhora as condições de vida de uma população respeita -se o limite da capacidade de carga dos ecossistemas.

Segundo Sachs (1993), deve-se levar em conta que o planejamento de um desenvolvimento orientado precisa ser pensado simultaneamente nas suas dimensões ecológica, econômica, social, espacial e cultural e não somente na preocupação com a produtividade e com os ecossistemas. É necessário assegurá-lo num amplo espectro de questões que vão além das ecológicas.

A sustentabilidade cultural prevê o respeito afirmação às especificidades de cada ecossistema existente, de cada cultura e de cada local, onde as mudanças ocorram num equilíbrio entre a tradição e a inovação, em um projeto integrado de acordo com as especificidades locais e uma visão planetária. Também os valores culturais norteiam as atitudes e comportamentos de um povo em relação ao seu meio ambiente.

Em nossa sociedade, de acordo com Ribeiro (1992, p. 84), existe um forte apelo ao consumismo e percebe-se a qualidade de vida como estando associada ao consumo de bens materiais. Isto se encontra na raiz da devastação da natureza e da pressão sobre os recursos naturais, utilizados como matérias primas, transformados em bens de consumo e depois descartados sem o mínimo cuidado.

A sustentabilidade econômica deve ser baseada num desenvolvimento econômico equilibrado, com uma diversificação das atividades produtivas. Seria uma sustentabilidade sustentada numa alocação e gestão mais eficiente de recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado, sendo importante a inexistência de disparidades inter-regionais, com um desenvolvimento baseado na igualdade e na evolução das políticas e das instituições internacionais de proteção do meio ambiente. Englobaria, também, o livre acesso à ciência e tecnologia, principalmente ambientais, que estivessem à disposição, gratuitamente, à todos aqueles que necessitassem.

Segundo VIEIRA (1992, p.23), deve existir uma harmonia entre a sociedade e a natureza, pressupondo o abandono do padrão arrogante de relacionamento com o meio ambiente biofísico instaurado pela modernidade à luz do reducionismo econômico. O autor sugere um aprendizado de um padrão alternativo, pautado na simbiose com a natureza, com o abandono da perspectiva economicista-predatória valorizando um tipo de sensibilidade ecológica com interesse numa produtividade sustentada dos ecossistemas.

A sustentabilidade social deve guiar-se pela busca da equidade na distribuição de bens e renda, objetivando reduzir a desigualdade entre padrões de vida e promover o acesso igual a recursos, serviços sociais e ao trabalho, como mencionado em Sachs (1993, p.25):

“O objetivo seria construir uma civilização do” ser “, em que exista maior equidade do” ter “e da renda, de modo a melhorar substancialmente os direitos e as condições de amplas massas de população e a reduzir a distância entre os padrões de vida de abastados e não abastados”.

A sustentabilidade ambiental diz respeito à preservação dos recursos naturais na produção de recursos renováveis e limitação na produção de recursos não renováveis, ao respeito à capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais e na redução do volume de resíduos e poluição, através da conservação de energia e da reciclagem

Seria, então, utilizar os recursos potenciais de cada ecossistema, com um mínimo de dano aos sistemas de sustentação da vida, para propósitos socialmente válidos.

Com relação a sustentabilidade espacial seria uma configuração rural e urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas. A dimensão espacial poderia estar contida dentro da dimensão social, pois a má

distribuição das pessoas e atividades humanas é, certamente, um dos elementos essenciais da crise sócio- ambiental.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi introduzido como um meio de corrigir a crença no desenvolvimento a qualquer preço, mesmo às custas do esgotamento dos recursos naturais, como a água, por exemplo. A este respeito Franco (2001), afirma que o desenvolvimento sustentável tem como finalidade a integração de preocupações ambientais às das políticas socioeconômicas, fazendo estas políticas responsáveis por seus impactos ambientais. Contabilizar tanto a degradação e a exaustão ambientais como o desempenho econômico é um primeiro passo no sentido desta integração.

Como resultado do tamanho de nossas populações, padrões de consumo e escolhas tecnológicas, a capacidade de suporte do planeta está em seu limite. Atualmente, a prosperidade global depende cada vez mais do uso eficiente dos recursos, da sua distribuição equitativa e da redução geral do nível de consumo.

Neste sentido, a AGENDA 21 propõe mudar, de forma significativa, as modalidades de consumo urbano. Tem o objetivo de integrar a proteção do meio ambiente ao incremento da economia, ao mesmo tempo em que se proporcione uma melhoria da qualidade de vida dos seres humanos mudando, de forma significativa, as modalidades de consumo urbano.

O documento estabelece uma relação de atividades sobre as quais se comece a atuar: fomento do uso ecologicamente racional e sustentável dos recursos naturais renováveis; fomento de maior eficiência no uso da energia dos recursos; redução ao mínimo da geração de dejetos; e fortalecimento dos valores que apoiem o consumo sustentável.

De acordo com o objetivo deste trabalho, os itens de maior destaque seriam o Capítulo 18, que trata da “Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos” –Aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos e o Capítulo 30 que se refere ao fortalecimento do papel da indústria e comércio.

No Capítulo 18, o item 18.3, menciona que:

“A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas ao limite da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. Tecnologias inovadoras, inclusive o aperfeiçoamento de tecnologias nativas, são necessárias para aproveitar plenamente os recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição”.

O item 18.3 adverte:

“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 integrado destes 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.(...) Os planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de águas subterrâneas ou de superfície e de outras fontes potenciais têm de contar com o apoio de medidas concomitantes de conservação e minimização do desperdício.(...)”.

Sobre a cobrança pelo uso da água, o item 18.8 diz o seguinte:

“O manejo integrado dos recursos hídricos baseia-se na percepção da água como parte integrante do ecossistema, um recurso natural e bem econômico e social cujas quantidades e qualidade determinam a natureza de sua utilização. (...) Ao desenvolver e usar os recursos hídricos, deve-se dar prioridade à satisfação das necessidades básicas e à proteção dos ecossistemas. No entanto, uma vez satisfeitas essas necessidades, os usuários da água devem pagar tarifas adequadas”.

O item 18.35 ressalta que:

(...) Há poucas regiões do mundo ainda livres dos problemas da perda de fontes potenciais de água doce, da degradação da qualidade da água e poluição das fontes de superfície e subterrâneas. Os problemas mais graves que afetam a qualidade da água de rios e lagos decorrem, em ordem variável de importância, segundo as diferentes situações, de esgotos domésticos tratados de forma inadequada, controle inadequado dos efluentes industriais, perda e destruição das bacias de captação, localização errônea das unidades industriais, desmatamento, agricultura migratória sem controle e práticas agrícolas deficientes (...).

Além destes itens citados, vários outros, como por exemplo o item 19.39, nos sub-itens a, b e c, item 18.47, 18.48 e 18.52, também destacam a importância e necessidade de criação de novas estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos, através de programas de conservação e reúso da água.

De acordo com o item 18.48, da AGENDA 21, a Declaração de Nova Delhi (1990), formalizou a necessidade de oferecer em base sustentável, acesso à água em quantidade suficiente e saneamento adequado para todos, enfatizando a abordagem de “algum para todos em vez de mais para alguns”.

Para Maxwell (2003), deve-se pensar no desenvolvimento de uma sociedade sustentável, em uma harmonia entre economia, meio ambiente, cultura, diversidade e política, para se criar uma sensação de conectividade na comunidade denominada de “woveness”. Este termo poderia ser traduzido como o oposto à exclusão social, com cidades

compostas de comunidades e vizinhanças sem muros ou barreiras de qualquer espécie, indústrias não competindo por investimentos, centros urbanos ocupados, seguros e produtivos, transporte público facilitado, criando, assim, um senso de responsabilidade compartilhada.

É importante dizer, ainda, que o desenvolvimento sustentável é uma busca. Não é possível afirmar que possa ser alcançado em pouco tempo, nem que se tenha um referencial preciso para avaliar o "grau" atingido por um país. É, pois, um conceito em construção, um processo multidimensional.

Desse modo, o reúso parte do princípio que nenhuma água de boa qualidade deva ser utilizada para usos que tolerem águas de qualidade inferior. Deve-se, sempre que possível, com o uso de tecnologias apropriadas, serem recuperadas e reusadas para fins diversos. Esta prática vem sendo considerada uma excelente alternativa para a obtenção de um desenvolvimento sustentável urbano.

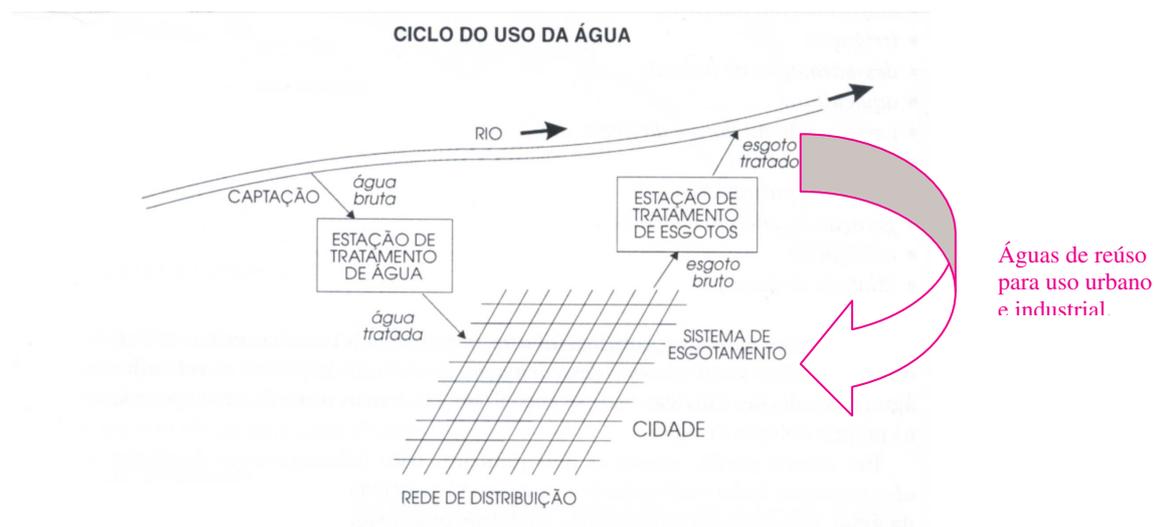
2.4 Usos da Água

Além de dar suporte à vida, a água pode ser utilizada para o transporte de pessoas e mercadorias, geração de energia, produção e processamento de alimentos, processos industriais diversos, recreação e paisagismo, além da assimilação de poluentes (MIERZWA e HESPANHOL, 2005). Mas é a água para o consumo humano que deve ser priorizada. Em média, cada pessoa necessita de 2,5 litros de água por dia para a satisfação de suas necessidades vitais.

Seria imprescindível reduzir a quantidade de água utilizada na irrigação e transferi-la para os setores doméstico, industrial e urbano. Também, a poluição das águas ocasionada pela interferência humana, como por exemplo o lançamento de efluentes industriais, a poluição devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura e também o lançamento ilegal de efluentes domésticos, aumentará e será necessário um aumento no estoque de água mundial em 41% para atender a necessidade de todos os setores ocasionada pelo aumento da população mundial.

Neste cenário, uma opção viável para aumentar o tradicional suprimento de água seria a sua reutilização e reciclagem. Seriam soluções para fechar o ciclo entre a disponibilidade de água e a disposição dos efluentes.

Figura 2.1 - Ciclo de utilização das águas



Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1996.

Segundo Boscardin Borghetti (2004), o volume evaporado dos oceanos é maior do que aquele que se precipita sobre os mesmos, havendo, assim, uma transferência permanente de água desses aos continentes. Essas águas seriam a massa líquida que flui em forma de chuva nos canais e riachos, ou em forma de neve, que abastece os ecossistemas, recarrega os aquíferos e glaciários e satisfaz as demandas hídricas da população.

Esta capacidade de renovação dos recursos hídricos durante este ciclo e sua agilidade de autopurificação permite a relativa conservação, por um período determinado de tempo da quantidade e qualidade das águas doces, tornando a vida possível, pois quando a chuva cai, ela o faz em forma de água doce. Esse fato fornece uma falsa ilusão de inalterabilidade e inexauribilidade destes recursos, provocando o descuido com o uso destes recursos.

Também a água evapora de outras partes da superfície terrestre, passando a formar parte de atmosfera, por onde circula, se condensa e precipita sobre os oceanos e continentes. Parte desta água precipitada pode ser interceptada pela vegetação, outra parte infiltra-se no subsolo (60 a 70%), e o restante constitui-se no escoamento superficial (30 a 40%) que retorna aos oceanos, onde evapora novamente, repetindo o processo continuamente.

Tundisi (2003) ressalta que não existe fórmula global e definitiva, como uma receita única para resolver o problema da escassez da água, seja ela em razão de desequilíbrios em seu ciclo ou como consequência de poluição excessiva. A solução estaria sim relacionada a ações locais e regionais diversificadas, que utilizam a cultura local sobre a água e o ciclo

hidrosocial, devendo-se fundamentar nos avanços tecnológicos necessários e nas ações políticas, gerenciais e de organização das instituições em nível de bacias hidrográficas, consórcios de municípios, bacias interestaduais e internacionais.

Do total do volume de água doce (34,6 milhões de km^3) do planeta, somente 30,2% (10,5 milhões de km^3) constituído de águas doce subterrâneas, rios, lagos, pântanos, umidade do solo e vapor na atmosfera, pode ser utilizado para a vida nas terras emersas, pois o restante encontra-se nas calotas polares, geleiras e solos gelados.

Dos 10,5 milhões de km^3 , aproximadamente 10,34 milhões de km^3 corresponde a parcela de águas subterrânea, e apenas 92,2 mil km^3 correspondem ao volume de água doce superficial (rios e lagos), que estão disponíveis para as demandas humanas. Mas, de acordo com esse volume não pode ser considerado exatamente como disponibilidade, pois se trata de um valor onde não se expressa a porcentagem da água que está circulando no ciclo hidrológico.

Na realidade, a disponibilidade depende do fluxo de água renovável, que é determinado pela diferença entre as precipitações e as evaporações médias anuais. Mais da metade desse fluxo chega aos oceanos antes que possa ser captado e um oitavo atinge áreas distantes e não povoadas para ser usada por seres humanos.

Segundo Shiklomanov (1997), a disponibilidade efetiva de água seria de 39.500 a 42.700 km^3 por ano, mas somente em torno de 9000 km^3 está acessível à população durante o ano devido a sua localização em áreas remotas ou está disponível em épocas de enchentes; enquanto que para Villiers (2002), a disponibilidade efetiva de água doce utilizável pela comunidade humana seria de 34.000 km^3 por ano.

Esta água disponível seria suficiente para suprir toda a população do planeta se fossem distribuídos de maneira uniforme, mas não é o que acontece. Existem lugares que não precisam de água e têm excesso, como, por exemplo, a Bacia Amazônica e lugares cuja disponibilidade é praticamente nula, como regiões da América do Sul (Arica, no Chile), no Saara, Austrália e África. Outras regiões apresentam escassez de chuvas durante parte do ano e abundância no resto e alguns países como os da Faixa do Sahel, na África, possuem parte do território desértico, mas são cortados por rios caudalosos, como o Nilo ou o Níger, apresentando parte do território com escassez e outra com água suficiente (BOSCARDIN BORGHETI, 2004).

Além das variações climáticas naturais, o número de habitantes (densidade demográfica) em uma determinada região e as suas atividades econômicas também influenciam na distribuição dos recursos hídricos de uma região. Sendo assim, um país não pode ser considerado mais rico em água que outro apenas por apresentar um potencial de recursos hídricos maior. A sua riqueza de água será determinada pela disponibilidade hídrica anual per capita, ou seja, quanto maior esta disponibilidade, mais rico será o país em termos de água, sendo que esta disponibilidade per capita depende principalmente da densidade populacional e da distribuição dos recursos por área.

O Brasil destaca-se por apresentar a maior disponibilidade hídrica renovável no planeta, porém aparece em vigésimo sexto lugar com relação à disponibilidade hídrica social (em m^3 / hab. / ano), decorrente da grande desigualdade na distribuição destes recursos no país, com 57% concentrados na região norte e parte do nordeste e centro-oeste onde a densidade populacional é muito baixa.

Na Tabela 2.1, encontram-se os países com maior recursos hídricos renováveis e disponibilidade hídrica social.

Tabela 2.1 - Ranking dos Países mais ricos em Recursos Hídricos Renováveis e em Disponibilidade Hídrica Social.

Posição	Países	Recursos Hídricos Renováveis (km ³ / ano)	Posição	Países	Disponibilidade Hídrica Social (m ³ / hab./ ano)
1	Brasil	8.233,00	1	Groenlândia	10.767.857
2	Rússia	4.507,30	2	Alasca	1.563.168
3	EUA	3.069,40	3	Guiana Francesa	812.121
4	Canadá	2.902,00	4	Islândia	609.319
5	China	2.896,57	5	Guiana	316.689
6	Indonésia	2.838,00	6	Suriname	292.566
7	Colômbia	2.132,00	7	Rep. Congo	275.679
8	Peru	1.913,00	8	Papua nova Guiné	166.563
9	Índia	1.907,80	9	Gabão	133.333
10	Rep. Dem.Congo	1.283,00	10	Ilhas Salomão	100.000
11	Venezuela	1.233,20	11	Canadá	94.353
12	Bangladesh	1.210,60	12	Nova Zelândia	86.554
13	Mianmá	1045,60	13	Noruega	85.478
14	Alasca	980,00	14	Belize	82.102
15	Chile	922,00	15	Libéria	79.643
16	Vietnã	891,20	16	Bolívia	74.743
17	Rep. Congo	832,00	17	Peru	74.546
18	Argentina	814,00	18	Laos	63.184
19	Papua Nova Guiné	801,00	19	Paraguai	61.135
20	Bolívia	622,50	20	Chile	60614
21	Groenlândia	603,00	21	Guiné Equatorial	56.893
22	Malásia	580,00	22	Costa do Marfim	55.058
23	Austrália	492,00	23	Panamá	51.814
24	Filipinas	479,00	24	Venezuela	51.021
25	Camboja	476,10	25	Colômbia	50.635
26	México	457,20	26	Brasil	48.314
27	Equador	432,00	27	Butão	45.564
28	Japão	430,00	28	Uruguai	41.654
29	Tailândia	409,90	29	Rep C.Africana	38.849
30	Noruega	382,00	30	Nicarágua	38.787

Fonte: FAO (2003).

As necessidades mínimas de consumo de água per capita para manter uma qualidade de vida adequada em regiões moderadamente desenvolvidas estão em valores próximos a 1.500 m³. Quando esta disponibilidade está abaixo deste valor diz-se que o país tem escassez de água.

Em 2000, 19 países já se encontravam sob o grau de disponibilidade hídrica social inferior crítico ou de escassez de água (< 500 m³/ hab/ano); 10 países sob o grau catastrófico (< 1000 m³/hab/ano); 24 países sob o grau crítico ou muito baixo (1.110 a 2.000 m³/ hab./ano) e 38 países sob o grau baixo, concentrando 4,1 bilhão de habitantes de nosso planeta. Apenas 19,2% da população está concentrada em regiões com disponibilidade hídrica social confortável (BOSCARDIM BORGHETI, 2004).

Esta disponibilidade tende a diminuir cada vez mais, demonstrando assim a necessidade de se rever o sistema de consumo e a solução do problema de disponibilidade em curto prazo. Serão necessárias a conscientização e a participação da sociedade na preservação dos recursos hídricos, associada ao controle do crescimento populacional, adotando assim medidas prioritárias para evitar a escassez de água nos próximos anos.

Tabela 2.2 - Disponibilidade Hídrica no Brasil

Estados	População hab.	Disponibilidade específica m ³ / ano.hab
Região Norte	12.911.170	285.591,97
Região Nordeste	47.782.488	4.880,26
Espírito Santo	3.097.498	8.016,34
Minas Gerais	17.905.134	9.172,50
Rio de Janeiro	14.392.106	1.772,27
São Paulo	37.035.456	2.906,11
Região Sudeste	72.430.194	4.448,44
Paraná	9.564.643	8.946,51
Rio Grande do Sul	10.187.842	19.426,78
Santa Catarina	5.357.864	14.737,50
Região Sul	25.110.349	14.737,50
Distrito Federal	2.051.146	1.013,29
Região Centro-Oeste	11.638.658	100.493,98
Brasil	169.872.859	33.994,73

Fonte: Adaptado de ANA (2002), IBGE (2000b e 2004), citado por Mierzva e Hespanhol (2005, p. 10).

Aproximadamente 69,2% da água disponível para o uso no Brasil, estão concentrados na Região Norte, o lugar mais rico em água potável superficial de todo o planeta e, também onde ocorre a menor densidade demográfica do país (3,35 hab/ km²). A região com menor disponibilidade hídrica seria a Nordeste, com 3,2% do total disponível no país (5.732 km³/ ano).

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005), a distribuição dos recursos hídricos nos estados brasileiros também é muito variável, mesmo entre aqueles que pertencem a uma mesma região, como visto na Tabela 2.2.

Os estados do Amazonas e Roraima possuem as maiores disponibilidades hídricas do país, cerca de 52 % de toda a água superficial brasileira, mais da metade do potencial hídrico do Brasil.

A maneira como o homem utiliza a água varia consideravelmente de país para país. De acordo com a FAO (2003), o consumo anual de água no mundo em 2000 foi de 3.811,4 km³, sendo 70 % destinado ao setor agrícola, 20% utilizado no setor industrial e apenas 10% no consumo doméstico (humano, uso sanitário e serviços urbanos municipais). Enquanto que a necessidade diária de água para o consumo humano é de apenas quatro litros, a água necessária à produção de alimento para esta mesma pessoa diariamente é muito maior, variando entre 2000 e 5000 litros.

Quanto maior o nível de desenvolvimento de um país, maior é o consumo de água no setor doméstico. Este fato deve-se ao alto nível de urbanização, o que implica em maiores gastos de água na municipalidade, como por exemplo, em hospitais, creches, parques, centros esportivos; e em residências que possuem piscinas, grandes jardins, calçadas e banheiras. O consumo de água nos Estados Unidos, é de 250 L/hab/dia, sendo que Nova York pode chegar a 2.000 L/hab/ dia e nos países da África, a população consome apenas 15 L/ hab/dia (Revista BIO, 1999. p. 41). Na Europa, calcula-se que o consumo médio seja de 150 L diários e na Índia, apenas 25 L (MACÊDO, 2001).

O Brasil segue a tendência mundial de gastar o maior percentual de água na agricultura, correspondendo a quase metade das demandas, consumindo, porém, mais no abastecimento doméstico do que no setor industrial (OLIVEIRA FILHO, 2000 apud BOSCARDIN BORGHETTI, 2004). Este fator é preocupante, porque de acordo com o

principal objetivo do ODM (Objetivos de Desenvolvimento do Milênio) da ONU (GAZETA MERCANTIL, 29/08/2005. p.C-4), que consiste em reduzir pela metade o número de pessoas desnutridas no mundo antes de 2015, implicará num aumento de 50% de água tratada para a agricultura. Este aumento terá conseqüências ambientais caso não sejam empregadas técnicas de desenvolvimento sustentável.

A região sudeste é a que consome mais água com 44%, seguida pela região sul com 31% e o nordeste com 19%. As regiões centro-oeste e norte são as que consomem menos água, 4 e 2% respectivamente, sendo também as menos populosas do Brasil. Quanto à utilização de água por setores, apenas as regiões sul e nordeste seguem a tendência brasileira de gastar mais água na agricultura, seguida do consumo no setor doméstico e industrial, sendo a região sul a que mais consome na agricultura. A região sudeste destina o maior percentual de consumo, 37% ao setor industrial, e o menor para o setor agrícola.

Todos estes fatores, como a desigual distribuição dos recursos hídricos, seus diferentes usos, o crescimento contínuo da população, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, períodos de seca seguidos de grandes enchentes, levam-nos a procurar novos meios de obtenção de suprimentos adicionais de água.

2.5 O Reúso da Água

O reúso planejado da água faz parte de um programa global, encabeçado pela Organização Mundial da Saúde. Pretende alcançar três elementos: proteção da saúde pública, manutenção da integridade dos ecossistemas e uso sustentado da água.

A prática do reúso é um dos componentes do gerenciamento de águas e efluentes e não a principal meta a ser atingida. É considerada uma ferramenta para a preservação dos recursos naturais e controle da poluição ambiental, mas deve sempre estar vinculada a outras medidas que busquem a prevenção da poluição e a racionalização do uso da água.

Uma definição bastante aceita para o termo de reúso da água é de Mierzwa, apud Mierzwa e Hespanhol (2005): “Uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”.

Em muitos casos, como na Região Metropolitana de São Paulo, as companhias de abastecimento de água, como a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de

São Paulo), desenvolvem estratégias que priorizam a conservação e o uso eficiente dos recursos hídricos na região, como alternativa à importação de água de outras áreas distantes.

A água de reúso da Sabesp tem sua origem nos efluentes produzidos nas Estações de Tratamento de Esgotos sendo utilizada para inúmeros fins, como geração de energia, refrigeração de equipamentos, lavagem de carros e ruas, e em diversos processos industriais.

A empresa já fornece água de reúso para indústrias e prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo. Neste processo, todos são beneficiados. As prefeituras e indústrias reduzem seus custos com água, a Sabesp comercializa um produto anteriormente desprezado e a população e o meio ambiente ganham com o fato de que cada litro de água de reúso utilizada significa um litro a mais de água potável.

Mesmo com a adoção de medidas destinadas a otimizar e reduzir o consumo da água nas diversas atividades humanas, a adoção de medidas complementares como a reciclagem e o reúso de água torna-se imprescindível.

O termo água de reúso surgiu na década de 1980, quando as águas de abastecimento foram se tornando cada vez mais caras, onerando o produto final quando usadas no processo de fabricação (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Sabendo-se de que é possível tratar efluentes de estações municipais de tratamento de esgotos, como no exemplo as Sabesp, alcançando-se resultados com qualidade e segurança, as águas residuais deveriam receber mais atenção como um novo recurso hídrico a ser considerado utilizado de forma benéfica ao invés de desperdiçado.

O reúso desempenha, normalmente, duas funções. A primeira seria a utilização do efluente tratado como uma fonte alternativa (por quê não retirar água das impurezas?) e a segunda seria evitar que os efluentes cheguem aos córregos, rios e oceanos, reduzindo assim a poluição das águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Asano (2002), as vantagens e fatores que motivam o reúso da água podem ser identificados como:

- A redução da poluição com a minimização da descarga em corpos de água.
- A disponibilidade de efluentes tratados com elevado grau de qualidade.
- A promoção, em longo prazo, de uma fonte confiável de abastecimento de água dentro de uma comunidade.

- O gerenciamento da demanda de água em períodos de seca, no planejamento global dos recursos hídricos.
- O encorajamento da população para conservar a água e adoção de práticas de reúso.

De acordo com Lima e Kollnberger (2004, p.68), os objetivos fundamentais da utilização de águas de reúso seriam os seguintes:

- Uma alternativa de minimização de captação e extração das águas do subsolo ou de mananciais.
- Proporcionar a utilização racional da água em função de nossas necessidades reais.
- Reduzir os custos diretos e indiretos do tratamento de água.
- Melhorias ambientais e de condições de saúde, com a minimização de descarga de esgotos em corpos de água.

Estas águas residuais devem ser tratadas utilizando-se todas as tecnologias que garantam a proteção da saúde pública, do meio ambiente e da demanda das indústrias quanto à qualidade. Entre as mais promissoras técnicas para se atingir esta segurança e se chegar a um nível de emissão de efluentes zero, pode-se mencionar as tecnologias avançadas de membranas e os processos de desinfecção, como ozônio (O₃), a radiação ultravioleta (UV) e o dióxido de cloro (AISSE et al., 2004).

De maneira geral, o reúso de efluentes pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não, podendo ser classificado em diferentes modos, como o reúso indireto, reúso direto e reciclagem interna.

O reúso indireto ocorre quando a água utilizada para uso doméstico ou industrial é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída. Pode ser planejado ou não planejado.

Quanto ao reúso direto, seria o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para uso na irrigação, na indústria em recarga de aquíferos e para uso como água potável. Já a reciclagem interna, considera o reúso feito internamente às instalações industriais, com o objetivo de economia de água e controle de poluição.

Segundo Westerhoff (1984), apud Mancuso e Santos (2003), o reúso da água classifica-se em duas grandes categorias, o potável e o não potável. O reúso potável pode ser

chamado direto, quando o esgoto recuperado é diretamente reutilizado no sistema de água potável; e indireto, no caso em que o esgoto, após tratamento, é descarregado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural, posterior captação, tratamento e finalmente a sua utilização como água potável.

O reúso não potável pode ser aplicado para fins industriais, na agricultura, para a recreação, para uso doméstico, na manutenção de vazões, aquíicultura, recarga de aquíferos subterrâneos. Estes três últimos usos foram incorporados por Mancuso, à classificação de Westerhoff sendo esta classificação a utilizada pela ABES, Seção São Paulo, desde 1992, pela sua praticidade e facilidade.

Sendo assim, a qualidade da água utilizada e o objetivo específico do reúso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, critérios de segurança e custo de capital, operação e manutenção.

Diversos países da Europa, assim como os países industrializados da Ásia localizados em regiões de escassez de água, exercem, extensivamente, a prática de reúso urbano não potável (BRAGA et al., 2002, p 112).

2.6 Aplicações do uso de efluentes

No planejamento e implementação do uso de efluentes, sua aplicação definirá, na maioria das vezes, o tratamento necessário pelo qual o esgoto terá que ser submetido, para a proteção da saúde pública e do meio ambiente e para o grau confiabilidade para sua utilização em diferentes processos e operações.

A classificação utilizada por METCALF & EDDY (2003), relaciona sete principais categorias de reúso de efluentes municipais, e está sendo citada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Categorias de Reutilização de Efluentes Municipais e Precauções.

Categorias de Uso de Efluentes	Precauções
1. Irrigação na agricultura	Contaminações de águas subterrâneas e de superfície Mercado para as colheitas e aceitação do público
2. Irrigação de parques, escolas, vegetação de estradas, campos de golfe, cemitérios, jardins residenciais, comerciais, industriais	Efeitos de qualidade das águas, particularmente sais, nos solos e plantações. Preocupações relacionadas à patógenos (bactérias, viroses e parasitas). Aumento de custos para controle de uso destas áreas.
3. Uso industrial e reciclagem: água de resfriamento, caldeiras, processos e construção pesada.	Problemas de corrosão, incrustações, crescimento de algas e fuligem. Preocupações relacionadas à saúde pública, com relação à transmissão de patógenos por aerossóis durante o resfriamento. Conexão cruzada entre linhas de água potável e de reúso.
4. Recarga de aquíferos, controle da intrusão salina (barreiras hidráulicas).	Possível contaminação de aquíferos de água potável. Efeitos tóxicos dos químicos orgânicos, total de sólidos dissolvidos, nitratos e patógenos existentes nos efluentes reutilizáveis.
5. Usos Recreacionais e Ambientais tais como lagos, pântanos, aumento de fluxo dos rios, lagos para a pesca, produtor de neve.	Preocupações relacionadas à presença de bactérias e viroses (gastrointestinais, olhos, ouvidos e nariz). Eutrofização devido ao nitrogênio e fósforo. Toxicidade à vida aquática.
6. Usos urbanos não potáveis como águas para incêndio, ar condicionado e descarga de vasos sanitários.	Preocupações relacionadas a patógenos transmitidos por aerossóis. Problemas na qualidade da água relacionados à corrosão, incrustações, crescimento de algas e fuligem. Conexão cruzada entre linhas de água potável e de reúso.
7. Uso potável, adicionadas a reservatórios de suprimento de água e reúso direto destas águas com adequada desinfecção “pipe-to pipe reuse”.	Preocupações em relação aos constituintes das águas, especialmente traços de químicos orgânicos e seus efeitos toxicológicos e patógenos Estética a aceitação pública.

Fonte: Metcalf & Eddy (2003, p. 1352).

2.7 Reúso Urbano

No setor urbano, os esgotos tratados podem ser utilizados para fins potáveis e não potáveis, desde que obedçam aos critérios específicos de qualidade de acordo com a sua utilização.

Quanto ao uso urbano para fins não potáveis, seu potencial de reúso de efluentes é muito amplo e diversificado, pois envolve riscos relativamente menores do que o uso potável, aplicando-se o seu uso principalmente no que se refere ao binômio qualidade/aplicabilidade (MANCUSO; SANTOS, 2003).

São exemplos de reúso municipal não potável: a irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, campos de golfe, jardins de escolas, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias; irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais; reserva de proteção contra incêndios; sistemas decorativos aquáticos; descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais; lavagem de trens e ônibus; ar condicionado; controle de poeira em obras de aterros e terraplenagem na construção civil.

Atualmente, como já citado no item 2.5, algumas prefeituras municipais brasileiras estão fazendo a utilização de efluentes oriundos de ETE's para a lavagem de ruas, irrigação de jardins e campos esportivos, fato bastante positivo em que o poder público brasileiro começa a dar o exemplo a ser seguido pela população. Isto foi possível em São Paulo, com a aprovação, em setembro de 2002, pela Câmara Municipal, do projeto para a utilização de água de reúso nestes setores urbanos.

2.8 Reúso Industrial

Como o preço do produto, ao lado de sua qualidade, é fator determinante para o sucesso de uma empresa, a indústria passou a procurar, dentro de suas próprias plantas a solução para os problemas, tentando reaproveitar ao máximo seus próprios efluentes.

Outra opção de reúso da água seria, então, a utilização em indústrias, de efluentes de esgotos municipais tratados. Na maioria das vezes, estes esgotos são tratados para serem dispostos no meio ambiente até níveis compatíveis com a legislação local. Os órgãos ambientais, frente a potencial escassez deste recurso, têm aplicado esta legislação com maior

rigor. Ao mesmo tempo, a tarifa da água potável vem sofrendo aumentos progressivos, especialmente para os consumidores de maiores quantidades. A implementação de sistemas de recirculação e de utilização dos efluentes gerados em seus processos permitiria a reutilização industrial em vez de sua disposição no meio ambiente.

O ramo de atividade da indústria determinará uso que será feito desse esgoto recuperado, definindo, então, os processos e as operações unitárias adicionais necessárias para atingir um padrão de qualidade necessário à sua utilização, sendo que uma mesma indústria pode necessitar de diferentes qualidades de água.

De acordo com Mancuso e Santos (2003), o reúso industrial pode ser classificado como: reúso macroexterno, reúso macrointerno e reúso interno específico.

O reúso macroexterno pode ser efetuado por companhias municipais ou estaduais de saneamento, fornecendo esgotos tratados como água de utilidade para um conjunto de indústrias. Este sistema só será viável na existência de uma grande concentração de indústrias que se associem ao programa de reúso, em um raio de aproximadamente cinco quilômetros no entorno da estação de tratamento.

No caso de reúso macrointerno, devido às novas legislações, associadas aos instrumentos de outorga e cobrança pela utilização dos recursos hídricos tanto na tomada de água como no despejo de efluentes, as indústrias serão induzidas a reduzir o consumo de água, utilizando, então, sistemas de reúso interno. Em alguns casos, os efluentes gerados por determinados processos têm características adequadas para que sejam utilizados em outros, sem a necessidade de tratamento. Nestas condições, a adoção da prática do reúso significa reduzir o volume de efluentes gerados pelos diversos sistemas produtivos e pela diminuição da necessidade de água.

O reúso interno específico consiste em efetuar a reciclagem de efluentes de qualquer processo industrial nos próprios processos em que são gerados, como, por exemplo, a reutilização de águas de lavagem em indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, que após tratamento serão recicladas no próprio processo de lavagem.

Porém, deve-se ressaltar que, à medida que participa dos diferentes processos em uma indústria, a água incorpora várias substâncias, sofrendo alterações das características, tornando-se um efluente com características que impeçam seu lançamento no meio ambiente. Precisar, neste caso, ser submetido a um tratamento, de modo que possa se adequar aos padrões de emissão estabelecidos em normas. Isto se dá, principalmente com a

concentração de sais dissolvidos, que aumenta à medida que o efluente é recirculado pelos processos industriais. Se uma parcela destes sais não for removida, o esquema de reúso não será sustentável, podendo até mesmo contribuir com o aumento da poluição dos recursos hídrico.

O reúso industrial representa um potencial significativo de utilização de efluentes tratados, em vários países industrializados. De acordo com Metcalf & Eddy (2003), o uso total de água na indústria americana durante o ano de 1995, foi estimado em 103×10^6 m³/dia. Deve-se pensar como seria para toda uma comunidade ter uma indústria que deixe de retirar milhões de litros de água de um determinado manancial e seja abastecida pelos efluentes tratados da ETE daquela cidade. Quantos benefícios diretos e indiretos esta atitude estaria provocando? Certamente muito mais do que o desperdício que se realiza na maioria dos casos.

Dias (2005), citando Ivanildo Hespanhol, ressalta que “um sistema de reúso geralmente apresenta viabilidade se existir uma concentração razoável de indústrias que se associem ao programa de reúso, em um raio de aproximadamente 5 km no entorno da estação de tratamento e recuperação para reúso”.

Diversos estados americanos como Califórnia, Arizona, Texas, Flórida e Nevada possuem grandes indústrias que utilizam águas reutilizadas para resfriamento, processos e caldeiras. Refinarias, indústrias químicas e metalúrgicas são alguns exemplos que se beneficiam das águas de reúso não somente para resfriamento mas para os processos de fabricação em geral.

Para a maior parte das indústrias, águas para resfriamento seria o uso mais freqüente devido aos avanços em tecnologias de tratamento de água, que permitem a utilização em suas plantas de água com qualidade inferior. Estes avanços proporcionam um melhor controle de depósitos, corrosão e problemas biológicos geralmente associados ao uso de águas reutilizadas em um sistema de refrigeração. De acordo com Hespanhol e Mierzwa (2005), o resfriamento pode representar uma parcela superior a 70 % de todo o volume de água consumido em determinadas indústrias.

Outra utilização para as indústrias seria água de “make-up” para caldeiras. A qualidade desta água difere pouco da utilizada convencionalmente no abastecimento público. Ambas requerem um extensivo tratamento adicional onde a qualidade necessária para esta água depende da pressão na qual a caldeira é operada. Geralmente, quanto maior a pressão,

maior a qualidade da água será necessária. Precisa de uma remoção da dureza a um nível perto de zero, remoção ou controle de cálcio e magnésio e controle de sílica e alumina.

O uso nos processos industriais depende diretamente da qualidade necessária de cada etapa da produção. A indústria eletrônica, por exemplo, requer quase que uma qualidade de água destilada para a lavagem de placas de circuitos e outros componentes eletrônicos. Já a indústria de curtume pode utilizar águas de relativa baixa qualidade, enquanto que as exigências para indústria têxtil, polpa, papel e metais são um pouco mais exigentes. Sendo assim, para a viabilidade do reúso industrial os potenciais usuários precisam ser consultados para a determinação dos requerimentos específicos para suas águas de processo.

Mesmo quando os padrões de qualidade exigidos são pouco restritivos, como é o caso de sistemas de resfriamento, as indústrias têm procurado trabalhar com água enquadrada ao menos na categoria de água tratada, com sólidos dissolvidos totais de 20 a 60 mg/L; DQO de 0 a 10 mg/L; sólidos suspensos totais de 0 a 10 mg/L e dureza de 30 a 75 mg/L (MIERZWA; HESPANHOL, 2005, Tab.3.1, p.35). O objetivo seria proteger os equipamentos, economizar recursos e evitar problemas de incrustação, depósitos, corrosão, manchas, produção de odores e limo.

Os usos mais comuns desta água nas indústrias são, basicamente, os seguintes: utilização em circuitos de torres de refrigeração, alimentação de caldeiras, lavadores de gases, geração de energia, lavagem de peças, veículos e pisos das instalações, manutenção de áreas verdes das indústrias e nos processos propriamente ditos.

A água é o fluido mais utilizado em vários processos de resfriamento, pois muitos são os fatores que a tornam um excelente meio de resfriamento: ela pode absorver grandes quantidades de calor por unidade de volume, apresenta variações dimensionais desprezíveis na faixa de uso, baixas viscosidades, condutividade térmica elevada, é neutra, inodora, geralmente atóxica, apresenta grande estabilidade química, entre outras características atrativas (ELKIND. R, 1996; apud SACAMOTO, 2005).

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005), o consumo de água em uma indústria sofre a influência do ramo de atividade, da sua capacidade, tipo e práticas operacional, das condições climáticas da região onde está localizada a planta, da disponibilidade do recurso hídrico, da idade da instalação, cultura da empresa e da comunidade local.

Por estas razões, se considerarmos indústrias do mesmo ramo de atividades com a mesma produção, mas localizadas em diferentes regiões ou com idades diferentes, o

consumo de água de cada uma delas pode se diferente. No caso do resfriamento, por exemplo, o consumo será menor em uma fábrica situada em clima frio.

Estes dados têm grande importância, mas não são suficientes para um planejamento de conservação e reúso em uma indústria. O conhecimento da distribuição do consumo de água por cada atividade através de documentos disponibilizados pela própria empresa e a sua respectiva qualidade são essenciais para o desenvolvimento de um sistema de tratamento de água para uso industrial, com as técnicas mais adequadas para a obtenção de água na qualidade e quantidade necessárias.

Para a obtenção destes dados seriam necessárias, também, visitas de campo para constatar se os dados dos documentos disponíveis estão de acordo com o material fornecido, se estes dados continuam consistentes e para identificar possíveis consumos ainda não quantificados pela empresa.

Estas visitas deverão ser acompanhadas por profissionais responsáveis pelo setor, para que possam descrever mais detalhadamente as atividades envolvidas, esclarecer dúvidas, fornecendo informações úteis para a criação de estratégias de gerenciamento de águas e efluentes, tais como as operações de lavagem e de limpeza; os procedimentos de manutenção; condições de equipamentos, tubulações, associados ou não ao processo produtivo; a captação, tratamento e armazenamento e distribuição de água; a coleta, transferência e tratamento dos efluentes gerados e os procedimentos adotados para o descarte dos efluentes tratados.

As informações sobre consumo de água e geração de efluentes nem sempre estão disponíveis, o que vai requerer a realização de medidas de campo, como a que foi realizada neste trabalho, na Incepa.

Os dados de qualidade e quantidade deverão ser associados de forma lógica e racional como fluxogramas de processos, documentos descritivos de modo a identificar possíveis estratégias de obtenção de formas de reutilização da água.

As questões relacionadas ao consumo e gerenciamento de efluentes deve também envolver medidas administrativas de prevenção à poluição, definida como “qualquer prática que reduz a quantidade ou o impacto ambiental e na saúde, de qualquer poluente antes da sua reciclagem, tratamento ou disposição final, incluindo modificação de equipamentos ou tecnologia, reformulação ou reconfiguração de produtos, substituição de matérias- primas,

melhoria organizacional, treinamento e/ou controle de inventário (DUNCAN, 1994 apud MIERZVA; HESPANHOL, 2005).

Dentro do critério de estabelecer prioridades para usos que já possuam demanda imediata e que não exijam níveis elevados de tratamento, Hespanhol (1997) recomenda concentrar a fase inicial do programa de reúso industrial em sistema de refrigeração

2.9 Exemplos de Utilização de Efluentes de ETEs.

Os países que mais fazem uso deste insumo são aqueles que mais sofrem com a escassez de água, como a Austrália, Oriente Médio e a região sudoeste dos Estados Unidos.

A prática do reúso está crescendo também nas regiões com restrições severas relativas à disposição dos efluentes tratados, como a Flórida, a região costeira e ilhas do sul da França, Espanha e Itália, e os países europeus densamente povoados como Inglaterra e Alemanha. Países com disparidades regionais em recursos hídricos, como o Japão, também utilizam a reciclagem e o reúso da água (SCHAEFER et al., 2004).

No Canadá, nas ETE's o efluente tratado é transportado em caminhões pipa para o transporte até o local da reutilização. As principais aplicações neste país são na irrigação para a agricultura, mas em Alberta, por exemplo, o efluente municipal tratado e as águas de drenagem são reutilizadas em campos de golfe e irrigação urbana.

Esta província e a da British Columbia são as que possuem maior experiência em projetos e legislação a respeito da prática do reúso, em projetos descentralizados em pequenas estações de tratamento.

2.9.1 Alemanha

Uma experiência utilizando-se o reúso de águas residuais e pluviais foi desenvolvida na Alemanha, em Berlim-Kreuzberg, envolvendo um edifício residencial com 106 apartamentos (FRANCO, 2001, p.72 e 73).

O projeto foi financiado por um programa federal experimental de habitação e desenho urbano, com o objetivo de levar à prática um sistema de abastecimento de água integrado, descentralizado e planejado para a participação local.

Seria um exemplo de enfoque local, para utilização da água residual e pluvial, num sistema de abastecimento de água integrado com o objetivo de diminuir o consumo de água

potável. O projeto proporcionou aos residentes locais a oportunidade de se relacionar com a água de forma a fomentar o respeito por esse elemento vital, do qual com frequência se faz um mau uso. Reduziu-se o consumo de água por pessoa, de 165 litros/dia, para 80 a 90 litros/dia após o projeto e, além disso, estabeleceu-se entre os moradores um novo estilo de vida denominado “vida ecossocial”, onde os habitantes assumiram a responsabilidade de parte da manutenção dos sistemas de distribuição de água, como por exemplo, a limpeza dos tanques de tratamento.

Este exemplo de aplicação pontual demonstra a eficácia de um sistema técnico baseado na organização social e no entendimento.

Outro exemplo da Alemanha foi o desenvolvimento do projeto denominado AKWA-2100 (HIESSL et al., 2003) para identificar, através da aplicação de três cenários com opções e conceitos para sistemas de infra-estrutura, as alternativas mais viáveis para o remodelamento dos sistemas de água e esgoto em áreas urbanas já existentes. Os cenários desenvolvidos foram os seguintes: Continuação do sistema atual, Reúso das Águas Municipais e Reciclagem Local.

Nestes cenários, inovações tecnológicas, organizacionais e institucionais são integradas para estudar as melhores soluções para o problema do saneamento.

O primeiro cenário seria uma continuação do sistema antigo, preservando as características do sistema atual de esgoto combinado e uma estação central de tratamento, reduzindo o consumo de água do setor doméstico para 100 litros por pessoa ao dia, através de medidas para se aumentar a eficiência dos aparelhos economizadores, reduzindo o consumo e o conseqüente despejo de efluentes. Também ocorreria a coleta de 30% das águas pluviais para diminuir o despejo destas águas no sistema de esgotos.

No segundo cenário, denominado Reúso das Águas Municipais, as águas de drenagem são coletadas e gerenciadas separadamente do sistema de esgotos. Também é retirada do efluente sanitário a carga de nitrogênio e elementos farmacêuticos através de separação da chamada fração amarela (urina). O efluente é tratado e desinfetado em uma estação central, utilizando o processo anaeróbico e de membranas. E, ao invés de ser descartado, este efluente tratado é utilizado para usos não potáveis, distribuídos através de um sistema duplo.

Sua principal utilização seria promover uma descarga contínua do sistema sanitário, tornando possível que os resíduos biológicos provenientes dos trituradores domésticos sejam

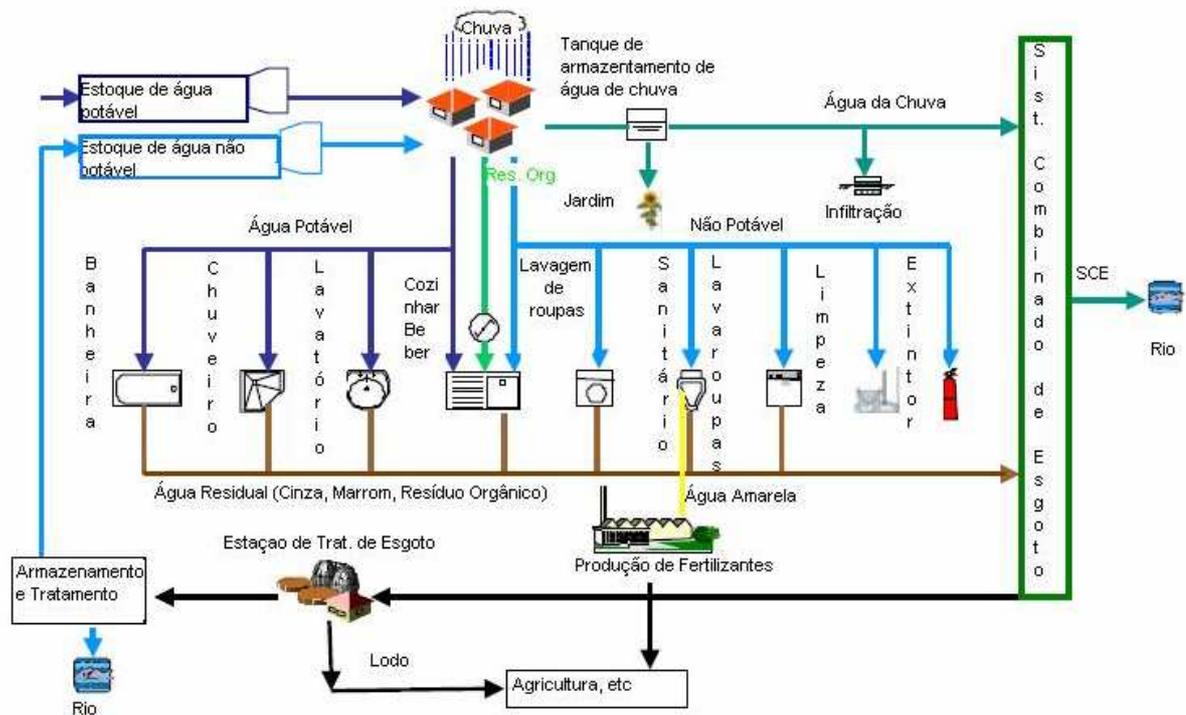
despejados e transportados com mais eficiência no sistema de esgotos evitando sedimentação e entupimentos. Seria utilizada também a água para reserva de incêndio e usos industriais não potáveis. O biogás seria usado para a geração de energia, e o excedente é convertido em metanol para o uso em catalisadores. Sendo este efluente quase que exclusivamente doméstico, recebendo somente uma porcentagem mínima de esgotos industriais, poderia ser utilizado na agricultura utilizando os nutrientes fósforo e nitrogênio.

A urina proveniente das residências seria separada e acumulada e periodicamente coletada por um sistema de caminhões, sendo este material utilizado como matéria prima para a produção industrial de fertilizante nitrogenado. Onde possível, as águas de drenagem seriam utilizadas “on-site” para usos não potáveis ou é diretamente infiltrada no solo. Isto não sendo possível, devido á características hidrológicas e geológicas, estas águas são coletadas em canalizações de drenagem, e se necessário, tratadas em sistemas descentralizados de tratamento.

As águas de escoamento superficial seriam recolhidas e utilizadas como uma fonte suplementar de água não potável. Seu excesso, então, seria despejado nas águas receptoras ou infiltrado nas águas subterrâneas.

Com a utilização de equipamentos economizadores, se reduzirá o consumo de água para 90 L/ dia, sendo 60 L/dia potável e 30 L/dia não potável. Devido à utilização desta água de reúso para o transporte do esgoto, a utilização de grandes volumes de água fica reduzida. Isto significa uma inovação na melhora da eficiência destes aparelhos economizadores.

Figura 2.2 – AKWA Cenário 2- Reúso Municipal de Efluentes.



Fonte: Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research, apud Hiessl (2000).

O terceiro cenário apresentado é denominado Reciclagem Local. Difere mais radicalmente dos sistemas atuais. Não possui nem sistema central de abastecimento de água e nem um sistema centralizado de tratamento de efluentes. Conjuntos de casas ou residências individuais fornecem o próprio sistema de suprimento de água e tratamento de efluentes baseados em tecnologias “on-site”, que se utilizam principalmente de tecnologias de membranas.

A chuva proporciona a fonte de água potável. A sistemática separação das diversas águas e efluentes permitem processos muito eficientes de tratamento, abrindo inúmeras oportunidades para a reutilização de diversas qualidades de efluentes. Como na opção anterior, a urina é coletada por uma tecnologia de vácuo e tratada em biodigestores disponíveis para grupos de residências.

Um total de 44 critérios será analisado dentro destas opções, para a determinação da situação mais econômica, social e ecologicamente sustentável. Os projetos serão apresentados a duas cidades escolhidas que selecionarão um cenário para elaboração futura da segunda fase do projeto, onde ocorrerá um detalhamento técnico mais completo para as condições específicas dos locais das comunidades piloto e também proporcionará o desenvolvimento de uma estratégia de transição do sistema atual para uma das opções escolhidas.

Isto proporcionará uma visão futura da infraestrutura urbana sanitária para a municipalidade e suporte para um planejamento em longo prazo para as cidades.

2.9.2 Japão

Outros exemplos interessantes seriam de reutilização da água no Japão. Este país vem utilizando efluente secundário para diversas finalidades.

De acordo com Asano et al. (2002), em Fukuoka, cidade com aproximadamente 1,2 milhão de habitantes, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados em nível terciário, para uso em descarga de banheiros em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação em áreas urbanas, lavagem de gases e alguns usos industriais, como resfriamento e desodorização.

Diversas outras cidades do Japão, entre elas, Tóquio, estão fazendo uso de esgotos tratados ou de outras águas de baixa qualidade para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis.

Apesar de contar com uma precipitação anual de 1714 mm por ano, e centenas de reservatórios e barragens construídas, o país apresenta freqüentes e severas secas em muitas regiões. Devido ao rápido crescimento econômico e ao aumento da concentração da população nas áreas urbanas, a demanda de água nas grandes cidades diminuiu a disponibilidade dos sistemas fornecedores de água, necessitando o desenvolvimento de novas fontes com custos econômicos e ambientais razoáveis. Para resolver esta situação, o reúso e a reciclagem de efluentes tem sido implementado em várias cidades.

Pesquisas sobre o reúso de efluentes como uma fonte alternativa começou desde a severa seca de 1964, um pouco antes das Olimpíadas de Tóquio. Desde então, o reúso de efluentes tratados e a reciclagem nas indústrias em Tóquio e Nagóya, onde água de alta qualidade não é necessária, tem sido utilizado freqüentemente.

Figura 2.3 - Estação de Tratamento de Esgotos de Mikawashima.



Fonte: Asano et al. (2002).

Em 1970, nas preparações para a Expo Osaka, a cidade de Osaka começa a distribuir efluentes tratados para os canais de água do Castelo de Osaka, para preservar o nível da água. Este tipo de reúso, paisagismo, tornou-se um método bastante popular de restauração de níveis de água nas cidades japonesas na década de 80. A cidade de Fukuoka, cujos recursos hídricos são limitados devido às condições geográficas, passou por uma severa seca em 1978, racionando o consumo de água por 283 dias. Assim, iniciou-se o reúso de efluentes tratados para uso em descargas sanitárias, com a instalação de uma estação para a reciclagem e a construção de adutoras para esta água. Este procedimento passou, depois, a ser utilizado nas cidades de Tóquio, Chiba e Kobe.

No norte do Japão, onde no outono e inverno neva em grande quantidade, os efluentes tratados são utilizados para o derretimento desta neve, através da adição da neve em valas contendo água de efluentes tratados, como mostra a Figura 2.4.

Figura 2.4 - Utilização de Efluentes tratados para o derretimento da neve.



Fonte: Asano et al. (2002).

Estes seriam alguns exemplos de reuso de efluentes em grandes áreas, como são denominados no Japão. Estes sistemas de reutilização são geralmente financiados pelo Ministério da Construção, que subsidia até 50% dos custos de capital, e implementados através dos sistemas públicos de tratamento de esgoto, os POTW. O sistema de tratamento utilizado é, geralmente, o terciário.

Esta modalidade de reuso é, em sua maioria, aplicada em indústrias, agricultura, obras de paisagismo e irrigação de áreas públicas e no derretimento da neve, como citado anteriormente. Em alguns casos estas águas são bombeadas da estação de tratamento para a recarga dos rios. Esta água é introduzida em pontos abaixo de onde a extração da água é realizada. Alguns exemplos para este caso específico de reuso seriam a utilização nos rios Ara River, que margeia a área metropolitana de Tóquio, o Naka River e o Mikasa River, em Fukuoka.

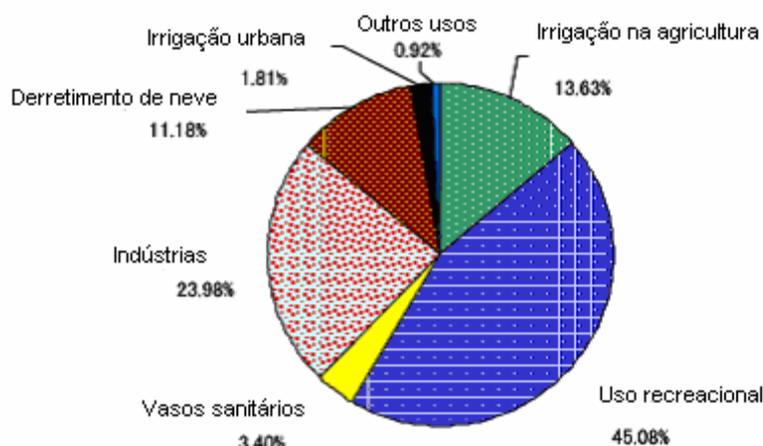
Existe, também na literatura japonesa, o reuso “on-site”, como é chamada a coleta das águas de chuva em edifícios e também quando o efluente é tratado no próprio local onde será reutilizado posteriormente. Esta modalidade de reuso é utilizada preferencialmente para descargas sanitárias em grandes edifícios construídos já com este sistema de reaproveitamento.

Em algumas cidades, o sistema de dupla distribuição já é obrigatório para construções entre 3000 - 5000 m² e/ou aquelas construções que utilizar tubulação para água com diâmetros superiores a 50 mm.

Também a prática da reciclagem das águas nas indústrias é bastante significativa no Japão, sendo que, em algumas categorias industriais o reúso chega a 90%.

A contribuição dada por cada modalidade de reúso neste país é mostrada na Figura 2.5.

Figura 2.5 - Proporção de cada categoria de Reúso de Efluentes Tratados, no Japão



Fonte: Asano et al. (2002).

Do total, 45% de todo o esgoto tratado é utilizado para paisagismo, 24% como água de diluição, resfriamento e limpeza em indústrias, aproximadamente 14% na agricultura e 11% para o derretimento de neve. Os 1,8% restantes são utilizados na irrigação urbana de árvores e parques.

2.9.3 Brasil

2.9.3.1 Região Metropolitana de Curitiba

No Brasil, podemos citar GIORDANI (2002), que em sua dissertação avaliou as possibilidades de reúso não potável dos efluentes tratados nas Bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira.

Neste estudo foi realizada inicialmente uma análise para verificar a disponibilidade hídrica da região, apontando os principais rios e aquíferos existentes, indicando a atual

situação destes e os principais usos da água nestas bacias. Em seguida, foi realizado um levantamento do sistema de esgotamento sanitário da região, identificando todas as estações de tratamento de efluentes, suas formas de tratamento e qualidade final destes, determinando assim, aquelas que foram alvo de averiguações das possibilidades de reúso.

Após a determinação das estações a serem analisadas, realizaram-se averiguações das atividades passíveis de reúso urbano e não urbano e a determinação espacial dos potenciais usuários da água recuperada.

Referindo-se ao reúso urbano em Curitiba, este estudo revelou que a cidade possui um grande potencial em se utilizar efluentes domésticos tratados em irrigação paisagística, principalmente no caso de mudas recém plantadas.

Outra atividade encontrada, que possui boas perspectivas de substituição em curto prazo de água potável por água de reúso, seria a atividade de limpeza urbana, uma vez que a cidade consome diariamente um grande volume de água potável nesta lavagem, como citado anteriormente, podendo aceitar sem grandes complicações águas de qualidade inferior à potável. Uma terceira atividade passível de utilização destas águas seria na manutenção e geração de parques náuticos para fins de recreação, paisagísticos e esportivos.

Giordani (2002), comenta que a viabilidade destes empreendimentos deverá ser avaliada através de estudos econômicos que realizem averiguações dos custos em relação aos benefícios e/ou custo marginal.

2.9.3.2 Aeroporto Internacional de Guarulhos

Outro exemplo interessante seria o Aeroporto Internacional de Guarulhos, em São Paulo. Este aeroporto possui dois terminais, cada um servindo a sete milhões de passageiros por ano.

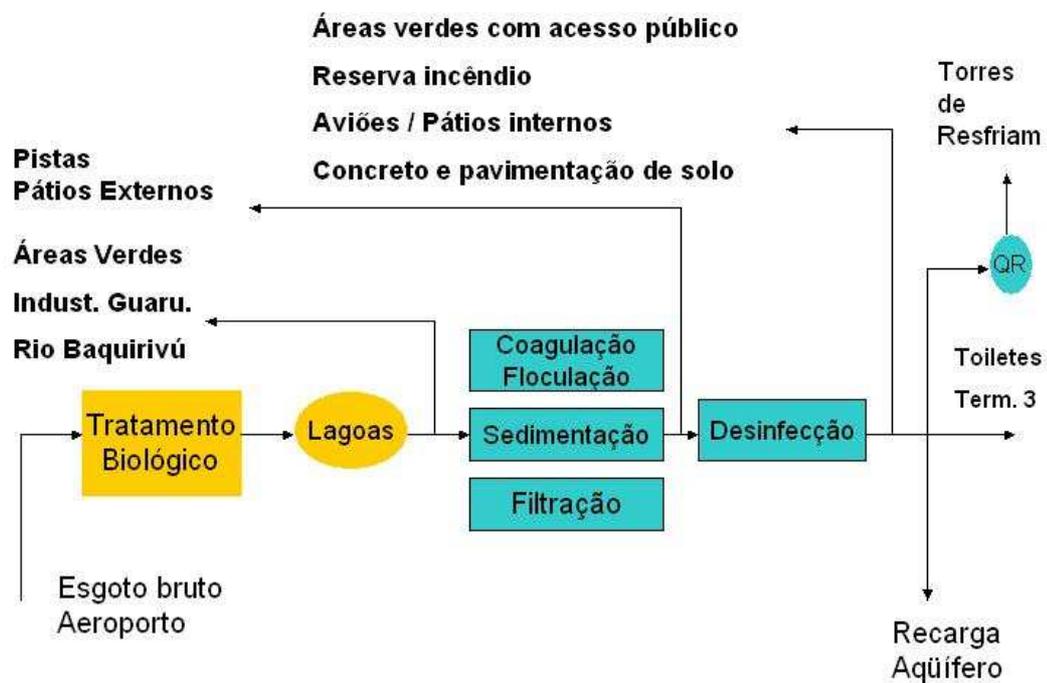
O novo terminal três atenderá um adicional de dezesseis milhões de passageiros por ano, para dar conta do grau de saturação de aproximadamente trinta milhões de passageiros por ano até 2030. Com isto, a demanda por água que hoje é de 3000 m³/dia, aumentará para um total de efluente produzido de 6.400 m³/dia. A água utilizada provém de poços subterrâneos, que devido à excessiva retirada o aquífero está retrocedendo.

A demanda verificada e os usos potenciais neste aeroporto seriam a descarga em vasos sanitários, com 2174 m³/dia; nas torres de resfriamento a utilização seria de 480 m³/dia; na lavagem de aeronaves seriam usados 50 m³/dia; para a lavagem de pisos 14,7

m³/dia e na irrigação de áreas verdes a utilização seria de 10 m³/dia. Seriam um total de 2.729 m³/dia de potencial de reúso sem a utilização de técnicas avançadas, consistindo de 51% em relação ao volume consumido. O tratamento necessário se constituiria apenas de clarificação e desinfecção, e deixaria de se construir 7 novos poços artesianos.

A segunda fase do projeto de reúso incluirá unidades de tratamento adicional para se obter um efluente com condições de recarga dos aquíferos no entorno de aeroporto.

Figura 2.6 - Esquema do uso de efluentes – Aeroporto de Guarulhos.



Fonte: Hespanhol (2004).

2.9.3.3 Reúso da água no Zoológico da cidade do Rio de Janeiro

A implantação do sistema de reúso teve por motivação a expressiva redução de custos nas contas d'água do Zoológico, além da sua inserção no roteiro de visitaçao como elemento de educação ambiental, considerando que o Jardim Zoológico do Rio de Janeiro recebe cerca de 1.000.000 de visitantes por ano (GIORDANO et al., 2005).

Foi realizado um levantamento de dados incluindo o funcionamento do Zoológico, o regime dos efluentes gerados, a qualidade dos efluentes incluindo também a qualidade

requerida para as águas de reúso. O processo definido foi testado em escala piloto, sendo analisadas as águas tratadas obtidas para a finalidade de reúso. Este processo é composto das seguintes etapas: tratamento preliminar (grades e peneira estática); tratamento primário (equalização); tratamento secundário (lodos ativados na variante de aeração prolongada e tratamento de lodo por secagem mecânica); tratamento terciário com membranas auto-filtrantes e desinfecção.

O sistema tratará 600 m³/dia de efluentes, incluindo o esgoto sanitário, tendo como objetivo a produção de 400 m³ de água própria para reúso diariamente. Os 33% restantes são utilizados na irrigação e o lodo total gerado é compostado com gravetos finos e utilizado também nas áreas verdes do zoológico. A água produzida terá um custo inferior a R\$ 3,00/m³, incluindo-se nos custos a operação e manutenção do sistema inclusive a reposição da membrana a cada cinco anos. Nesse caso o prazo de retorno do investimento será inferior a três anos, incluindo-se os custos da rede coletora, da implantação da ETE e do sistema de polimento para reúso.

No caso de ser considerado apenas o custo do sistema de reúso, já que a instalação da ETE é mandatória para atendimento à legislação ambiental, o prazo do retorno do investimento seria de 15 meses.

A água é utilizada tanto para a dessedentação e higiene dos animais como para o atendimento sanitário aos funcionários e visitantes do Jardim Zoológico. Isto implica em variações da carga orgânica e de sólidos nos efluentes, que serão absorvidas durante o tratamento biológico e pelo polimento.

Para que o sistema cumpra papel esclarecedor no que se refere à educação ambiental, seu posicionamento foi estrategicamente estabelecido de forma a se integrar a outros atrativos que acolhem animais relacionados à água como: Aquário Marinho, Viveiro de Aves Marinhas e Aquário de Tartarugas Marinhas, além de contar com programação visual esclarecedora do sistema de fácil compreensão, de forma que os conceitos ambientais sejam assimilados pelos visitantes de todas as idades e classes sociais.

2.9.3.4 CEDAE

A Estação de Tratamento de Esgotos da Cedae (Companhia Estadual de Águas e Esgotos) na Penha, zona norte do Rio de Janeiro, também reutiliza água obtida a partir de

esgoto doméstico. Esta água é obtida por meio de processos exclusivamente biológicos, utilizando filtros e sistemas de lodo ativado, e está sendo empregada nos caminhões de desentupimento. Estes caminhões consomem cinco mil litros em cada operação, na lavagem das centrífugas e na diluição dos polímeros, produto utilizado para retirar a umidade do lodo.

Estão sendo poupados cerca de vinte e sete mil litros diários de água potável diariamente, capazes de abastecer pelo menos vinte e sete residências e, segundo técnicos responsáveis pelas estações de tratamento locais, a água obtida possui uma qualidade superior à captada no rio Guandu, que é o principal abastecedor da cidade do Rio de Janeiro, hoje alimentado por mananciais poluídos.

A idéia da empresa é implantar este sistema nas demais ETEs, potencializando a reutilização da água derivada do esgoto (BOLETIM ABES, 2005).

2.10 Diretrizes e Critérios de Qualidade para Água de Reúso.

Uma vez caracterizada a disponibilidade de efluentes urbanos e as aplicações possíveis para o reúso planejado da água, é necessário adaptá-los quanto à qualidade para que o reúso aconteça, pois os efluentes devem ter uma qualidade requerida pelo reúso objetivado.

A forma de reúso pode ocasionar importantes alterações na qualidade e na quantidade das águas. Um programa de reúso da água não pode prescindir de informações confiáveis a respeito das características quantitativas e qualitativas do recurso hídricos alvo do estudo, tanto o superficial como o subterrâneo. Devem ser avaliadas as demandas de água, as cargas poluidoras afluentes aos cursos d'água e a autodepuração que estes possam promover.

Quanto maior a demanda de água potável, maior a geração de efluentes despejados no sistema coletor ou diretamente nos corpos d'água. Tais efluentes constituem, desde que possam ser coletados e adequadamente tratados, as principais fontes potenciais para o reúso planejado de água.

Em nosso país não existe, ainda, uma legislação federal ou estadual que defina normas de qualidade e um arcabouço legal para a utilização de água de reúso. Segundo Hespanhol (1997), embora possa vir a desenvolver uma legislação nacional relativa a reúso,

é pouco provável que, no Brasil, se estabeleça um projeto único a nível nacional, devido às nossas dimensões geográficas e características regionais distintas.

A PORTARIA nº 518/04, do Ministério da Saúde, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo. A RESOLUÇÃO CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, dispõem sobre a classificação dos corpos de água e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes.

Seria muito mais viável que as águas fossem captadas e tratadas em função da qualidade requerida para sua finalidade de aplicação: águas para indústrias, para o consumo humano, etc, e depois de utilizadas, fossem encaminhadas para estações de tratamento de esgotos, tratadas e recuperadas para fins menos nobres. Este fato, reduziria a captação de águas novas dos mananciais em até 40 % (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Para que seja possível o uso de efluentes de ETEs, é necessário que se observem alguns importantes critérios físicos, químicos e biológicos de qualidade de efluentes para o reúso em áreas urbanas e industriais e os riscos associados ao seu uso.

Estes critérios e padrões são descritos, segundo Mancuso e Santos (2003), seguindo parâmetros a serem considerados em um sistema de reutilização de efluentes. Serão ressaltadas a questão da saúde pública, a aceitação da água pelo usuário, a proteção ambiental, a qualidade da fonte de água e a adequação da qualidade ao uso pretendido.

Segundo Bastos et al:

“No atual estágio de conhecimento científico, torna-se redundante reafirmar a importância das excretas e dos esgotos sanitários na transmissão de diversos organismos patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e helmintos), via contaminação de águas utilizadas para recreação, fontes de abastecimento de água para consumo humano e irrigação, além dos alimentos e do solo”.

Existe a necessidade também de se estabelecer critérios para a utilização das águas de reúso que não se restrinjam somente aos padrões de qualidade, mas que incluam informações relativas à origem desta água e ao nível de tratamento a que foi submetido o efluente, sempre tendo em vista o seu uso pretendido.

De acordo com Von Sperling (1996), o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela forma molecular H₂O. Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora diversas impurezas, as quais definem sua qualidade, sendo esta qualidade função direta do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

A definição de qualidade baseada na adequação ao uso, permite uma classificação das águas em águas adequadas ou não (boa ou má qualidade) a determinados usos. Sendo assim, esta classificação precisa, obrigatoriamente, levar em consideração o uso previsto.

Outro fator a ser considerado é o de que a qualidade da água a ser utilizada não deverá exceder às necessidades previstas ao seu uso, evitando, assim, um desperdício de recursos, principalmente se essa água necessitou um complexo tratamento para atingir esta qualidade. Este seria um exemplo típico, da utilização de água potável em muitas aplicações que dispensariam esse nível de qualidade, como nos processos industriais, na irrigação e limpeza.

2.10.1 Constituintes encontrados nos efluentes de estações de tratamento

Uma vez que se pretende utilizar efluentes de estações de tratamento de esgoto doméstico para fins de reúso, torna-se imprescindível a definição deste termo.

De acordo com Braga et al. (2002), esgoto seria o termo utilizado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o uso doméstico, industrial, comercial, agrícola e públicos. Já os esgotos sanitários seriam os despejos líquidos constituídos de esgotos domésticos e industriais lançado nas redes públicas e águas de infiltração.

Para se definir padrões de qualidade para as águas de reúso, faz-se necessário, primeiramente conhecer os principais elementos que constituem os esgotos sanitários de ETE's.

Segundo Von Sperling (1996), o esgoto de uma comunidade é originado através de três fontes distintas: a primeira seria a contribuição doméstica, incluindo residências, comércio e instituições públicas; a segunda parcela é aquela que adentra a rede por infiltração através de tubos defeituosos; e a terceira seria os despejos industriais. O esgoto bruto é formado por 99,9% de água e os restantes são os sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além de microorganismos remanescentes.

De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os constituintes do esgoto são classificados em convencional, não convencional e especial (Ver Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Classificação dos constituintes do esgoto.

Classificação	Constituintes
Convencional	STS Sólidos coloidais DBO DQO Carbono Orgânico Total Amônia Nitratos Nitritos Nitrogênio Total Fósforo Bactéria Cistos de Protozoários e oocistos Vírus
Não convencional	Orgânicos refratários Compostos orgânicos voláteis Surfactantes Metais Sólidos Dissolvidos Totais
Especial	Remédios prescritos ou não (a) Produtos de higiene pessoal Antibióticos humanos e animais Produtos de limpeza industriais e domésticos Hormônios Outras substâncias endócrinas

Nota: (a) Substâncias farmacologicamente ativas.

Fonte: Metcalf & Eddy (2003, cap. 13, p. 1357).

2.10.2 Parâmetros de Qualidade da Água

Os diversos componentes presentes na água, e que alteram o seu grau de pureza, podem ser retratados em termos de suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

Nos parâmetros físicos as impurezas estão associadas, em sua maior parte, aos sólidos presentes nesta água, podendo encontrar-se em suspensão, na forma coloidal ou dissolvido, dependendo de seu tamanho.

Inclui-se nestas características a cor, a turbidez, o sabor e o odor. Segundo BRAGA et al. (2002), a cor é uma característica derivada da existência de substâncias em solução, na maioria de natureza orgânica, sendo medida em Unidade Hazen (uH). Já a turbidez

representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva e mede-se em Unidade de Turbidez (UT).

O sabor e o odor são associados à presença de poluentes industriais ou outras substâncias indesejáveis como matéria orgânica em decomposição e algas (BRAGA et al., 2002).

De acordo com Pelczar et al. (1980), as características químicas ocorrem em função da presença de substâncias dissolvidas, geralmente mensuráveis somente por meios analíticos. Inclui-se nos indicadores químicos a alcalinidade que ocorre devido à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos; a dureza que é a caracterizada pela presença de sais de metais alcalino terrosos (cálcio e magnésio); ferro e manganês expresso em mg/L; iodo e flúor; os cloretos que podem indicar mistura recente ou remota com águas residuárias cuja unidade é mg/L; o nitrogênio por seguir um ciclo que o conduz à mineralização total sob a forma de nitritos, permite avaliar o grau e a distância de uma poluição pela quantidade e forma de de apresentação dos derivados nitrogenados (mg/L); a matéria orgânica, responsável pelo consumo, pelos microorganismos decompositores do oxigênio dissolvido na água, onde são utilizados métodos para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor como a medição do consumo de oxigênio, através da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, da Demanda Química de Oxigênio - DQO e da medição do carbono orgânico, através do Carbono Orgânico Total – COT, todos medidos em mg/L; compostos tóxicos que podem alcançar a água a partir de efluentes industriais, incluindo-se o cobre, zinco arsênio, selênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata, cianetos, cromo hexavalente, prata, bário (mg/L ou g/L); agrotóxicos; fenóis; detergentes e radioatividade

Em relação aos indicadores biológicos encontram-se as algas e os microorganismos patogênicos que são introduzidos na água junto com a matéria fecal de esgotos sanitários, podendo se apresentar de várias formas como bactérias, vírus e protozoários.

Um aspecto de grande relevância em termos de qualidade biológica da água é o relativo à possibilidade da transmissão de doenças. A determinação desta potencialidade pode ser efetuada de forma indireta através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencente principalmente ao grupo dos coliformes. Embora não sendo patogênica, a presença destas bactérias na água indica que ela recebeu matéria fecal e pode, portanto, conter microorganismos patogênicos.

Entre as bactérias do grupo coliforme, a mais utilizada como indicadora da poluição fecal é a *Escherichia coli*. É necessário ressaltar que os coliformes têm menor resistência ao meio aquático ou tratamento pelo cloro do que alguns vermes e vírus. Assim, cuidados especiais devem ser adotados no tratamento de águas que recebem esgotos de origem doméstica, com o objetivo de controlar esses microorganismos (BRAGA et al., 2002).

2.10.3 Critérios gerais de qualidade das águas residuárias

Segundo Mancuso e Santos (2003), vários são os riscos sanitários e de saúde pública, inerentes à reutilização das águas residuárias. A potencialidade de contaminação está intimamente ligada à qualidade sanitária do efluente em relação ao fim pretendido para o reúso.

As informações disponíveis indicam que quase todos os microorganismos patogênicos sobrevivem no solo e na água em tempo suficiente para representar um perigo potencial aos envolvidos no processo de reúso.

2.10.3.1 Critérios de Proteção à Saúde

Este primeiro critério de qualidade das águas a ser considerado em um sistema de reúso, principalmente urbano, refere-se à questão da saúde pública. Quanto maior a exposição ou contato com a água recuperada, maior deve ser a segurança sanitária.

O contato humano com a água de reúso pode ocorrer de diversas maneiras (MANCUSO; SANTOS, 2003).

- Contato por ingestão direta da água;
- Contato por ingestão de alimentos processados e verduras irrigadas e consumidas cruas;
- Contato por ingestão de alimentos processados (caso de vegetais enlatados irrigados com água de reúso);
- Contato pela pele por banhos em lagos contendo águas de reúso;
- Contato por inalação de aerossóis formados, por exemplo, em sistemas de irrigação por aspersão ou em aeração superficial de lagoas; contato por meio da visão e do olfato, como no caso das descargas sanitárias.

As legislações existentes incluem não apenas os padrões a serem observados para os constituintes da água, mas também o grau de tratamento que deve ser aplicado aos efluentes. As grandes variações das características físico-químicas e biológicas dos esgotos aliadas às incertezas inerentes à eficiência dos processos de tratamento acarretam riscos que devem ser analisados. A falha desta análise pode levar o projeto ao fracasso caso o número de doenças aumente devido à reutilização da água.

Santos (1992), apud Giordani (2002), comenta que o risco associado ao processo de reúso será mínimo, caso o projeto seja conduzido de forma segura e se utilizar tecnologia conveniente.

A Tabela 2.5, elaborada por Lavrador Filho (1987), apud Giordani (2002), apresenta sinteticamente o risco sanitário dos usos urbanos de reúso, comentando as formas de mitigá-lo.

Tabela 2.5 - Riscos à saúde associados ao reúso urbano não potável.

Forma de reúso	Riscos à saúde	Medidas de mitigação do risco
Reúso Urbano Não Potável	Conexão cruzada entre os sistemas de água potável e de reúso.	Tratamento adequado; adequada diferenciação entre os sistemas; sinalização.
	Contato com a água recuperada utilizada na irrigação de parques e jardins ou lavagem de ruas.	Tratamento adequado; irrigação e lavagem em horários de pouco contato com o público; restrição à irrigação com aspersão.

Fonte: Lavrador Filho (1987, p.101) apud Giordani (2002).

Os constituintes presentes nos esgotos podem representar risco sanitário incluindo substâncias químicas orgânicas e inorgânicas potencialmente tóxicas e microorganismos patogênicos.

Microorganismos Patogênicos

Birley apud Giordani (2002), subdivide as doenças relacionadas aos esgotos em cinco categorias, distinguindo-as pelo seu período de latência (intervalo de tempo entre a excreção e a infecção), e persistência (tempo em que o patogênico pode permanecer viável após deixar seu hospedeiro).

Estes dois fatores combinados determinam a meia vida do patógeno no esgoto e na planta irrigada. Diversos países e regiões de clima árido e semi-árido, onde o reúso é uma prática comum, possuem critérios ou orientações visando assegurar que essa prática não apresente riscos incontroláveis para a saúde.

Com relação aos microorganismos, precisa-se garantir que não estejam na água em densidades que representem risco para a saúde dos usuários. As formas de controle vão desde a aplicação de processos de tratamento eficazes, até o monitoramento da qualidade da água, através de análises periódicas.

Este monitoramento é feito através do uso de outros microorganismos, sendo os coliformes os indicadores de segurança mais indicados, porém não cobrindo toda a gama de microorganismos eventualmente presente nos esgotos, como os protozoários.

Birley, apud Giordani (2002), divide as doenças relacionadas ao esgoto em cinco categorias, distinguindo-as pelo seu período de latência (intervalo de tempo entre a excreção e a infecção) e persistência (tempo em que um patogênico pode permanecer viável após deixar seu hospedeiro). Estas categorias são mostradas a seguir:

1. doenças não latentes e de baixa persistência; englobando vírus, protozoários e helmintos, sendo as moscas importantes vetores de transmissão e eventualmente moluscos, que podem transmitir viroses entéricas. Ex: hepatite e gastroenterite.
2. doenças não latentes e de média persistência; nesta categoria incluem-se as doenças transmitidas por bactérias, sendo os maiores transmissores as moscas. Ex.: febre tifóide, gastroenterite e cólera.
3. doenças latentes, persistentes e sem hospedeiro intermediário; devido à extensa meia vida, esta é uma das categorias mais perigosas. Ex: *ascaris lumbricoides* e *trichuris*.
4. doenças latentes, persistentes e com hospedeiro intermediário animal.
5. doenças latentes, persistentes e com hospedeiro intermediário aquático (geralmente um caramujo). Ex: esquistossomose e giardíase.

A Tabela 2.6, apresenta os limites especificados para os indicadores de contaminação microbiológica, bem como o tipo de tratamento e monitoramento mínimos, indicado ao reúso urbano, segundo a EPA (2004).

Tabela 2.6 - Critérios de proteção contra microorganismos patogênicos no reúso da água

Tipos de Reúso	Tratamento	Qualidade da água	Monitoramento	Distância de segurança
Urbano	Secundário Filtração Desinfecção	pH: 6 a 9 DBO < 10 mg/L Turbidez < 2 UT CF: não detectados em 100 mL. CRL: 1 mg/L (mínimo)	pH : semanal DBO: semanal Turbidez: contínuo CF : diário. CR: contínuo	15 metros das áreas de nascentes

Fonte: Adaptado de EPA (2004, Tabela 4.13, p.167).

Mancuso e Santos (2003), apresentam uma Tabela de critérios de proteção para o reúso urbano (p. 136, Cap.5), onde os valores citados são idênticos aos da EPA (2004), mas não se consideram valores nem monitoramento de pH e DBO, e nem distância de segurança às nascentes. A DBO é considerada como indicador de qualidade da água por estes autores no item 2.10.3.2, referente à aceitação pelo usuário.

Para as áreas de irrigação urbana onde são tomadas medidas de segurança quanto ao acesso de pessoas, as medidas de tratamento podem ser minimizadas para um tratamento secundário com coliformes fecais < 14/100 mL.

Talvez haja a necessidade de adição de coagulantes ou polímeros antes da filtração para atingir os parâmetros de qualidade. A água para o reúso não deve conter níveis mensuráveis de patógenos e deve ser clara e sem odor.

Também um valor maior de CR e/ ou um maior de tempo de detenção pode ser necessário para garantir que viroses e parasitas serão destruídas e desativadas. Uma taxa de CR de 0,5 mg/L ou mais no sistema de distribuição é recomendável no sistema de distribuição para reduzir odor, recrescimento de bactérias e lodo.

A inclusão nesse quadro dos parâmetros Turbidez e CRL, deve-se à sua estreita relação com a segurança microbiológica da água. Uma Turbidez elevada indica a presença de teores também elevados de Sólidos em Suspensão, que podem abrigar microorganismos sensíveis à

ação do cloro. Um teor mínimo de CRL é uma garantia de ausência de grande maioria dos microorganismos patogênicos conhecidos (EPA, 2004).

A relação de causa e efeito entre a presença de um determinado microorganismo na água e o desenvolvimento da doença é determinado por vários fatores, como o nível de contato, a dose infectiva, sua patogenicidade e a suscetibilidade relativa do indivíduo infectado.

Compostos Químicos

Os compostos químicos potencialmente presentes nos esgotos municipais podem ser classificados em inorgânicos e orgânicos. Compostos químicos inorgânicos de interesse incluem os nutrientes, constituintes não metálicos, metais e gases. Os constituintes orgânicos importantes nos esgotos são classificados em agregados, quando não se pode distinguir seus componentes separadamente, e individuais (METCALF & EDDY, 2003).

Os esgotos municipais de origem exclusivamente doméstica geralmente não contêm substâncias inorgânicas em teores que impeçam seu uso para diversas finalidades, após um tratamento adequado. Entretanto, a presença de efluentes industriais nos esgotos representa o risco da presença de compostos inorgânicos potencialmente tóxicos, como metais pesados. Com relação aos compostos orgânicos, cujo nível de conhecimento é ainda limitado, sua fonte principal seriam também os despejos industriais.

De acordo com Mancuso e Santos (2003), quando a contribuição de efluentes industriais para os esgotos urbanos é significativa, a simples verificação de conformidade com os padrões não é suficiente para garantir a segurança sanitária do reúso da água recuperada.

A presença desses compostos nos esgotos em concentrações excessivas pode comprometer seriamente o tratamento biológico e a qualidade da água recuperada. As fontes dos efluentes a serem reutilizados devem ser provenientes de áreas estritamente residenciais, para que se reduza o risco sanitário em razão dos contaminantes químicos.

2.10.3.2 Critérios de qualidade para aceitação pelo usuário

Os parâmetros de aceitabilidade de uma água de reúso, em função de sua qualidade, dependem basicamente de duas condições (MANCUSO; SANTOS, 2003).

- Que a água atenda às exigências de qualidade inerentes ao uso a que se destina;
- Que não cause nenhum tipo de objeção devido a sua qualidade estética, como odor e aspecto.

No caso de águas utilizadas para descargas sanitárias, dispensam o nível de qualidade exigido para certos processos industriais, porém, se esta água apresentar aspecto ou odor desagradáveis, o usuário certamente a rejeitará. Além disso, deve-se considerar a possibilidade de que as águas turvas ou coloridas provoquem o aparecimento de manchas nas louças sanitárias.

Assim sendo as águas destinadas ao reúso doméstico não potável, devem ser percebidas como límpidas, incolores e sem cheiro.

Também a matéria orgânica biodegradável dissolvida na água pode causar alterações estética posterior ao tratamento, podendo acarretar a extinção do oxigênio dissolvido, provocando a geração de sulfetos.

Em razão disso, adota-se como indicador indireto de qualidade estética da água a DBO.

2.10.3.3 Critérios de Proteção Ambiental

A implementação de um programa de reúso de água pode acarretar impactos ambientais importantes, tanto positivos quanto negativos. Em muitos casos existe a necessidade de se realizar estudos de impacto ambiental, para a aprovação de um programa de reúso (BLUM apud MANCUSO; SANTOS, 2003).

Como exemplo, as águas recuperadas de esgotos municipais utilizadas para fins urbanos de irrigação, especialmente aqueles localizados em áreas de grande concentração industrial, podem conter altas concentrações de substâncias químicas tóxicas, que ao longo do tempo podem se acumular no solo ou percolar, atingindo os lençóis subterrâneos de água.

2.10.3.4 Critérios de confiabilidade da fonte

A qualidade do efluente destinado ao tratamento para reúso deve ser levantada por meio de estudo estatístico feito com base em dados existentes, e se necessário com novas informações, já que estes dados existentes visam somente ao controle de qualidade para a descarga destes efluentes, e não o seu reúso.

De acordo com Sacamoto (2005), no Estado de São Paulo é permitido o lançamento de esgotos industriais no sistema público desde que devidamente enquadrados nos padrões de lançamento da legislação estadual, no entanto lançamentos industriais irregulares ou clandestinos trazem consigo uma série de componentes nocivos à saúde das pessoas a eles

expostas e aos sistemas de tratamento de esgotos. Nessas condições, o reúso dessas águas quando feito de maneira não criteriosa pode intensificar essa exposição de forma direta ou indireta. Portanto é fundamental a implantação de sistemas eficazes de monitoramento do afluente as ETE's, assim como da água de reúso antes de sua distribuição.

Devem também ser previstas neste levantamento as expectativas de alterações futuras na qualidade do efluente.

2.10.3.5 Critérios de adequação ao uso

Este critério é uma condição básica para a implementação de um sistema de reúso. Esta adequação da qualidade da água às exigências de seu uso permite que não ocorram prejuízos à população, aos equipamentos, à atividade onde se aplicará esta água e custos adicionais depois de instalado o projeto.

Para uso não potável da água, o nível de qualidade seria um intermediário entre esgotos brutos e água potável, tendo-se que caracterizar qual é este nível, e a partir daí definir o tratamento necessário para atingi-lo.

Poucas são as informações a respeito das qualidades exigidas nos diversos tipos de reúso, com exceção ao uso mais significativo com relação à vazão consumida, que é a irrigação agrícola.

A utilização de águas de reúso para irrigação de parques e jardins nas cidades brasileiras ainda não é comum. Isto explica a precariedade de informações disponíveis em nosso país a respeito de parâmetros de qualidade para essas águas. Por este motivo foi realizada uma pesquisa por parâmetros internacionais.

2.10.4 Recomendações de qualidade para águas de reúso nos EUA.

Nos Estados Unidos da América (EUA), seus estados possuem regulamentos, publicam padrões para a qualidade das águas de reúso em suas diversas modalidades e os mínimos tratamentos específicos requeridos necessários à sua utilização.

Segundo a EPA (1992), o reúso urbano neste país é classificado em reúso urbano para áreas restritas, onde o acesso da população é limitado, como no caso de campos de golfe, cemitérios e auto-estradas; e em reúso para áreas não restritas, que são as áreas de irrigação onde o público é permitido, como parques públicos, playgrounds, jardins de escolas

e residências, descargas sanitárias, ar condicionado, reserva de proteção à incêndios, usos na construção civil e fontes ornamentais.

Nas áreas de utilização das águas de reúso onde o acesso da população não é controlado, o efluente precisa receber um mais alto grau de tratamento antes de sua utilização. Nas situações quando não se tem a exposição a um grande público, um nível menos rigoroso de tratamento é requerido.

O critério da EPA exige para a irrigação irrestrita, ou irrigação por aspersão em qualquer situação, exige padrão microbiológico de qualidade de efluente semelhante ao padrão de potabilidade da água (ausência de coliformes e organismos patogênicos, Turbidez < ou igual a 2UT e CR > ou igual 1mg/L). Depreende-se que o critério de ausência de coliformes asseguraria a ausência de bactérias patogênicas, enquanto que a inclusão da turbidez e de cloro residual presta-se ao papel complementar da indicação da remoção de protozoários por filtração e da inativação de vírus (BASTOS, 2003; cap.2).

Para a irrigação restrita (culturas alimentícias processadas comercialmente e culturas não alimentícias), exige-se também a desinfecção e a garantia de CR > ou igual a 1 mg/L, mas com padrão bacteriológico < ou igual 200 CF/100mL, o que pressupõe a tolerância da presença de patógenos em alguma densidade.

No Brasil, a Resolução do CONAMA determina que as águas da classe 2 podem ser destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas. A classe 3 contempla as características determinadas para águas destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas, forrageiras e à dessedentação de animais.

Quanto à salinidade da água, a tolerância das plantas à concentração de sais na água de irrigação, ou seja, sua capacidade de adaptação osmótica, varia de espécie para espécie, e dentro de uma mesma espécie, segundo a variedade e o estágio de desenvolvimento da planta (BASTOS, 2003; cap.3).

De acordo com Bastos (2003, p. 211), com base no conhecimento disponível sobre os riscos à saúde humana associados ao uso de esgotos sanitários em piscicultura, a Organização Mundial da Saúde propôs as seguintes diretrizes sanitárias: < ou igual 10^3 CF/100 mL no tanque de piscicultura ou 10^4 CF/100mL no afluente ao tanque de piscicultura e ausência de ovos de helmintos (trematóides). Deve-se ainda considerar a validação do padrão bacteriológico (10^3 CF/100mL no tanque de piscicultura; e um indicador auxiliar

como a contagem de bactérias heterotróficas na água (UFC/100 mL) e no músculo de peixes (UFC/ g).

Em 1971, a OMS previa limites e restrições para águas de reúso para uso urbano não potável para recreação de contato, recomendando o tratamento secundário, seguido de filtração com areia e desinfecção, uma taxa limite de coliformes fecais menor que 100/100 mL, em pelo menos 80% das amostras, exigindo também testes com amostras de ausência de químicos irritantes da pele.

Em 1985, a OMS revisa os limites americanos ampliando-os para agricultura e aquicultura (EPA, 1992; p. 184).

Em setembro de 2004, a EPA (2004), apresentou novas normas relacionadas à qualidade das águas de reúso. Os novos limites para uso paisagístico e para a construção civil estão relacionados nas Tabelas 2.7 e 2.8.

Tabela 2.7 - EPA: Recomendações para águas de reúso paisagístico e estético

Tipos de Reúso	Tratamento	Qualidade da água	Monitoramento
Estético	Secundário Desinfecção	DBO < 30 mg/L STD < 30 mg/L CF < 200/100 mL CRL 1 mg/L (mínimo)	pH – semanal DBO - semanal STD – diariam. CF – diariam. CRL - contínuo

Fonte: EPA (2004).

Esta mesma norma menciona também que os nutrientes devem ser removidos para evitar o crescimento de algas e uma descloração pode ser necessária para a proteção da flora e fauna aquática.

Para utilização na construção civil, a EPA (2004) sugere os parâmetros citados na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – EPA: Recomendações para Águas de Reúso para a Construção Civil

Tratamento	Qualidade da água	Monitoramento
Secundário Desinfecção	DBO < 30 mg/L STD < 30 mg/L CF < 200/100 mL CRL 1 mg/L (mínimo)	DBO - semanal STD – diariam. CF – diariam. CRL – contínuo

Fonte: EPA (2004).

A norma recomenda que o contato do operário com a água deva ser minimizado e um nível mais elevado de desinfecção para atingir menos de 14 coliformes fecais/100 mL deve ser alcançado quando este contato for mais freqüente.

No caso de resfriamento, o jato de ar não deve atingir áreas acessíveis aos operários ou ao público e um tratamento adicional deve ser realizado pelo usuário para a prevenção de corrosão, crescimento biológico, espuma e fuligem.

2.10.5 Qualidade da água de reúso urbano para alguns estados americanos

A seguir serão especificados exemplos de limites para a qualidade da água de reúso urbano para áreas acessíveis ao público, em alguns estados americanos, segundo a EPA (1992).

2.10.5.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Total de Sólidos Suspensos

O estado de Utah requer tratamento avançado com DBO < 10mg/L; STS < 5mg/L, sendo que Dakota do Sul requer somente tratamento secundário com desinfecção e índice de coliformes total < 200/100 mL. Em geral, os estados com regulações requerem um mínimo de tratamento secundário ou biológico e desinfecção.

Os estados de Idaho, Califórnia e Colorado requerem oxidação, coagulação, clarificação, filtração e desinfecção antes de serem utilizadas nesta classificação de reúso urbano. Já Arizona e Texas, não especificam o tipo de tratamento, somente impõe limites na qualidade da água.

No geral, onde especificados os limites de DBO estão no limite de 5mg/L a 30mg/L. O estado do Texas exige uma DBO < 5mg/L (média mensal), exceto quando esta água for usada para paisagismo; então este limite sobe para < 10mg/L. O estado da Geórgia requer

uma DBO < 30mg/L antes do seu uso em áreas urbanas não restritas e os os limites de STS variam de 5mg/L a 30 mg/L. Ambos, Utah e Flórida exigem que o STS não exceda 5mg/L, sendo que a Flórida exige que este limite de STS seja atingido antes da desinfecção.

2.10.5.2 Coliformes Fecais

A média fecal e limites de coliformes fecais totais são observados em várias das normas de qualidade da água de reúso dos estados.

A Flórida requer que 75% das amostras de coliformes fecais, recolhidos em um período de 30 dias, estejam abaixo dos níveis de 25/100mL. Já Dakota do Sul, exige uma média total de contagem de coliformes < 200/100mL e Utah requer < 3/100mL, enquanto que o Texas e Arizona exigem que nenhuma contagem de coliformes exceda 75/100mL.

2.10.5.3 Turbidez

Com relação à este parâmetro, quando especificados os limites de turbidez variam entre 2 a 5 UT. Por exemplo, o estado de Oregon especifica uma turbidez < 2 UT (24 horas) e a Califórnia, uma turbidez < 2 UT. Já o estado do Arizona recomenda uma turbidez < 5 UT. O estado da Flórida exige um monitoramento contínuo on-line da Turbidez; no entanto, nenhum limite é especificado.

2.10.5.4 Organismos Patogênicos

Os Estados do Arizona e Havaí são os únicos que estabeleceram limites para a qualidade das águas de reúso urbano para alguns organismos patogênicos.

No estado do Arizona, os patogênicos incluem os causadores de viroses entéricas e os ovos de *Ascaris lumbricoides*; sendo os limites para estes vírus de 125 UFP/40 L e zero para os *Ascaris*. No Havaí, os patogênicos considerados são os vírus entéricos, sendo o limite 1 UFP/40 L. Já a Carolina do Sul requer que viroses sejam monitoradas, mas não especifica o tipo ou os limites.

Dos vinte e dois estados somente doze possuem regulamentações para áreas de reúso urbano restrito, sendo que cinco deles não permitem o reúso urbano em áreas não restritas.

2.10.6 Critérios de qualidade para água de reúso utilizados no Japão

Os critérios de qualidade para a reutilização de efluentes ainda não são regulados por lei no Japão. Somente índices de qualidade de água para descarga de vasos sanitários, irrigação urbana e uso recreacional foram elaborados pelos Ministérios da Construção, Saúde e Bem-Estar Social, Comércio Internacional e Indústria foram emitidos para promover o reúso em 1981. Estes índices estão sumarizados na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 - Critérios de qualidade para reúso de efluentes no Japão – 1981.

Categorias	Itens	Descarga vasos Sanitários	Irrigação Urbana	Uso Recreacional
Básica	CF	< 10 CF/ 100 mL	Não detectável	Não detectável
	CR	Detectável	> 0.4 mg/L	-
Adicional	Aparência	Agradável	Agradável	Agradável
	Turbidez	-	-	< 10 UT
	DBO	-	-	< 10 mg/L
	Odor	Não ofensivo	Não ofensivo	Não ofensivo
	pH	5.8 – 8.6	5.8 – 8.6	5.8 – 8.6

Fonte: Asano et al. (2002).

Em 1990, baseado no aumento significativo da reutilização de efluentes para usos recreacionais o Public Works Research Institute, o Ministério da Construção, a Agência de Saneamento e as grandes municipalidades propuseram novos critérios mais rígidos para este uso, mostrados na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 - Critérios para reutilização de efluentes no Japão – 1990.

Itens	Sem contato corporal	Com possível contato
CF	< 1000/ 100 mL	< 50/ 100 mL
DBO	< 10 mg/L	< 3 mg/L
pH	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6
Turbidez	< 10 UT	< 5 UT
Odor	Não ofensivo	Não ofensivo
Cor	< 40 uH	< 10 uH

Fonte: Asano et al. (2002).

Estes parâmetros devem ser conhecidos e avaliados, devendo-se também fazer a divulgação dos possíveis riscos sanitários e a confiabilidade da utilização dessas águas de reúso, conscientizando a população de que esta água é limpa, possui padrões de qualidade controlados, e embora, na maioria das vezes não seja potável, é bem mais pura que a água captada em muitos rios que hoje recebem os esgotos in natura.

2.10.7 Parâmetros de qualidade para a água desenvolvidos pela SABESP

O plano de monitoramento da Sabesp estabelecido para garantia do controle de qualidade da água de reúso obedece a frequências e parâmetros, conforme descrito na Tabela 2.11.

Tabela 2.11 - Frequência da análise da água de reúso na Sabesp.

Parâmetros	Frequencia
CT, Turbidez, Cor, pH	3 x Diária
CT, CF	1 x Diária
Metais	Mensal
Protozoários, Compostos Orgânicos Voláteis	Bimestral

Fonte: Sabesp (2005a).

No atendimento aos usos urbanos mais restritos, abrangendo a irrigação de áreas verdes como canteiros de praças e vias públicas, lavagem e desobstrução de tubulações de águas pluviais e esgotos, utilização na construção civil na compactação do solo e controle de poeira em vias públicas, lavagem de vias públicas, de pisos, pátios e logradouros, deve ser utilizada água proveniente do tratamento secundário, seguido de filtração e desinfecção, resguardando-se, no entanto, os cuidados necessários, como o maior empenho no monitoramento e controle dos lançamentos de efluentes industriais no sistema de esgotos, tendo em vista a preservação do tratamento de esgotos e a garantia da qualidade final da água de reúso.

A Tabela 2.12, apresenta os parâmetros propostos, bem como os parâmetros utilizados por diversos países:

Tabela 2.12 - Parâmetros propostos pela Sabesp e parâmetros utilizados em diversos países.

	CRL (mg/L)	DBO (mg/L)	STS (mg/L)	CF (NMP/100mL)	TURBIDEZ (UT)	pH	HELMINTOS (ovo/L)	ÓLEOS E GRAXAS (mg/L)
Florida		< 20	< 5	Nd em 75% das amostras	< 2	-	-	-
OMS		-	-	<1000	-	-	<1	-
Espanha		< 25	< 35	≤200	<20	6 a 9	-	-
México		<30	<30	<1000	-	-	≤ 5	<15
Proposto Sabesp	2 a 6	< 25	< 35	< 200	< 20	6 a 9	-	Visualmente ausente

Nota: A frequência de monitoramento proposta pela Sabesp seria a seguinte:

DBO: em 95% das amostras, com frequência semanal;

STS: em 95% das amostras, com frequência semanal;

CRL: monitoramento contínuo;

Turbidez: monitoramento contínuo;

pH: monitoramento contínuo;

CF: Frequência três vezes por semana, sendo que 80% das amostras devem estar dentro do limite especificado.

Fonte: Semura et al.(2005).

2.10.8 Critérios de qualidade para uso industrial

Quanto à utilização dos efluentes municipais pelas indústrias, a EPA (2004) fornece limites e padrões para os diferentes tipos de indústrias. A Tabela 2.13, mostra os parâmetros utilizados para o resfriamento.

Tabela 2.13 - Recomendações da EPA para águas de reúso industrial – resfriamento.

Reúso Industrial Resfriamento	Tratamento	Qualidade da Água	Monitoramento	Distância De Segurança
Sem recirculação	Secundário. Desinfecção.	pH = 6 a 9 DBO < 30 mg/L STD < 30 mg/L CF < 200/100 mL CRL 1 mg/L (mínimo)	pH – semanal DBO– semanal Turbidez- diario CF – diario CRL contínuo	90 metros das áreas acessíveis ao público.
Com recirculação	Secundário Desinfecção Coagulaçãoquímica e filtração podem ser necessárias.	DBO < 30 mg/L STD < 30 mg/L CF < 200/100 mL CRL 1 mg/L (mínimo)	pH – semanal DBO– semanal Turbidez – diariam. CF – diariam. CRL - contínuo	90 metros das áreas acessíveis ao público. Esta restrição pode ser eliminada se uma desinfecção mais severa for realizada.

Fonte: EPA (2004).

Segundo Hespanhol e Mierzva (2005), em virtude da sua aplicação e de seu grau de qualidade, a água pode ser enquadrada em uma das quatro categorias adaptadas da classificação de Higgins (1989), com base nas características das águas superficiais de alguns rios da região sudeste (ANEEL, 2000), como mostra a Tabela 2.14.

Tabela 2.14 - Padrões de qualidade para uso industrial segundo Hespanhol e Mierzva

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

Fonte: Hespanhol e Mierzva (2005).

Os problemas causados aos processos industriais devido às impurezas da água, ainda segundo Hespanhol e Mierzva (2005), seriam:

- 1- Dureza (Ca e Mg), responsável pela formação de incrustações e depósitos;
- 2- Sólidos suspensos que ocasionam o depósito e o desgaste dos equipamentos;
- 3- Oxigênio dissolvido, é a principal causa de corrosão;
- 4- Dióxido de carbono, pode passar para fase vapor, na sucção da bomba do poço de extração em abastecimento de água por poço profundo, elevando o pH da água e causando problemas de incrustação;
- 5- Ferro e Manganês, podem ser causadores de depósitos e manchas;
- 6- Micro-organismos, produzem limo e odores.

O conhecimento da distribuição do consumo de água por atividade industrial é essencial para o gerenciamento de águas na indústria. Se associados ao grau de qualidade específico, eles possibilitam formular a melhor estratégia para o desenvolvimento de um sistema de tratamento de água, com as técnicas mais adequadas para a obtenção de água na qualidade e quantidade necessárias.

A SABESP contratou um estudo visando o estabelecimento de diretrizes técnicas, econômicas e institucionais e de programa de ação para a implementação de sistemas de água de reúso, onde foram levantados em função do uso potencial no entorno das ETEs, uma água de reúso com padrões mínimos de qualidades, conforme a Tabela 2.15.

Tabela 2.15 - Características necessárias da água de reúso para fornecimento para sistemas semi-abertos de resfriamento e usos não potáveis irrestrito.

PARÂMETROS	UNIDADES	VALOR MÁXIMO
Alcalinidade Total (CaCO_3)	mg/L	100
Cloretos	mg/L	100
DBO ₅	mg/L	10
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1
pH	-	6 – 9
Sílica Total (SiO_2)	mg/L	50
STD	mg/L	500
STS	mg/L	5
Sulfatos (SO_4)	mg/L	200
Turbidez	UT	2
CF	NMP/ 100 ml	0

Fonte: Adaptado de Semura et al. (2005).

Foram também definidos neste estudo os processos de tratamento a serem utilizados, visando garantir os padrões de qualidade de água, necessários para utilização em processos industriais, principalmente em resfriamento em sistemas semi-abertos e o uso não potável irrestrito.

- Alternativa (1): nitrificação através de filtro biológico aerado, seguido de tratamento físico-químico convencional e desinfecção;
- Alternativa (2): ultrafiltração em tratamento secundário, com bio-reator de membranas para a remoção biológica de amônia, seguida de desinfecção complementar;
- Alternativa (3): nitrificação através de bio-reator com leito móvel, ultrafiltração terciária e desinfecção complementar.

O Pólo Petroquímico de Mauá, em São Paulo possui 19 parâmetros listados como exigência de qualidade descritos na Tabela 2.16:

Tabela 2.16 - Parâmetros de qualidade requisitados pelo Pólo Petroquímico de Mauá

Parâmetros	Limite Exigido
Cloretos	70 mg/L
STD	200 mg/L
Dureza	70 mg/L
Alcalinidade	50 mg/L
pH	6,5 a 7,5
DQO	2 mg/L
STS	2 mg/L
Turbidez	1 UT
CL	0,5 a 1 mg/L
Detergentes	< 1 mg/L
Amônia	1 mg/L
Fosfato	1 mg/L
Sílica	10 mg/L
Alumínio	0,3 mg/L
Ferro	0,3 mg/L
Manganês	0,1 mg/L
Enxofre	0 mg/L
Zinco	0,1 mg/L
Sulfatos	50 mg/L

Fonte: Giordani (2002; Quadro 60, p.16).

Ao contrário dos E.U.A. e Austrália, no Canadá não existem regulamentos para reúso da água e reciclagem. Somente as províncias de British Columbia e Alberta possuem uma regulamentação e parâmetros referentes a este assunto.

Tabela 2.17 - Usos e parâmetros para águas recicladas – Ministério do Meio Ambiente, Terras e Parques da British Columbia, 1999.

Usos Permitidos	Tratamento Necessário	Qualidade Do Efluente	Monitoramento
Acesso público irrestrito urbano (parques, irrigação, vasos sanitários). Agricultura (aquacultura, pomares). Recreacional (máquinas de produção de neve).	Secundário com adição química, filtração, desinfecção e armazenamento para emergência.	DBO \leq 10 mg/L Turbidez \leq 2 UT CF \leq 2,2/100 mL pH 6 a 9	Semanal Contínuo Diário Semanal
Acesso público restrito Agricultura (fazendas de mudas de grama). Construção (concreto). Industrial (torres de refrigeração). Urbano/recreacional (paisagismo). Usos ambientais (wetlands).	Secundário com desinfecção.	DBO \leq 45 mg/L STS \leq 45 mg/L CF \leq 200/100 mL pH 6 a 9	Semanal Diário Semanal Semanal

Fonte: Schaefer et al. (2004).

Uma Tabela Resumo dos parâmetros estudados foi elaborada e encontra-se no APÊNDICE 5.

Nesta Tabela foram citados os setores de utilizações do efluente, os padrões de qualidade encontrados nas diversas fontes pesquisadas (EPA, SABESP, CONAMA, Hespanhol e Mierzva, Canadá e Japão), o tratamento requerido para as diferentes utilizações e observações pertinentes a cada setor. Baseado nesta Tabela, construiu-se a Tabela 4.8, que realiza uma comparação entre os valores mais e menos rigorosos para os diversos usos urbanos encontrados em Campo Largo e as características do efluente da ETE Cambuí.

Esta Tabela Resumo também auxiliou na construção das Tabelas 4.9, 4.10 e 4.11, onde se realizou a comparação dos padrões estudados na revisão bibliográfica, com o efluente da ETE Cambuí e com o efluente da ETE Incepa.

2.11 Legislação dos Recursos Hídricos

Nas últimas décadas, as cidades e a população brasileira continuaram a crescer, mas os órgãos gestores federais e estaduais de políticas urbanas e de saneamento entraram em crise ou simplesmente foram desmontados, deixando o país carente de uma estrutura regulatória capaz de promover e de financiar o tratamento dos resíduos sólidos, especialmente o esgoto e lixo (VERGARA; CORRÊA, 2003).

A ausência de políticas habitacionais mais eficientes é, sobretudo nas grandes cidades, a principal responsável pela devastação ambiental. Seu custo social pode ser muito elevado, na medida em que estas ocupações irregulares afetam as matas ciliares dos rios e, portanto, a quantidade e a qualidade da água que abastece as cidades, provocando deslizamentos nos terrenos erodidos das encostas.

No passado, a água era considerada um recurso inesgotável, e por isso a gestão era descomprometida com a preservação ambiental, apresentando rara preocupação com a otimização de seu uso. A legislação, não obstante reconhecesse a importância da água como condição elementar para a sobrevivência do homem, da fauna e da flora, não refletia ainda a idéia de escassez futura do recurso natural (CAMPOS; STUDART, 2003).

Conforme Granziera (2003), o direito de águas é constituído por normas que, pertencentes ao direito público e ao privado, têm por objetivo regular todo o que concerne ao domínio das águas, seu uso e aproveitamento, assim como as defesas contra suas conseqüências danosas.

No Brasil, a legislação referente à água inicia quando foi editado o Código de Águas, decreto nº 24643, de 10 de julho de 1934, no Governo Getúlio Vargas, cuja concepção conceitual estava inteiramente voltada para os setores de navegação e da energia hidráulica, à política de açudagem e combate às secas.

A matéria Meio Ambiente, na Emenda Constitucional de 7.10.69 do Brasil, era tratada setorialmente, inserida nas normas de saúde pública e uso dos recursos naturais. No Brasil, a preocupação em dar um enfoque integrado aos assuntos relativos ao meio ambiente, só ganhou força a partir da Primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo, em 1972 (BRAGA, 2002).

Em 1981, a Lei Federal 6938 que trata da Política Nacional do Meio Ambiente, cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). É, então, instituído um Órgão Consultivo

e Deliberativo, que estabelece a Resolução CONAMA/ nº 20, de cinco de junho de 1986 que classifica as águas no Brasil, em classes. Estabelece que não poderá haver qualquer lançamento de efluentes em águas da classe especial, ditando valores básicos de indicadores de qualidade de água a serem obedecidos para o lançamento em corpos de água nas outras classes de águas doces.

O controle do lançamento deve ser feito de maneira que os cursos de água mantenham-se dentro das condições estabelecidas pelas respectivas classes, mantendo-se a sua qualidade.

De acordo com Mukai (2004; cap.2; p.29), esta Constituição veio contemplar, de forma inaugural, o instituto do Plano Diretor, que, pelo seu artigo 182 deve ser o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano, executada pelo Município, que tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem estar de seus habitantes.

As águas como integrantes do patrimônio ambiental, são bens de uso comum de todos, é o que consagra a regra do artigo 225 desta Constituição Federal de 1988. Esta lei publicizou as águas, repartindo o domínio entre a União e os Estados. Houve uma sensível modificação no regime do Código de Águas, reservando à União, o domínio sobre os lagos, rios e quaisquer correntes de água que se encontrem em terrenos de seu domínio, que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, estenda-se a território estrangeiro ou dele provenham. Destinou aos Estados, o domínio sobre lagos e rios que tenham nascente e foz em seu território.

A Lei Federal 9433, de 08 de Janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, onde em seu artigo 1º, ressalta que a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado. Mostra também a gestão do uso da água por bacias hidrográficas e o conceito do usuário pagador que conduzirão a um novo enfoque onde a água será dotada de um valor econômico, ou seja, a água passa a ser tratada como uma “commodity”, sendo considerada uma mercadoria, passando a ter preço (MACÊDO, 2001).

Sendo a cobrança pelas águas uma das principais causas da implementação do reúso, esta legislação tem uma importância fundamental para o desenvolvimento de novas políticas que auxiliem esta nova alternativa de reutilização das águas servidas. Esta cobrança objetiva, além de reconhecer a água como um bem econômico e dar ao usuário uma indicação real do

seu valor, incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções nos planos de recursos hídricos.

A medida provisória (MP) nº 813, de 1º de janeiro de 1995, integrou a Secretaria de Recursos Hídricos à estrutura do Ministério do Meio Ambiente, dessa forma a água passou a ser gerida por este Ministério. Esta MP foi convertida na Lei nº 9649, de 27 de maio de 1998.

A criação da Agência Nacional de Águas (ANA), através da Lei Federal nº 9984, de 17 de julho de 2002– embora prevista desde 1997, promoveu melhoras na legislação das águas. Embora seja uma agência de implementação de política, difere de outras agências executivas, como a Agência nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ou Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Essas entidades constituem entes reguladores de serviços públicos – energia elétrica, telefonia. A ANA possui outra natureza, à medida que o uso dos recursos hídricos não constitui, em si, um serviço público (GRANZIERA, 2003; cap. 4; p.160 a 161).

A autarquia, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente é responsável pela implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e gerenciamento das atividades das agências de águas responsáveis por determinadas bacias hidrográficas. Também outorga o uso de recursos hídricos sob o domínio do Governo Federal, bem como administra a receita proveniente dessa outorga.

Relacionando a legislação com o reúso das águas, verificou-se que a Agência Nacional de Águas possui projetos de compra de efluentes e financiamento de sistemas de tratamento: PRODES - Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas ou “programa de compra do esgoto tratado” (AISSE, 2004). Este programa permite a concessão de estímulo financeiro pela União para os prestadores de serviço de saneamento, público ou privado, a investirem em ETES.

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água, o PNCDA é um instrumento da Política Nacional de Saneamento (AISSE, 2004), que tem como objetivo geral a universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água, coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos. O acesso universal pressupõe a garantia do fornecimento dos serviços no nível da demanda essencial, bem como o cumprimento dos padrões de qualidade compatível com a manutenção da saúde pública, a preservação do meio ambiente e o atendimento adequado aos direitos dos consumidores. A criação do PNCDA, na esfera federal veio ao encontro de uma antiga demanda do Setor de

Saneamento, delineada desde o início da década de 80 e interrompida pelo fechamento do BNH.

De acordo com o Ministério das Cidades (FOLHA DE SÃO PAULO, 2006), 51% dos municípios brasileiros já possuem coleta de esgoto, mas apenas 15% recebem tratamento. Em decorrência deste e de outros problemas, e também de pressões externas, o Brasil vem implementando um modelo de gestão dos recursos hídricos semelhante ao sistema francês.

Este modelo baseia-se na divisão geográficas do país em unidades denominadas bacias hidrográficas, administradas por Comitês com a participação direta dos governos centrais e locais e principalmente, com a participação ativa dos usuários e da população local.

No Estado de São Paulo, esta política foi instituída pela Lei 7663, de 30/12/91, e implica na implantação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, na elaboração, implantação e atualização permanente do Plano Estadual de Recursos Hídricos, na instituição de um mecanismo autogerador de recursos financeiros (cobrança pelo uso da água), e no desenvolvimento de uma ampla ação de conscientização pública social sobre a importância da água.

Cada uma das 22 bacias está ligada a um Comitê de Bacia, que se subordina ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Ambos são formados por colegiados compostos por um terço de representantes do Governo Estadual, um terço dos Governos Municipais envolvidos e o restante pela sociedade civil, através de representantes de associações de usuários, de universidades, de associações especializadas, ONGS comunitárias e de proteção ambiental. Estes comitês têm poderes deliberativos sobre aspectos de gestão, e em suas atribuições destacam-se, entre outros aspectos, a proposição de valores e critérios para a cobrança do uso e disposição das águas. Este é um critério muito importante para a implantação de uma política referente ao reúso da água.

De uma maneira geral os países estão se preparando para gerir os recursos hídricos baseados em duas palavras chaves: conservação e reúso. Isto significa utilizar menos água para todos os fins, como por exemplo, nos processos industriais, onde a prática do reúso tem uma de suas aplicações.

No Brasil estão sendo desenvolvidos a legislação, as estruturas institucionais e os mecanismos legislatórios para fazer com que realmente o reúso seja uma prática benéfica em termos ambientais e de saúde pública.

Em outros países existem dispositivos voltados para o reúso da água há muito tempo. Nos Estados Unidos, em termos de legislação, existem o “Water Reuse”, adotado pela Agência Federal de Proteção Ambiental Americana, em 1992, e o “Califórnia Title 22” (EPA, 2004), regulamento mais exigente que o da Agência Ambiental, e que inspirou os dispositivos para o reuso em países como Arábia Saudita e Israel.

A Costa Rica estabeleceu o “Reglamento de Reuso y Vertido de Águas Residuales; o México, no seu código de águas, estabeleceu a” Norma Oficial Mexicana “,em 1977, tratando dos limites máximos permissíveis de contaminantes para águas residuais tratadas, que sejam reusadas em serviços públicos. A Espanha estabeleceu, no seu Plano Hidrológico Nacional, normas para reutilização de águas residuárias”.

A nível municipal, Curitiba possui a sua lei nº 10785, de 18 de setembro de 2003, que cria no município, o Programa de conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE (2003). Esta lei tem como objetivo instituir medidas que induza à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, e também a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Apesar desta lacuna legal no país, o fato é que o reúso de águas residuárias, ainda que incipiente, já é uma realidade no Brasil, embora não existam dados que permitam um diagnóstico preciso da situação.

Através da Agenda 21, instrumento de planejamento participativo criado durante a conferência Rio-92, o poder público e comunidade definem as prioridades para o desenvolvimento da cidade respeitando o meio ambiente. Além de recomendações e metas, a agenda baseia-se em princípios gerais, valores e uma nova cultura: uma nova maneira de ver e fazer políticas públicas.

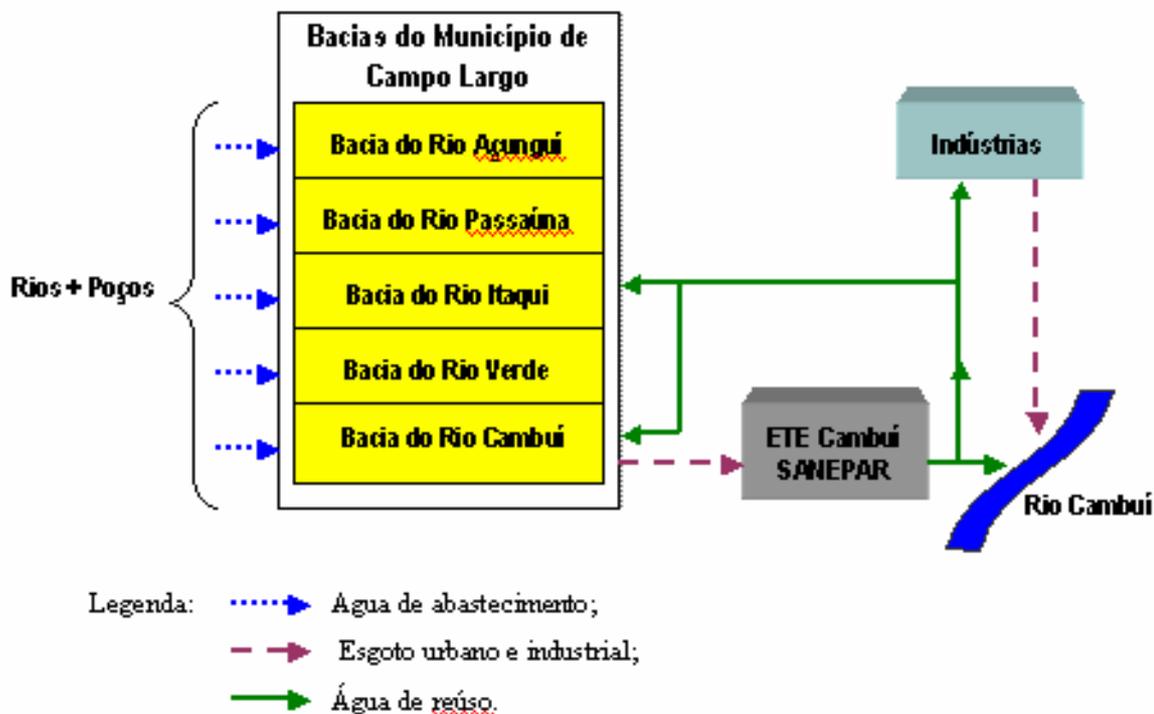
3 MÉTODOS, ÁREA DE ESTUDO E MATERIAIS

3.1 Métodos

O estudo de caso realizado na cidade de Campo Largo pode ser considerado um estudo de caso instrumental, que segundo Gil (2002), é aquele desenvolvido com o propósito de auxiliar no conhecimento ou redefinição de determinado problema que, no caso deste trabalho seria a verificação da possibilidade de utilização institucionalizada de efluentes tratados de ETE's municipais, para o uso urbano neste município.

Como o objetivo geral deste trabalho é analisar as possibilidades de uso não potável de efluentes de ETES na cidade de Campo Largo, visando a sua aplicação urbana e industrial, criou-se um modelo gráfico conceitual para uma melhor compreensão. A Figura 3.1, apresenta as bacias hidrográficas do município; o abastecimento de água potável; o efluente sendo coletado e tratado na ETE Cambuí; parte deste efluente tratado retornando à cidade e às indústrias da bacia do Rio Cambuí para ser utilizado em usos menos nobres e parte sendo disposta no Rio Cambuí para a manutenção da vazão.

FIGURA 3.1 - Modelo Conceitual do Trabalho



3.1.1 Metodologia utilizada para o setor urbano de Campo Largo.

A coleta de dados iniciou-se com uma pesquisa sobre a cidade de Campo Largo, com consultas à Secretaria Municipal de Governo, Sanepar local e população, para a obtenção das informações básicas necessárias para o início da elaboração deste trabalho.

Em seguida, foram realizadas visitas técnicas à ETE Cambuí para conhecimento do processo utilizado na estação para o tratamento e desinfecção do esgoto municipal. Na seqüência, foi elaborado um levantamento do sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do município para a determinação da oferta de águas e de efluentes gerados, indicando localizações, quantidades e processos de tratamento, atendendo, assim, parte do primeiro objetivo específico deste trabalho.

Posteriormente, descreveu-se através de pesquisa em literatura científica, os requisitos qualitativos e quantitativos necessários à utilização de efluentes nos diversos setores urbanos possíveis de serem aplicados: lavagem de ruas, combate a incêndios, lavagens de ônibus, banheiros públicos, irrigação de hortos municipais e áreas verdes, paisagismo e outras aplicações que possam utilizar águas de qualidade inferior. Esta pesquisa foi fundamental para a elaboração do terceiro objetivo específico.

De acordo com GIL (2002), a pesquisa bibliográfica tem por objetivo proporcionar uma melhor visão do problema, tornando-o mais específico, visando rever conceitos e definições, buscando um aprofundamento sobre o tema. Para assegurar a qualidade da pesquisa, os dados obtidos foram analisados em profundidade e verificadas cuidadosamente suas fontes, para evitar possíveis incoerências ou contradições utilizando-se de fontes diversas e conferindo-as cuidadosamente.

Após este levantamento, realizaram-se averiguações sobre as demandas urbanas passíveis de utilização dos efluentes gerados na ETE Cambuí. Para a realização destas averiguações, foram consultadas as Secretarias de Abastecimento, Meio Ambiente e Agricultura; de Viação e Obras Obras, Planejamento; uma empresa de Paisagismo de Campo Largo; o Corpo de Bombeiros Municipal e moradores locais. Também foi feita uma visita a Emater de Campo Largo para verificações sobre piscicultura e cultivos agrícolas na região

em estudo, para um possível estudo futuro de utilização de efluentes para a irrigação no município.

Com estas informações, gerou-se um mapa da área urbana de Campo Largo com um raio de 5 km, como citado por Dias (2005), tendo como centro desta circunferência a ETE Cambuí. A partir daí, plotou-se os lugares analisados para o uso urbano e industrial do efluente, podendo-se medir as distâncias destes pontos até a estação.

Uma vez caracterizados os efluentes gerados e as atividades potenciais de reúso na cidade de Campo Largo, fez-se uma análise quantitativa das opções que consomem valores mais expressivos de água e a possibilidade de usos que admitam usos menos nobres e a sua proximidade à ETE Cambuí, gerando a Tabela 4.2. Em seguida, realizou-se uma análise das características qualitativas do efluente da ETE Cambuí, em relação às exigências requeridas para os diversos usos urbanos, através da Tabela 4.3.1 elaborada para este propósito, atendendo parte do terceiro objetivo específico referente à qualidade do efluente para uso no setor urbano.

Um experimento urbano foi realizado, utilizando o efluente tratado de ETE Cambuí na compactação da Rua São José, no Loteamento Bieda, em Campo Largo, em um trecho de 150 metros, como mostra o item 4.1.3, visando uma futura implementação na cidade. Posteriormente, realizou-se uma análise de compatibilidade entre oferta de efluentes e demanda por água de reúso, concluindo-se, então, o primeiro objetivo específico desta pesquisa.

3.1.2 Metodologia utilizada para a Indústria Cerâmica do município.

Para a realização das averiguações dos possíveis usos de efluentes tratados da ETE Cambuí na indústria, decidiu-se analisar detalhadamente a Indústria Cerâmica do Paraná (Incepa). A escolha de empresa foi baseada na projeção e imagem que a mesma possui no universo industrial e pela proximidade da ETE Cambuí.

Outro fator significativo nesta decisão, foi o cuidado que a empresa possui com o meio ambiente, sendo uma preocupação constante entre todos os colaboradores da Incepa. Nas duas unidades – Campo Largo e São Mateus do Sul – modernas instalações de tratamento e reciclagem de efluentes industriais, recuperam e reciclam os resíduos sólidos e garantem o

tratamento da água. Na Incepa Campo Largo, o reúso da água já é praticado no processo de fabricação, nos moinhos e no corte das peças especiais.

Fica assim assegurado que os efluentes não causam nenhum impacto ambiental. Os poluentes particulados também são controlados. A Incepa foi também uma das primeiras empresas no Brasil a utilizar o gás natural como combustível, garantindo assim um menor impacto ambiental no ar. Mas a contínua preocupação da administração e seus funcionários com os recursos hídricos, e a decisão em aumentar o volume de água reutilizada foi fator determinante da escolha para este projeto.

Agendou-se, primeiramente, uma visita à diretoria da Incepa. O projeto foi discutido inicialmente com o diretor industrial, Sr. Celso Cavalli, o qual aprovou a participação da Incepa nesta pesquisa.

Diversas visitas ao local foram realizadas, iniciadas em dezembro de 2004. A colaboração da diretoria industrial foi de muita importância neste processo. Iniciou-se, então o conhecimento da empresa e seu processo produtivo.

Junto ao setor produtivo, o Sr. Joel Garret, gerente da área industrial, orientou uma visita para conhecimento do processo e das instalações. Nesta oportunidade foram obtidas informações relacionadas à origem da água utilizada, vazões e processo de tratamento em ETA própria. A empresa possui uma ETE própria, a qual trata os efluentes utilizados no processo, sendo o efluente reutilizado nas cargas de massa e máquinas de corte.

O processo foi detalhadamente explicado, onde se verificou a não existência de medições de vazões nos diversos setores da indústria. Para a resolução deste problema, procedeu-se a medição destes valores. Realizada estas medições construiu-se uma Tabela de Vazões, que se encontra no APÊNDICE 1 e elaborou-se uma Tabela Resumo (Tabela 4.3). Partindo desta Tabela Resumo, elaborou-se um Fluxograma (Figura 4.16) de consumo de água para a empresa. Decidiu-se, então, com o apoio total da empresa, a realização de testes em escala industrial, para a fabricação de produtos cerâmicos na Incepa com o efluente tratado da ETE Cambuí, como matéria-prima no processo. Estes testes são mostrados no item 4.2.3. Este experimento finaliza o objetivo específico número dois deste trabalho.

Na seqüência, para a conclusão do terceiro objetivo específico, baseado na pesquisa bibliográfica realizada, foram elaboradas as Tabelas 4.8 e 4.9, que descrevem os requisitos qualitativos necessários e sua comparação com o efluente da ETE Cambuí e com o efluente da Incepa.

3.1.3 Metodologia utilizada nas Empresas de Saneamento

Finalmente, para a elaboração do quarto objetivo específico, foi realizada uma avaliação da inserção do uso destes efluentes no setor de saneamento básico, com consultas junto às empresas de saneamento, através de entrevista informal, que de acordo com GIL, (2002, p. 117), se distingue da simples conversação apenas por ter como objetivo básico a coleta de informações; e aplicação de um questionário aos atores sociais significativos nas Companhias de Saneamento, como a Sanepar, a Sabesp, pioneira no uso de efluentes no Brasil e na prefeitura de São Caetano (RMSP), que compra o efluente tratado da Sabesp e o utiliza para fins urbanos variados.

Por questionário, segundo GIL (2002, p.114), entende-se um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado, sendo que se procurou a elaboração de questões centrais que traduzissem o quarto objetivo específico deste trabalho.

Para a realização das averiguações à respeito do reúso da água na empresa de saneamento de São Paulo, foi realizada visita às instalações da Sabesp, onde se aplicou o primeiro questionário (APÊNDICE 2), e à ETE Barueri no dia dois de dezembro de 2005. Na cidade de São Caetano do Sul, visitou-se o DAE, para a aplicação do segundo questionário (APÊNDICE 3), e a ETE ABC no dia três de dezembro de 2005. Para a obtenção das informações sobre a Sanepar (APÊNDICE 4), a visita foi realizada no dia 24 de março de 2006, em Curitiba.

3.1.4 Metodologia utilizada para as análises de caracterização dos efluentes

Os efluentes utilizados nos ensaios de reúso foram coletados e analisados pela equipe do Laboratório de Controle da Poluição da PUCPR. Os bolsistas envolvidos, alocados junto ao PROSAB 4 / CTHIDRO, empregaram rotinas internas, referenciadas pelo “Standard Methods for Water and Wastewater (1998)” para as análises físico-químicas e biológicas.

3.2 Caracterização da Área de Estudo

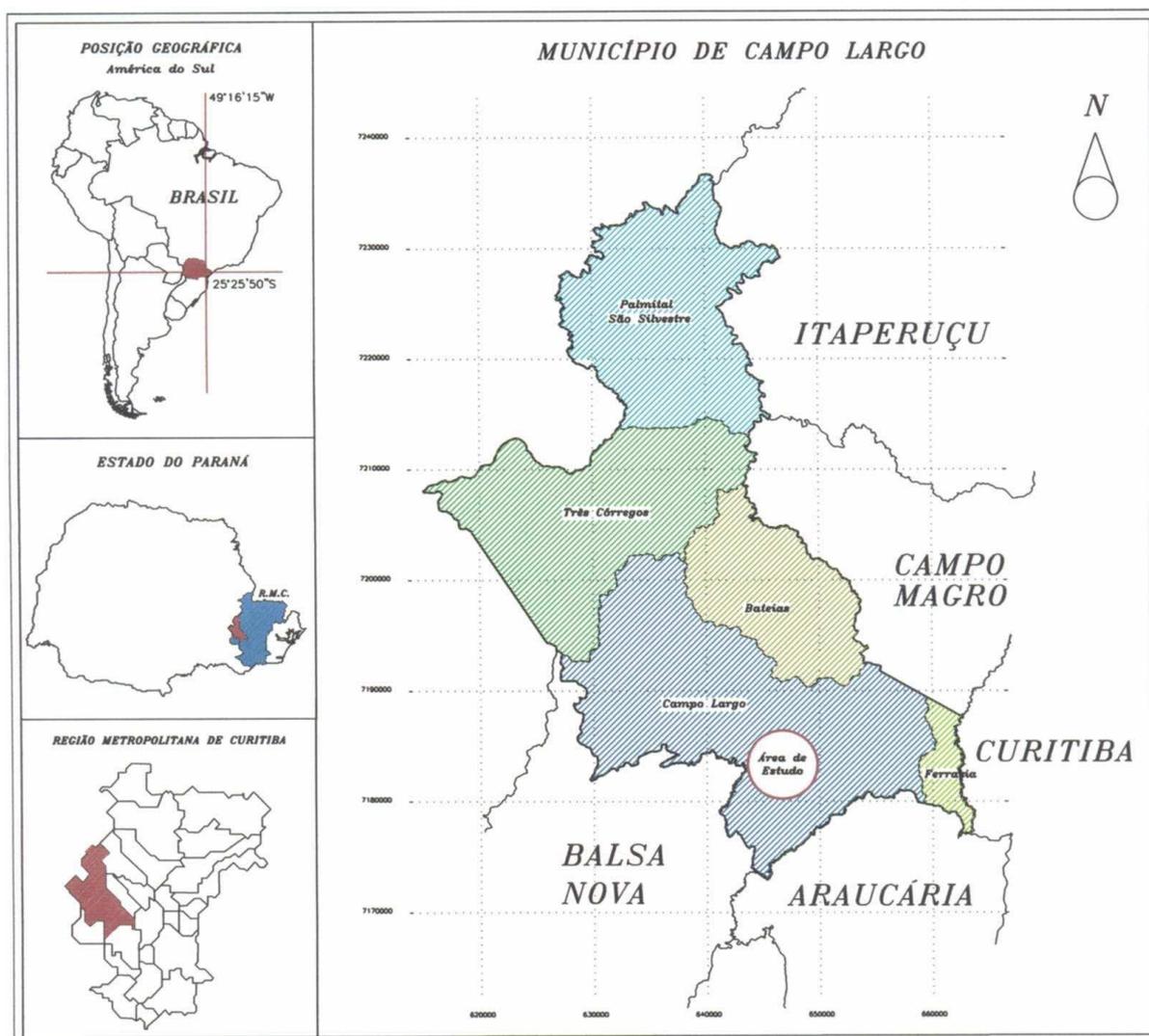
A área de abrangência deste estudo é o Município de Campo Largo, distante 25 km de Curitiba, localizado a oeste da capital, fazendo limite com os municípios de Araucária, Balsa Nova, Castro, Curitiba, Campo Magro, Itaperuçu, Palmeiras e Ponta Grossa.

Apresenta um aspecto alongado, com uma área de 1246,10 km², uma altitude de 956,0 m, criando enormes distâncias, favorecendo o isolamento de diversas localidades. Sua divisão administrativa contempla cinco distritos: Campo Largo, São Silvestre, Três Córregos, Bateias e Ferraria, sendo que os distritos de Três Córregos e São Silvestre são nitidamente rurais.

A Figura 3.2, apresenta o município a partir do mapa do Brasil, sua localização no Estado do Paraná, sua inserção na Região Metropolitana de Curitiba com seus distritos.

Os limites naturais do município são o rio Itaqui a sudoeste, a serra de São Luís do Purunã a oeste, o rio Conceição a noroeste, o rio Ribeira (ou Ribeirinha) a norte, o Açungui a nordeste, o Córrego Frio e o rio Ouro Fino a leste, o Passaúna a sudeste, e o rio Verde ao sul.

Figura 3.2 - Município de Campo Largo e seus distritos.



A denominação Campo Largo é antiga, oriunda desde os tempos de desbravamento dos Campos de Curitiba. Nos anos de 1960 e 1970, em decorrência do acentuado crescimento urbano, as atividades voltadas às extrações de areia floresceram, principalmente, na região sul. Nesta mesma época, o município de Campo Largo, que já possuía tradição em artefatos feitos à base de argila, iniciou o ciclo da cerâmica, contando hoje com três grandes empresas (Incepa, Schmidt e Lorenzetti), entre outras pequenas cerâmicas de menor porte.

3.2.1 Vias de Acesso

O principal acesso a Campo Largo é através da BR-277, que atravessa o extremo sul do município no sentido leste-oeste e ligam o litoral paranaense e a Região Metropolitana de Curitiba ao interior do Estado, região centro-oeste do Brasil, Argentina e Paraguai.

Além da Rodovia Federal (BR277), o município é servido por três rodovias estaduais: PR-090, ou estrada do Cerne, que parte de Curitiba em direção a Castro e ao Norte do Paraná, atravessando o norte do município; a PR-510, com um trecho incorporado à malha urbana da cidade e que liga esta a Balsa Nova e a Bateias; a PR-423, ou via Metropolitana 1, que liga a BR-277 à BR-116, contornando o núcleo urbano de oeste a sul e que se destina ao escoamento do tráfego pesado e de cargas industriais (PDDI, 2004).

3.2.2 Clima

O clima predominante em Campo Largo é do tipo Cfb, o qual abrange o Primeiro Planalto do Paraná. Apresenta como particularidade ser Subtropical Úmido Mesotérmico. Na Bacia do Rio Verde, onde está inserido o município, a umidade relativa do ar é da faixa de 80% e a temperatura média do mês mais frio fica entre (-)3°C e 18°C, enquanto no mês mais quente a temperatura média mantém-se acima de 10°C e abaixo de 22°C. A temperatura pode apresentar extremos de 35°C, no verão, e (-) 6°C, no inverno, sendo considerada uma média anual de 16°C.

3.2.3 As Unidades Ambientais

São três os grandes ambientes municipais denominados Unidades Ambientais para os quais os nomes escolhidos referenciam seus mais importantes elementos naturais: Purunã (nome do trecho da escarpa devoniana entre os Primeiro e Segundo Planaltos), Açungui

(principal rio da região norte do município) e Itaqui-Passaúna (rios que limitam a região sul do município).

3.2.4 Principais Parques e Praças no Município

Parque Histórico do Mate

É um complexo cultural e de lazer, com uma área é de 302.000 m², que tem por objetivo reconstituir o processo tradicional de produção e beneficiamento da erva-mate e sua influência nos hábitos, cultura e economia do Paraná.

Parque Cambuí

O parque Cambuí é um parque municipal localizado junto ao rio Cambuí, com aproximadamente 1.439.307 m², mas que, no entanto, não possui infra-estrutura adequada para ser utilizado para o lazer da população. Possui o horto florestal do município onde são produzidas mudas de erva – mate.

As praças mais importantes seriam a Praça Atílio Almeida Barbosa e a Praça Getúlio Vargas.

3.2.5 Aspectos Populacionais

O crescimento demográfico de município de Campo Largo pode ser observado através dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/2000), na tabela e gráficos que seguem, onde são apresentados os números das populações urbana, rural e total.

Tabela 3.1 - Campo Largo- PR: Populações Totais para cada década.

ANO	POPULAÇÃO (hab)				TOTAL
	URBANA	%	RURAL	%	
1950	4.032	15,30	22.333	84,70	26.365
1960	9.150	28,35	23.122	71,65	32.272
1970	15.927	46,30	18.478	53,70	34.405
1980	37.427	68,17	17.474	31,83	54.901
1991	53.892	74,31	18.631	25,69	72.523
2000	77.223	83,23	15.559	16,77	92.782

Fonte: IBGE/2000

Fonte: PDDI (2004).

Os dados anteriores demonstram que o Município registrou, no período analisado (censo/2000), um crescimento populacional na ordem de 253%. A análise dos dados da população permite concluir que em todas as décadas a população urbana demonstrou tendências de crescimento.

Em relação à distribuição da população, ocorreu no Município o mesmo fenômeno de êxodo rural registrado nos demais municípios brasileiros.

3.2.6 Organização político – administrativa

As áreas de cada distrito estão relacionadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Área Urbana dos Distritos de Campo Largo

Distritos	Área Urbana	População total (hab)
Sede (Campo Largo)	87,58 km ²	72.126
Bateias	4,51 km ²	4.040
Três Córregos	5,71 km ²	2.563
São Silvestre	1,61 km ²	2.020
Ferraria	12,15 km ²	12.031

Fonte: PDDI (2004).

3.2.7 Disponibilidade Hídrica

O município de Campo Largo estende-se em áreas de duas grandes bacias: do Alto Iguaçu (cerca de 21 % da área do município) que é afluente do rio Paraná, e a do rio Ribeira (cerca de 79% da área do município) que deságua no litoral.

Tabela 3.3 - Campo Largo – PR: Unidades Ambientais, Bacias Hidrográficas e Distritos a que pertencem.

Unidade Ambiental	Área (km ²)	Bacia Primária	Bacia Secundária	Distritos
Purunã	129	Ribeira	Açungui	Três Córregos
Açungui	822	Ribeira	Açungui Ribeira (ou Ribeirinha)	Três Córregos São Silvestre Bateias Sede
Itaqui-Passaúna	241	Alto Iguaçu	Itaqui Verde Passaúna	Sede Ferraria

Fonte: PDDI (2004).

A bacia do Ribeira, cujas vertentes deságuam no Oceano Atlântico, apresenta, no Estado do Paraná, uma área de 9.920 km², sendo 47% dessa área localizada na Região Metropolitana de Curitiba. Subdivide-se em seis sistemas de bacias, das quais duas parcialmente constituídas por áreas em Campo Largo - a bacia do rio Açungui, que corre no sentido sudoeste-nordeste da UA Açungui e em algumas de suas nascentes na UA. A bacia do rio Açungui, com 782 km² (65% do total do município), compreende a área da UA Purunã e a maior parte da UA Açungui e, devido à sua morfologia, apresenta-se como importante potencial para a geração de energia elétrica e a captação de água para abastecimento.

A bacia do rio Ribeirinha, com 168 km² (14% do total do município), apresenta características semelhantes, porém o seu aproveitamento é ainda difícil, por corresponder à região mais remota do município.

A bacia do Alto Iguazu pertence ao grande complexo do rio Paraná. Apenas 5% dos seus 20.800 km² de extensão corresponde a áreas da Região Metropolitana de Curitiba, onde se encontram as nascentes e os principais afluentes da cabeceira do rio Iguazu. Em Campo Largo, corresponde à UA Itaqui-Passaúna e estende-se por cerca de 241 km².

São três os rios que constituem as bacias secundárias do Alto Iguazu em Campo Largo: o Itaqui, o Verde e o Passaúna.

A bacia do rio Itaqui estende-se de nordeste a sudoeste ao longo da linha do divisor Ribeira/ Alto Iguazu, compreendendo as porções norte e oeste da cidade de Campo Largo. Limita-se a leste com a sub-bacia do rio Verde e o seu principal curso de água, o rio Itaqui, é divisa natural com Balsa Nova, a Oeste da UA Itaqui-Passaúna. Apresenta uma área de 69 km² (6% do total do município).

Não obstante esta bacia ser um dos mananciais de água para o abastecimento da cidade de Campo Largo, é também receptora de esgotos sanitários provindos da crescente ocupação urbana, o que compromete a qualidade da água para o abastecimento público.

A bacia do rio Verde localiza-se entre as bacias do rio Itaqui e do rio Passaúna, estendendo-se de norte para sudoeste da UA Itaqui-Passaúna. Possui 139 km² de superfície de drenagem (12% do total do município). A jusante da represa construída pela Petrobrás para abastecer a refinaria de Araucária, o rio Verde recebe as águas servidas do rio Cambuí

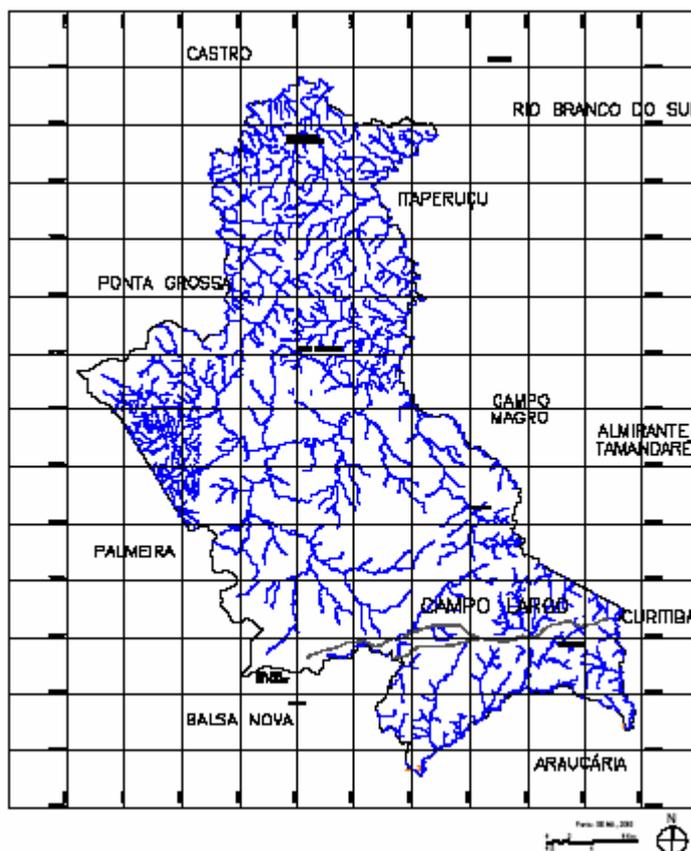
que divide, com o rio Itaqui, a recepção dos efluentes domésticos e industriais da Sede de Campo Largo.

A bacia do Rio Cambuí, na seção da BR 277, drena uma área aproximada de 3,4 km² com topografia não muita acidentada, e se observa uma área significativamente grande com características de um terreno com lençol freático bastante próximo da superfície.

As áreas de ocupação urbana, dentro desta bacia, podem comprometer a qualidade da água destinada ao abastecimento.

Todavia, uma vez que o rio Verde está definido como um possível manancial de abastecimento de Campo Largo, é necessário restringir e controlar intensamente a expansão desta ocupação, principalmente ao longo da BR-277, sob risco de se comprometer a última boa opção de captação de água próxima à Sede.

Figura 3.3 - Rede Hidrográfica do Município de Campo Largo



Fonte: PDDI (2004).

3.2.8 Sistema de Abastecimento de Água

O município mantém um contrato de concessão de operação e manutenção dos sistemas de distribuição de água e de coleta e de tratamento de esgoto com a SANEPAR.

A administração do sistema de abastecimento de água foi exercida de 1966 a 1972 pela Companhia de Água e Esgotos Sanitários Aguilar de Campo Largo, sendo então incorporada pela Sanepar (MONTEIRO; PEREIRA, 2000).

De acordo com o PPDI (2004), foi diagnosticada uma necessidade de relocação da Estação de Captação do rio Itaqui a jusante de sua localização atual.

Na Tabela 3.4, estão relacionadas as fontes de captação de água, suas respectivas vazões e as suas localizações.

Tabela 3.4 - Campo Largo – PR: Fontes de Captação de Água, Localização e respectivas Vazões.

Fonte	Localização	Vazão (m ³ /hora)	Vazão (L/s)
Rio Itaqui	BR 277 Sul-Itaqui	227	63,2
Rio Verde	Cercadinho	154	42,7
Poço Água Mineral	Jardim Paraíso	50,5	14
Poço São Caetano	São Caetano	67,32	18,1
Poço 1- Ferraria	Rua A Bolinete	6,22	1,7
Poço 2-Col. A. Rebouças	Rua João J. Marochi	6,01	1,6
Poço 3- Dona Fina	Rua Pintassilgos-Ferraria	11,11	3,0
Poço 4- Dona Fina	Rua Arapongas-Ferraria	17,34	4,8
Poço 5- Dona Fina	Rua Gralha Azul-Ferraria	15,5	4,3
Poço 1- Estrada Do Cerne	Bateias	11,2	3,11
Poço 1	BR 277 km 104- J. Guarani.	9,1	2,52
Poço 2	Rua Alecrim, 11. J Guarani	1,7	0,47
Poço 3	Rua Alecrim, s/n. J. Guarani.	9,9	2,75

Fonte: Adaptado do PDDI (2004).

Após o tratamento, o sistema armazena as águas tratadas em reservatórios, cuja capacidade total é de 3.925 m³, sendo 3 reservatórios com capacidade total de 2.800 m³ em Campo Largo (Sede); Cercadinho, 3 reservatórios com capacidade de 800 m³; Ferraria e Rebouças, 5 reservatórios com capacidade de 235 m³; Bateias, 1 reservatório com capacidade de 30 m³ e Jardim Guarani com 1 reservatório com capacidade de 60 m³.

O número de ligações ativas no município é de 23.163 em Campo Largo e Ferraria, 287 em Bateias e 738 no Jardim Guarani, totalizando 24.188 economias de água ativas possuindo um volume total de água distribuído de 358.170 m³ em Campo Largo e Ferraria; 11.303 m³ no Jardim Guarani e 4.826 m³ em Bateias, totalizando 374.299 m³.

Deste total o volume de água distribuído com tratamento de simples desinfecção é de 113.754 m³ em Campo Largo e Ferraria, no Jardim Guarani, 11.303 m³ e em Bateias 4.828 m³, totalizando 128.885 m³.

A extensão da rede de distribuição de água em Campo Largo e Ferraria é de 448.581 m, em Bateias 11.758 m e no Jardim Guarani 9.907 m, totalizando 470.246 m de rede de distribuição de água. A Tabela 3.5 apresenta o número de economias atendidas, por tipo de distribuição de água.

Tabela 3.5 - Número de economias atendidas pelo sistema de distribuição de água.

	Número de economias	Número de ligações
Residenciais	21.868	20.130
Comerciais	1.108	1.034
Industriais	98	98
Utilidade Pública	164	164
Poder Público	132	132
TOTAL	23.370	21.558

Fonte: PDDI (2004).

A Unidade de Produção Itaqui é a mais expressiva fornecedora de água da cidade. Em 1996, um projeto experimental foi iniciado nesta estação, visando desenvolver e testar um modelo gerencial que propiciasse melhorias contínuas de qualidade e produtividade em sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, aplicando conceitos e instrumentos de qualidade. O resultado deste projeto foi a obtenção da certificação NBR ISO 9002: 1994 do sistema de qualidade da Unidade de Produção Itaqui.

Esta unidade foi inaugurada em 1994, e tem uma capacidade de produção de água tratada de aproximadamente 63 L/s (MONTEIRO; PEREIRA; 2000). A água é captada no

Rio Itaquí, distante cerca de 5 km da unidade produtiva. A vazão outorgada cedida pela Suderhsa é de 276 m³/hora.

3.2.9 Coleta e tratamento de esgotos

O levantamento e o mapeamento da infra-estrutura sustentada pela cidade revela sérias deficiências, principalmente relativas às condições do saneamento básico, sendo que somente uma parte da sede é atendida pelo serviço de coleta de esgoto. Devido a importância desta infra-estrutura, torna-se urgente a ampliação da rede existente neste local (PDDI, 2004).

O não atendimento desta demanda poderá causar danos ambientais, tais como a contaminação de nascentes e do próprio lençol freáticos, imprescindíveis para o abastecimento de água do município.

Outra região que também possui uma demanda por um sistema de coleta e de tratamento de esgotos é a região do Distrito de Ferraria, pois está inserida nas APA's do Rio Verde e Passaúna.

A SANEPAR é a concessionária responsável pela coleta e pelo tratamento dos efluentes sanitários de Campo Largo, possuindo uma rede de coleta com 147.734 m, correspondendo ao atendimento de 6.467 economias de esgoto.

Segundo informações da SANEPAR Campo Largo, as localizações das ETEs de Campo Largo são as seguintes:

1-ETE Cambuí – Está localizada na rua João Stukas, onde foram realizadas diversas visitas técnicas e foi a estação utilizada neste trabalho.

2-ETE Itaquí (sistema tipo Ralf) – Localizada na BR 277 Sul.

A Tabela 3.6 apresenta o número de economias atendidas pelo sistema de coleta de esgoto, por tipo de uso.

Tabela 3.6 - Campo Largo – PR: Economias Atendidas pelo Sistema de Coleta de Esgotos Sanitários

	NÚMERO DE ECONOMIAS	NÚMERO DE LIGAÇÕES
Residenciais	5.833	5.296
Comerciais	518	468
Industriais	20	20
Utilidade Pública	45	48
Poder Público	51	52
TOTAL	6.467	5.884

Fonte: PDDI (2004).

3.3 Materiais

3.3.1 ETE utilizada – ETE Cambuí

Esta estação situa-se no município de Campo Largo, sendo objeto de estudo e monitoramento da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) em relação ao pós-tratamento do reator anaeróbio de lodo fluidizado (RALF), flotação por ar dissolvido (FAD) e a desinfecção de efluentes, com dióxido de cloro (AISSE et al, 2001; 2003).

Projetada em 1996, e operada pela Sanepar, para uma vazão de projeto de 100 L/s e uma vazão operacional de 64 L/s, a ETE Cambuí possui um complexo fluxograma, cujo efluente está próximo ao requerido em qualidade por muitas atividades industriais e urbanas não potáveis. Desta forma o efluente final é considerado de ótima qualidade na maior parte do tempo.

O fluxograma incorpora os reatores RALF e o sistema FAD, além da desinfecção com dióxido de cloro. A qualidade dos efluentes de reatores anaeróbios, para o tratamento de esgotos sanitários, em geral, não atende às exigências ambientais. Para isso, é necessária a aplicação de um sistema complementar para a melhoria do efluente final da estação.

Na ETE Cambuí, a FAD é utilizada no pós-tratamento dos dois reatores anaeróbios, iniciando-se com o processo de coagulação química, aplicando-se o cloreto férrico ao efluente dos reatores RALF, em uma câmara de mistura rápida. Em seguida, o esgoto é enviado ao floculador e posteriormente ao flotador.

Neste tanque, o efluente floculado é misturado à água clarificada e supersaturado de ar. Com a exposição à pressão atmosférica, a água libera o ar em forma de microbolhas e ao ascender promove a flotação dos flocos já formados. O efluente resultante apresenta excelente qualidade, sendo encaminhado para a desinfecção final com dióxido de cloro.

O projeto neste local pode ser assim sumarizado:

Fluxograma: RALF + coagulação/ FAD + Desinfecção.

Tanque de contato: $V = 60 \text{ m}^3$ (10,0 x 2,0 x 3,0 m) – Tipo Chicana

Vazão de Projeto: 100 L/s.

A estação foi monitorada pela PUCPR, no âmbito do PROSAB 2, revelando um efluente do flotador com valores de $71 \pm 12 \text{ mg/L}$, $5 \pm 2 \text{ mg/L}$, $30 \pm 1 \text{ mg/L}$ e $4,1 \pm 2,7 \text{ UT}$ medidos, respectivamente, para DQO, DBO, STS e Turbidez (AISSE et al., 2001).

Figura 3.4 - Vista Aérea da Estação De Tratamento de Esgotos Cambuí Campo Largo.



Fonte: Aisse (2002), citando Jurgensen.

3.3.2 Incepa

3.3.2.1 Histórico da Incepa

A Roca, um dos maiores grupos industriais da Espanha, fundada em 1917 pelos irmãos Roca, adquiriu em 1999 a Keramik Holding Laufen, que no Brasil detinha as marcas Incepa (Revestimentos e Pisos Cerâmicos), Celite (Louças Sanitárias) e Logasa.

O Grupo Laufen, de origem suíça, iniciou suas atividades em 1892 e, em 1952, começou sua expansão internacional, quando ingressou no mercado brasileiro fundando a Fábrica de Revestimentos Cerâmicos em Campo Largo (PR). Em 1976, diversificando, o grupo adquiriu a empresa Cidamar, fabricante de louças sanitárias, de Jundiaí (SP). E, em 1997, incorporou a Celite, tornando-se líder absoluta do mercado nacional de louças sanitárias. Hoje, o grupo Roca, líder mundial em produtos para banheiros, tem 42 fábricas em 17 países.

Como uma das maiores empresas do Paraná, a Incepa Revestimentos emprega cerca de 1300 funcionários em duas unidades fabris – Campo Largo e São Mateus do Sul-, tendo uma capacidade de produção de 17 milhões de metros quadrados ao ano, em pisos e revestimentos. Exportam cerca de 40% de sua produção para países dos cinco continentes, com destaque para os Estados Unidos.

Figura 3.5 - Vista aérea da Incepa Campo Largo



Fonte: Garret (2005).

3.3.2.2 Meio Ambiente

O cuidado com o meio ambiente é preocupação constante entre todos os colaboradores da Incepa. Nas duas unidades – Campo Largo e São Mateus do Sul – modernas instalações de tratamento e reciclagem de efluentes industriais, recuperam e reciclam os resíduos sólidos e garantem o tratamento da água.

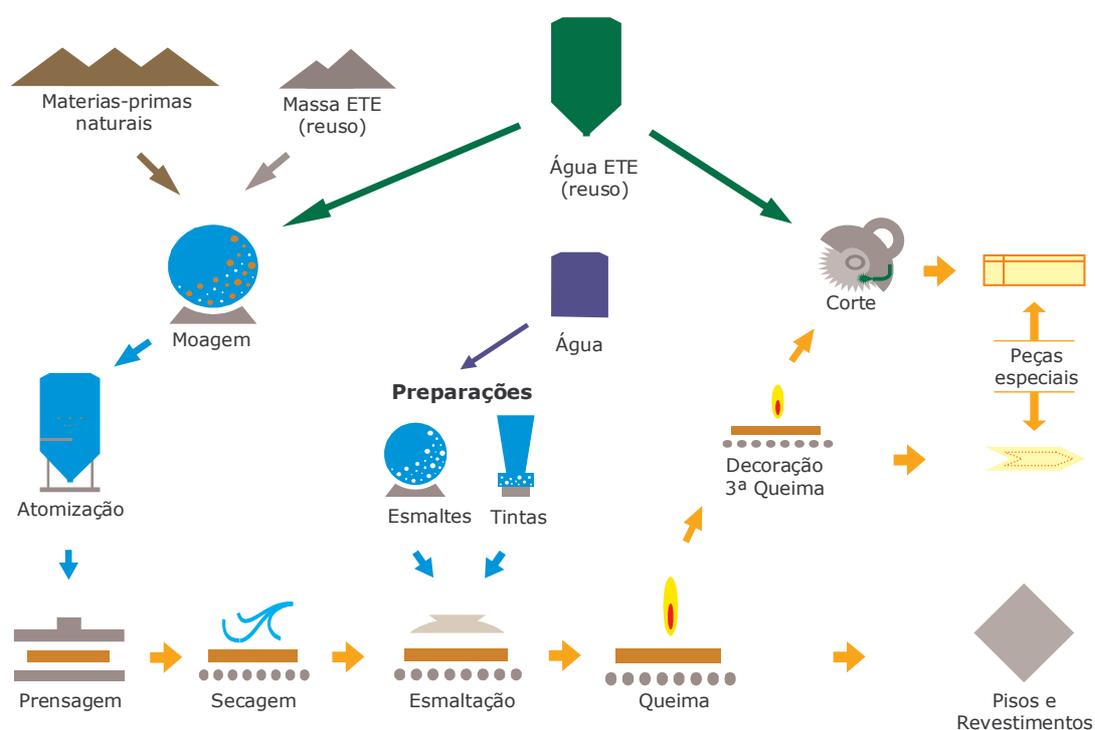
Fica assim assegurado que os efluentes não causem nenhum impacto ambiental. Os poluentes particulados também são controlados. A Incepa Campo Largo foi também uma das primeiras empresas no Brasil a utilizar o gás natural como combustível, garantindo assim um menor impacto ambiental no ar. Está localizada na Rua Padre Natal Pigato, no. 974, em Campo Largo, Paraná.

3.3.2.3 Processo de Fabricação

Nas fábricas 1, 2 e 3 em Campo Largo, a Incepa produz revestimentos e peças especiais para parede, através dos seguintes processos: Monoqueima, Biqueima tradicional, Biqueima rápida e 3ª queima. O revestimento cerâmico é composto basicamente pelo Suporte e pelo Esmalte. O Suporte, também é conhecido como biscoito, é o corpo da peça cerâmica feito por prensagem de uma massa granulada obtida através da atomização da barbotina, ou massa líquida, esta composta por argilas, caulins, quartzo e água. Além dos materiais citados, a Incepa ainda utiliza na composição da massa, os sólidos separados na ETE, consumindo desta forma todo o resíduo sólido resultante do tratamento dos efluentes colhidos nas fábricas.

O Esmalte seria a camada vítrea que confere acabamento final ao revestimento, composta por esmaltes e tintas próprios para cerâmica, cuja formulação inclui, além do material vítreo, caulins, corantes e fluidos orgânicos especiais para esmaltes e tintas. A Figura 3.6, mostra o fluxograma do processo industrial da Incepa e as diferentes origens das águas utilizadas no processo de fabricação dos pisos e revestimentos cerâmicos:

Figura 3.6 - Processo de fabricação e origem das águas da Incepa.



3.3.2.4 Tratamento de água da Incepa (ETA Incepa).

A água é um produto que participa de praticamente todas as fases do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos.

A Incepa consome mensalmente cerca de 15.000 m³ de água, a qual é captada de um açude próprio (Tanque do Cecato) e tratada em estação específica própria da Incepa, tornando essa água potável. A água distribuída pela Sanepar nas Fábricas I e II, só é utilizada

em caso de emergência, sendo o consumo médio de 100 m³/mês.nas Fábrica III, o consumo de água da Sanepar é de 1070 m³/mês.

3.3.2.5 Tratamento de efluentes da Incepa – ETE Incepa

O esgoto industrial gerado na indústria é tratado dentro da própria indústria, em uma ETE que realiza tratamento físico-químico. Já o esgoto doméstico é lançado na rede da Sanepar.

Nesta estação são tratados os efluentes recolhidos nas fábricas, originados basicamente na lavagem de moinhos de massa e esmaltes; na limpeza de máquinas de esmaltação e decoração; na lavagem de tanques de massa e esmaltes; lavagem da torre de atomização; limpeza dos pisos das áreas de preparações e esmaltações e água de resfriamento de discos de corte de revestimentos.

O efluente tratado nessa estação é composto em sua maior parte por água, argilas, caulins, quartzo e, em menor quantidade por produtos orgânicos diversos usados na preparação interna de tintas e esmaltes cerâmicos.

No processo de fabricação da Incepa não são utilizados materiais contendo metais pesados como mercúrio, chumbo ou outros, nocivos à saúde humana e meio ambiente. Na decoração de peças especiais, em que são utilizados ouro, platina e lustres, todo o rejeito é colhido em recipientes e descartado adequadamente através de empresas especializadas. Na área onde esses materiais são utilizados, não existem canaletas para coleta de rejeitos.

Para a coleta dos efluentes, há no interior da empresa, canaletas construídas especialmente para esse fim. Ainda nessa canaleta existem barreiras para sedimentação de sólidos, os quais são periodicamente retirados mecanicamente e depositados em local próprio para formação de pilhas. Estas pilhas são homogeneizadas e analisadas para serem totalmente reaproveitadas na composição da massa, juntamente com as matérias primas naturais.

Das canaletas, a parte mais líquida segue para oito poços de coleta, de onde são bombeados para a estação de tratamento de esgotos da própria Incepa através de bombas que ligam automaticamente.

Após a filtração, a água é armazenada num tanque, de onde é distribuída por bombeamento para dois pontos distintos de consumo (corte e moinhos).

A água excedente do tratamento é extravasada para um corpo receptor, denominado Rio Cambuí.

Durante o processo de tratamento são feitos controles nas suas diversas fases. Seriam os controles internos, realizados no próprio local, e os externos, feitos em laboratório externo. Os internos seriam a taxa de sólidos sedimentáveis, o pH do efluente de entrada, o pH do efluente tratado, a turbidez do efluente tratado, o monitoramento das dosagens dos produtos usados no tratamento e o controle de consumo e produção da estação. Os externos são realizados no efluente tratado por laboratório credenciado junto ao IAP, sendo o controle do pH, os sólidos sedimentáveis, a Demanda Química de Oxigênio, a Demanda Bioquímica de Oxigênio e os óleos e graxas.

Os volumes mensais atuais envolvidos no tratamento são os seguintes (dados fornecidos em dezembro de 2004): efluente total tratado, 6.600 m³; reuso em moinhos, 1.800 m³; reuso em corte, 3.700 m³; descarte, 1.100 m³ e a massa ETE gerada é de 200 toneladas. Essa torta, chamada de massa ETE, que contém cerca de 60 % de sólidos, é acumulada em pilhas para homogeneização e, após análise, é totalmente reaproveitada no processo fazendo parte também da composição da massa.

O descarte ao corpo receptor, de parte do efluente tratado, deve-se a um descompasso existente entre produção de rejeitos e consumo de efluente tratado pela fábrica, causado pelos diversos regimes de horários que não coincidem com o da estação.

Com o objetivo de reusar a totalidade do efluente gerado, a Incepa está investindo em instalação de circuitos fechados na Fábrica 3, para as máquinas de corte e, também em equipamento de duas cisternas para armazenamento temporário do excedente de efluente tratado, o que irá absorver as diferenças de estoques havidas pela diferença entre horários de produção e de consumo dos efluentes.

Ao efluente gerado na ETE Incepa, é adicionado cloro para, preventivamente, proteger todo o circuito pelo qual a água passa, desde o filtro na saída da estação, passando pelas tubulações e tanques de armazenamento até o consumo final no processo. Este procedimento é realizado devido ao fato de que o efluente bruto pode apresentar algum resíduo de matéria orgânica e não se realizar o tratamento biológico na estação.

Na Fábrica em São Mateus do Sul, as instalações são mais modernas, fazendo com que exista um circuito fechado para as águas dos moinhos, reaproveitando 100% do efluente.

Na Tabela 3.7, as análises realizadas na água da ETE e ETA, no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005.

Tabela 3.7- Análises do efluente da Incepa no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005

Parâmetros	Unidade	Permitido	Fev/05	Jan/05	Dez/04	Nov/04	Out/04	Set/04	Média
pH	-	5 a 9	7,44	8,43	7,09	7,45	6,67	7,35	7,40
DQO	mg/L	200	112	63	56	106	78	112	87,8
DBO	mg/L	50	39	20	19	40	20	40	29,6
Óleos e graxas	mg/L	50	46,4	6,4	6	3,8	5	5	12,1
Sólidos sed.	mL/L/h	< 1	< 1	<1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Obs.: amostra coletada após tratamento, antes do lançamento ao rio

Fonte: Garret (2005).

Na Tabela 3.8, encontram-se as produções das estações ETE e ETA, com as médias dos últimos três meses.

Tabela 3.8 - Produções das estações ETE E ETA Incepa de janeiro de 2004 fevereiro de 2005 e medias dos últimos três meses.

Produção das estações ETE/ETA CLG (m3)										
	ETE							ETA		
	Prod	Reuso fab	Reuso lg	Cambui	Reciclo	Torta	Sanepar	Prod	Sanepar	Total
JAN	7.473	2.445	2.956	2.072		236	2,0	14.988	101	15.089
FEV	6.371	1.785	2.055	2.531		205	0,7	12.689	120	12.809
MAR	8.142	1.702	2.661	3.779		219	2,1	14.575	165	14.740
ABR	7.473	883	3.465	3.125		202	0,9	13.298	98	13.396
MAI	7.449	1.273	3.250	2.926		200	1,1	13.033	85	13.118
JUN	7.819	1.480	3.283	3.056		183	2,5	13.488	97	13.585
JUL	8.464	2.011	3.885	2.568		256	2,0	13.181	640	13.821
AGO	8.052	1.942	3.914	2.196		284	9,3	13.743	103	13.846
SET	7.524	1.650	3.569	2.305		242	14,7	15.428	85	15.513
OUT	6.470	1.305	3.817	1.348		181	3,6	15.456	98	15.554
NOV	6.095	1.367	3.580	612	536	207	4,7	14.893	101	14.994
DEZ	5.718	1.363	4.203	152	304	227	7,0	16.836	203	17.039
JAN	5.172	1.087	4.013	72	828	189	2,7	15.641	82	15.723
FEV	4.187	740	3.447	0	418	174	4,1	13.110	54	13.164
Média últimos 3 meses										
Mês	5.026	1.063	3.888	75	517	197	5	15.196	113	15.309
Dia	219	46	169	3	22	8,6	0,20	661	5	666
Hora	13	3	10	0	1	0,5	0,01	38	0	38

Fonte: Garret (2005).

3.3.3 Companhias de Saneamento Básico

3.3.3.1 Sabesp

Os serviços de saneamento de São Paulo foram administrados por empresas privadas até 1893, quando o governo da então Província de São Paulo assumiu a administração da Companhia Cantareira. Com o crescimento da Região Metropolitana, criou-se em 1954, o Departamento de Águas e Esgoto (DAE), subordinado à Secretaria de Viação e Obras Públicas e com poderes sobre os municípios de São Paulo, Guarulhos, São Caetano, Santo André e São Bernardo do Campo.

A primeira mudança institucional significativa na área de abastecimento de água só aconteceu em 1968, com a criação da Companhia Metropolitana de Água de São Paulo – Comasp. Dois anos depois foram criadas as Companhias de Saneamento Metropolitano de São Paulo – Sanesp – e o Fundo Estadual de Saneamento Básico – Fesb.

Em 1973, com a implantação do Plano Nacional de Saneamento – Planasa, foram criadas companhias estaduais de saneamento. Surge, então, em São Paulo, a Sabesp – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – que incorporou as empresas e autarquias que gerenciavam o abastecimento de água e coleta de esgotos em São Paulo, além de duas outras empresas que atuavam no interior e litoral.

Desde então, a Sabesp é responsável pelos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos para a cidade de São Paulo e para vários outros municípios do Estado de São Paulo, sob o sistema de concessão. Possui 11.105.000 ligações de água e esgoto, 87.167 km de redes de distribuição de água e coleta de esgotos e 626 estações de tratamento de água e esgoto (SABESP, 2005).

3.3.3.2 Sanepar

A Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar - foi criada em 1963, com o objetivo de exploração de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado do Paraná. De acordo com Oliveira e Fernandes (2002), nesta ocasião, apenas 25% da população recebia água tratada; dos 243 municípios, havia sessenta serviços de abastecimento e dezenove cidades com serviço de esgoto. Em 2006, a empresa está presente em 621 localidades, beneficiando mais de 8,1 milhão de habitantes (SANEPAR, 2006).

Atende com água tratada 98,8 % da população urbana e com serviço de esgoto sanitário 45,8 %.

Possui contratos de concessão com municípios que representam 99% de sua receita. A companhia é líder em qualidade, o que é evidenciado pelo fato de ter sido a primeira companhia brasileira a receber certificados ISO – 9002 para o sistema produtor de água Itaquí, da cidade de Campo largo – PR; e ISO – 14001 para um sistema completo de água de água e esgoto, de Foz do Iguaçu, PR. A Sanepar também presta serviços de coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos da cidade de Cianorte – PR, com 80.000 habitantes.

A companhia paranaense é hoje referência na América Latina e presta serviços de consultoria e promove intercâmbios e parcerias com outras companhias de saneamento. Possui um foco social, que vai além da mera prestação de serviços públicos, concentrando esforços na transmissão de informações, na educação e na conservação ambiental.

Quanto à gestão da empresa, até 1994, seu modelo em pouco se diferenciava do modelo tradicional das organizações concessionárias de serviços públicos (OLIVEIRA; FERNANDES, 2002). Era caracterizada pela rígida definição de fronteiras das concessionárias, excessiva regulamentação e ausência de competição. Estes fatores favoreceram modelos centralizados e funcionais de organização de produto único, onde a autoridade e a responsabilidade pelas decisões eram concentradas na diretoria, cabendo aos demais níveis hierárquicos a implantação e o controle das operações, segundo normas e critérios decididos pelo topo.

A partir de 1995 uma nova diretoria assume a empresa, impondo novas diretrizes implantando um novo modelo de gestão. Entre os fatores que influenciaram a mudança de rumo estão a quebra do monopólio na área de saneamento; o aumento da concorrência; o ambiente privatizante; a estabilidade econômica e a incapacidade de encobrir ineficiências via aumentos tarifários inflacionários e a regionalização das tarifas. Do ponto de vista interno, pressionaram a mudança os sucessivos prejuízos com as quais a empresa vinha arcando, aliados à incapacidade financeira do Estado para cobri-los e viabilizar novos investimentos devido à expansão econômica e demográfica do Paraná e o aumento nas necessidades de saneamento.

Este novo modelo de gestão constituiu na eliminação da antiga estrutura hierárquica funcional da empresa de cinco níveis para a adoção de uma estrutura de duas dimensões: a

dimensão estratégica ou holding e a dimensão operacional ou unidades de negócios. As relações entre uma dimensão e outra se dá, fundamentalmente, mediante dois mecanismos: os contratos de gestão, negociados entre holding e unidades de negócios, pelo qual as unidades estabelecem os desdobramentos das metas estratégicas no tempo e montante de recursos necessários. É praticado, então o sistema de franchising, através do qual a holding fornece parâmetros de funcionamento para as unidades, prestando-lhes assistência e tendo a contrapartida em relação a resultados e valorização da marca Sanepar.

Estruturou-se dois tipos de Unidades de Negócios, as de Receita e as de Serviços. As de Receita caracterizam-se por prestar serviços de monitoramento de mananciais, reservação de água bruta, produção e fornecimento de água tratada diretamente ao cliente, é por onde a receita entra na empresa e são classificadas em administração regional, agrupada, isolada e particionada.

Tabela 3.9 – Sanepar: Classificação das Unidades de Receita

	Ligações de água e esgoto de cada localidade	Receita anual (R\$) de cada localidade	Área de atuação
Regional	Até 750	Até 3.200.000	Agrupamento até 70 localidades
Agrupada	De 750 a 20.000	De 3.200.000 a 16.000.000	Agrupamento de 2 a 20 localidades
Isolada	Acima de 20.000	De 3.200.000 a 16.000.000	Única localidade
Particionada		Superior a 16.000.000	Localidade dividida em partes

Fonte: Oliveira; Fernandes (2002).

Esta classificação deu-se segundo critérios de localização, número de ligações de água e esgoto e volume de faturamento da região.

O segundo tipo de Unidades de Negócios caracteriza-se pela prestação de serviços e apoio às Unidades de Receita, Unidades estratégicas e mesmo a outras Unidades de Serviços.

Cada Unidade de Negócio possui um gerente de negócios e uma equipe, em geral, polivalente que o apóia para alcançar os resultados. Estes resultados são analisados mês a mês e a cada seis meses, em média, realiza-se uma avaliação do cumprimento dos contratos de gestão, onde as metas financeiras e não financeiras são analisadas. Estas mudanças foram implementadas em 1998 e foram estabelecidas 92 Unidades de Negócios.

4 RESULTADOS

4.1 Verificação da oferta de águas de abastecimento, produção de efluentes tratados e a possibilidade de uso deste efluente na cidade de Campo Largo.

4.1.1 Oferta de águas de abastecimento e produção de efluentes tratados na cidade de Campo Largo.

Após o levantamento da forma de tratamento e da qualidade final do efluente gerado na ETE Cambuí, procurou-se em entidades, órgãos e entrevistas, informações a respeito das ofertas de águas de abastecimento e de efluentes na cidade de Campo Largo. A Tabela 4.1 foi, então, elaborada a partir dos dados coletados.

Tabela 4.1 - Vazão de águas de abastecimento e de efluentes na cidade de Campo Largo.

Oferta de água de abastecimento (L/s)	Produção de Efluentes					
	ETE	Vazão Média (L/s)	Vazão Projeto (L/s) (1)	Pop.Atendida (hab) (4)	Corpo Receptor	Tipo de Tratamento
Rio Itaqui – 63 (2). Rio Verde – 42,7 (3). Poço (P.) Água Mineral - 14 (3). P. São Caetano – 8 (3). P.1 Ferraria – 1,7 (3). P.2 Col.A .Rebouças – 1,6 (3). P. 3 Dona Fina – 3,0 (3). P. 4 Dona Fina – 4,8 (3). P. 5 Dona Fina – 4,3 (3). P. 1 Estr. do Cerne – 3,11 (3). P. 1 Guarani - 2,52 (3). P. 2 Guarani – 0,47 (3). P. 3 Guarani - 2,75 (3).	Cambuí (3)	64	100	54.892	Rio Cambuí	Ralf + Fad + Desinfecção
	Itaqui (3)	-	14,20	9.171	Rio Itaqui	Ralf
151,95 (393.854,4 m ³ / mês)	-	-	114,20	64.063	Somatório	-

Fonte:

- (1) (4) Montgomery/ Esse (1999).
- (2) Oliveira; Fernandes (2002).
- (3) PDDI (2004).

De acordo a Tabela 4.1, a oferta de água no município seria de 151,95 L/s, ou 393.854,4 m³/mês e a oferta de efluentes considerando-se a vazão de projeto é de 114,20 L/s ou 296.006,4 m³/mês.

Sendo a ETE Cambuí a escolhida para ser a fornecedora do efluente neste trabalho, considera-se como efluente disponível um volume de 64 L/s (vazão média) ou 165.888 m³/mês. Os dados informam que a população atendida é de 54.892 habitantes, e que a estação possui uma vazão de projeto de 259.200 m³/mês.

A oferta mensal de efluente proveniente da ETE Cambuí a ser utilizado para uso nos diversos setores urbanos e industrial seria, então, de 165.888 m³/mês, isto sem considerar a vazão de manutenção.

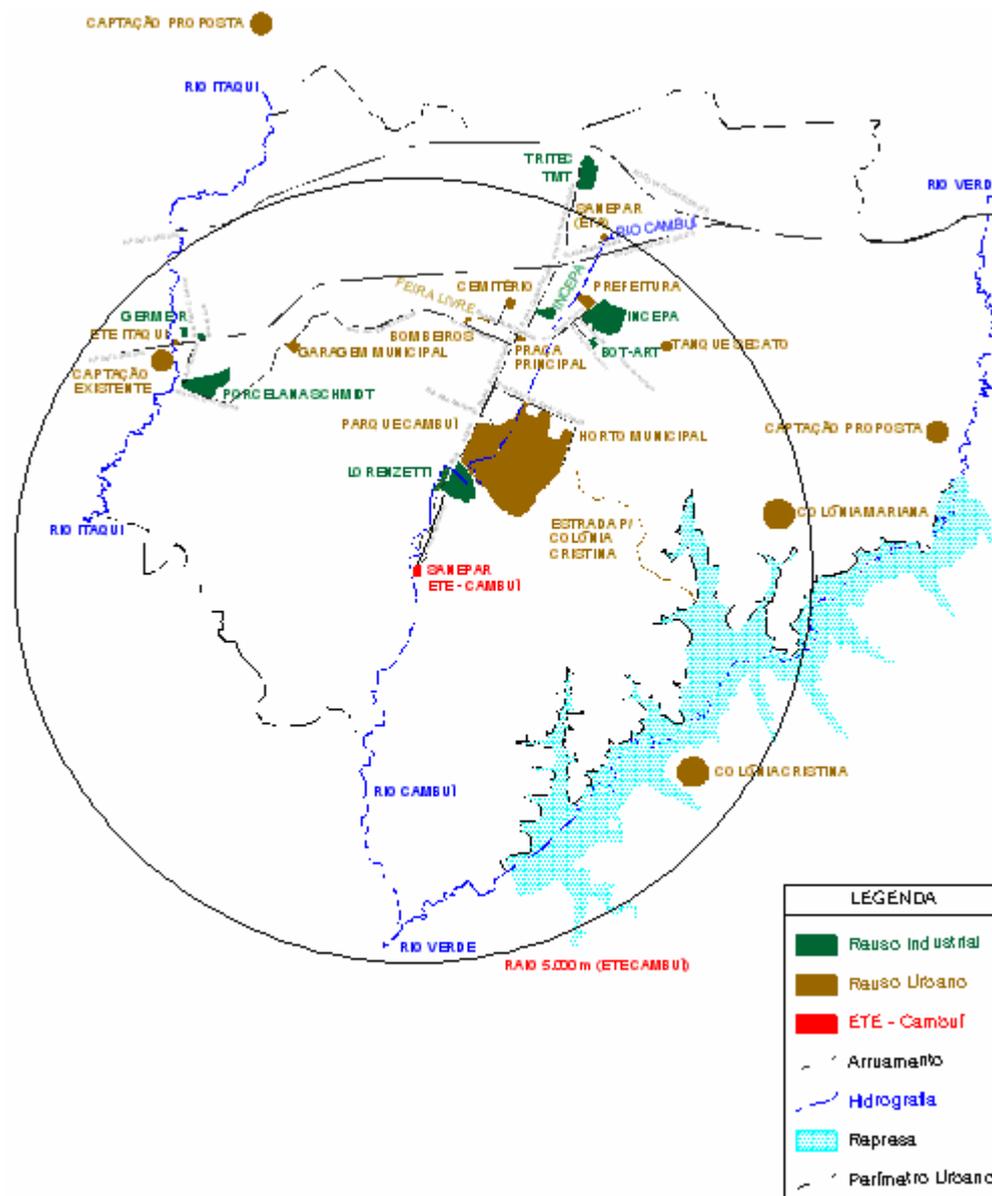
4.1.2 Prováveis locais de uso urbano do efluente gerado na ETE Cambuí: possíveis usuários – avaliação espacial e quantitativa.

Uma vez realizado o levantamento geral do município e caracterizados os efluentes gerados e tratados, este item tem como intenção realizar averiguações a respeito das demandas passíveis de utilização dos efluentes gerados na ETE Cambuí, levando-se em consideração fundamentalmente a proximidade da ETE Cambuí dos possíveis usuários.

Para realizar a indicação dos maiores potenciais de reúso realizou-se a locação em mapa (Figura 4.1) dos locais pesquisados. Considerou-se a ETE Cambuí como o centro da circunferência de raio igual a 5 km. Este raio foi escolhido baseando-se em HESPANHOL, apud DIAS (2005), e no estudo de viabilidade de reúso do efluente da ETE ABC, feito pela Sabesp, na Região Metropolitana de São Paulo, que definiu o mercado potencial para São Paulo num raio de 10 km, por estarem concentrados neste raio as maiores possibilidades de equacionar a viabilidade financeira de instalação de uma rede de abastecimento exclusiva para a água de reúso.

Através deste mapa pode-se medir a distância de cada local estudado até a ETE Cambuí. Esta medição será importante no caso de futuros estudos técnicos, econômicos e ambientais para a avaliação da implantação de um projeto de reúso no município.

Figura 4.1 – Município de Campo Largo: locais pesquisados como potenciais de utilização do efluente.



Para realizar a avaliação das atividades urbanas passíveis de reúso nesta categoria (urbano), subdividiram-se os fins urbanos não potáveis em fins de limpeza pública, irrigação urbana e recreação e paisagismo.

4.1.2.1 Limpeza Pública

PRAÇAS E RUAS

Segundo Cosmo (2005), não ocorre lavagem de ruas na cidade devido ao regime pluviométrico local proporcionar, em geral, chuvas bem distribuídas todo o ano. É realizada, normalmente, somente a varrição de praças e ruas.

Um dos prováveis usos seria a utilização do efluente na lavagem de praças, pois a cidade apresenta um número expressivo destes elementos e, segundo as Diretrizes Setoriais e Plano de Ações do PDDI de Campo Largo, vão exigir que, no mínimo 5% de cada nova área loteada seja utilizada para implantação exclusiva de praças. Esta medida inclui, especialmente, os novos conjuntos habitacionais a serem construídos no município.

De acordo com Tschok (2005), foi realizada a lavagem da praça Atílio de Almeida Barbosa, localizada entre as esquinas das ruas XV de Novembro, Marechal Deodoro, Sete de Setembro e Dom Pedro II.

Com uma área de 10.000 m², utilizou-se 15 caminhões de 10.000 litros, pertencentes à empresa de ajardinamento Viesser, a qual realizou a limpeza. O pessoal envolvido foi de 15 pessoas, utilizou-se detergente neutro e o sistema de lavagem foi com um micro trator com escova de aço. Durante a lavagem não foram utilizados equipamentos de proteção. A água utilizada veio do Tanque do Cecato e o motivo da limpeza, segundo informação do Sr. Jackson, foi de que a mais de dez anos não se realizava esta limpeza, e o local é utilizado também como sanitário clandestino.

FEIRA LIVRE

Esta feira ocorre semanalmente na rua Marechal Deodoro, entre as ruas Domingos Cordeiro e João Batista Valões. Segundo Cosmo (2005), não é realizada a lavagem das ruas após a feira, somente a varrição da área.

Figura 4.2 – Campo Largo: Rua onde ocorre a Feira Livre.



CEMITÉRIO

O cemitério central, é abastecido com água potável, não é lavado nem irrigado pelos funcionários municipais e os túmulos são lavados pelos familiares.

LAVAGEM DA FROTA DE VEÍCULOS (EQUIPAMENTO RODOVIÁRIO) DA PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO LARGO.

A PMCL possui uma frota com 60 veículos, composto de veículos leves e veículos pesados. Situa-se em uma área de 10.000 m² e está localizada na Rua dos Expedicionários, s/n, Bairro do Itaqui, contando com 140 funcionários.

A frequência da lavagem dos veículos é semanal, utilizando um volume em torno de 100 m³/ mês. A água utilizada é potável (Sanepar), o detergente usado é o sabão industrial e a lavagem é realizada com VAP e o pessoal envolvido é composto de três pessoas. Atualmente o efluente da lavagem dos veículos é despejado indevidamente, sem tratamento, em um córrego. Este efluente é formado, principalmente, por graxa, óleo e solo.

Figura 4.3 - Entrada da Garagem da PMCL.



BOMBEIROS

Segundo BONFIM (2005), a frota do Corpo de Bombeiros de Campo Largo é formada por quatro veículos, sendo uma ambulância e três caminhões: 1 ABTR, com capacidade de 5.000 litros; 1 ABT, com capacidade de 4.000 litros e um AR com capacidade de 1000 litros. É realizada a lavagem diária da frota com VAP, utilizando água da rede pública (SANEPAR), com um volume de 0,22 m³/dia.

COMPACTAÇÃO E CONTROLE DE POEIRA

De acordo com TSCHOK (2005), a readequação de estradas é um projeto da prefeitura para o ano de 2006. O efluente tratado da ETE Cambuí poderia, então, ser utilizado na compactação. Um teste prático foi realizado neste setor, sendo descrito no item 4.1.3. Outra aplicação futura possível, seria a utilização do efluente tratado no controle da poeira das estradas das colônias, que é uma atividade diária na época de poucas chuvas, utilizando um caminhão da prefeitura municipal, consumindo 18.000 litros de água por dia, coletadas de rios e córregos próximos à área a ser trabalhada.

4.1.2.2 Irrigação Urbana

As atividades relacionadas à irrigação urbana estão focadas somente no Horto Municipal, pois a cidade não realiza a rega de jardins públicos.

HORTO MUNICIPAL

O Horto Municipal de Campo Largo cultiva mudas para arborização da cidade, além de estar adaptando uma área para a agricultura orgânica e para cursos de técnicas agrícolas para agricultores da região, segundo BORGES (2005), responsável pelo local.

Está localizado na rua Estrada Colônia Cristina, número 380. Compõe-se de área para horta, área para horto e área para compostagem, ocupando uma área de 1 hectare (10.000 m²). A irrigação destas áreas é realizada por uma bomba de recalque, que extrai água de um poço artesiano próprio, possuindo um tanque para armazenamento de água de 30.000 litros. No dia desta visita, a bomba apresentava problemas e a irrigação estava sendo realizada com água da Sanepar.

Figura 4.4 - Área do horto municipal de Campo Largo.



A área do horto, de acordo com Cheva (2005), é irrigada atualmente uma vez ao dia, produzindo mudas de goiabeiras, pinho, palmeira, hortênsia, acácia, jacarandá, araçá, erva-mate entre outras, para a arborização da cidade. Compõe-se de três casas de vegetação e uma estufa sementeira, utilizando 2 a 3 m³ de água diariamente.

A horta de produtos comestíveis do Horto Municipal consome de 15 a 20 m³ de água por dia, com irrigação através de sistemas de aspersão. Possui uma estufa para olericultura.

Figura 4.5 – Área da Horta Municipal de Campo Largo.



A terceira parte do Horto Municipal seria a área destinada à compostagem de resíduos das podas de árvores. A poda municipal é realizada uma vez ao ano, no inverno, mas recebe-se material todo dia proveniente de cortes de galhos e grama do município. Este setor ocupa uma área de 5.000 m², e em época de estiagem consome de 10 a 15 m³ de água por dia, duas vezes por semana.

Figura 4.6 - Área de compostagem do Horto Municipal de Campo Largo.



A cidade pretende, de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Campo Largo, realizar a ampliação e a constituição de uma equipe própria e especializada para o viveiro municipal, para dar treinamento a adolescentes da cidade para realizar a manutenção de praças e jardins públicos. Este fator pode se apresentar como uma possibilidade de utilização dos efluentes tratados na irrigação das mudas novas neste horto municipal.

Também consta nas metas da cidade, incentivar a implementação de pomares caseiros, notadamente para a população mais desfavorecida, através do fornecimento de mudas e da assistência técnica para o cultivo de espécies frutíferas.

A distância em linha reta até a ETE Cambuí é de 1,35 km.

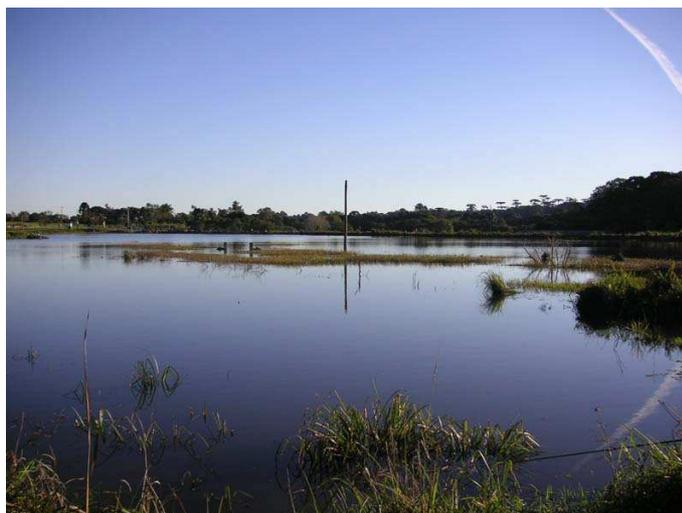
4.1.2.3 Recreação e Paisagismo

PARQUE CAMBUÍ

O parque, localizado dentro da área urbana, possui uma área de 1.439.307 m² e está incluído um projeto urbanístico de utilização esportiva e paisagística, bem como a criação de parques lineares para a recuperação das áreas degradadas do parque do rio Cambuí. Este projeto está contido no Plano de Ação do PDDI do município.

Neste caso, poder-se-ia considerar a utilização do efluente da estação Cambuí na geração e manutenção de lagos destinados à recreação popular e conseqüentemente ao paisagismo, caracterizando, portanto, uma possibilidade de reuso paisagístico e recreacional. Deve-se salientar que não se pesquisou neste trabalho vazões e parâmetros de qualidade para esta utilização. Desse modo, esta aplicação fica somente como sugestão de utilização do efluente da ETE Cambuí.

Figura 4.7 - Parque Cambuí Campo Largo: Tanques Ornamentais e para Pesca Recreacional (2005).



De acordo com informações encontradas no Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Campo Largo (2004), existe a proposta da elaboração de um Plano Diretor de

Arborização de Campo Largo e de uma legislação ambiental correlata uma vez que a arborização lateral das vias é deficiente ocorrendo somente em poucas vias da cidade.

Figura 4.8 - Parque Cambuí Campo Largo: Área Verde para lazer (2005).



Segundo informações fornecidas pela Prefeitura Municipal, será realizado um Plano de Recuperação Progressiva de Matas Ciliares nas regiões urbana e rural, o que resultará em mais áreas de vegetação a necessitar de irrigação e também tratar paisagisticamente algumas avenidas, em especial as que constituem os principais acessos à sede.

Os resultados dos prováveis usos urbanos para o efluente tratado para a cidade de Campo largo, encontram-se resumidos na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Usos urbanos identificados e consumo de água em Campo Largo

Prefeitura Municipal de Campo Largo - Usos Urbanos Identificados de Água e Efluentes (2005)

Uso	Volume (m ³ /dia)	Forma de transporte	Frequência	Fonte	Distância da ETE Cambuí (Km)	Obs.	Volume médio adotado (m ³ /mês)
▪ Limpeza Pública							
Praças e Ruas (1)	150	Caminhão (10 m ³)	Eventual	Tanque (Lago)	1,75	—	—
Feira Livre (1)	—	—	Semanal	—	1,8	Apenas varrição	—
Cemitério Central (2)	—	—	—	SANEPAR	1,98	—	—
Frota de Veículos PM (2)	5	Rede Pública (VAP)	Semanal	SANEPAR	1,75	60 veículos	100
Compactação e Controle da Poeira (2)	12	Caminhões (4 a 5m ³)	Variável	Córregos	de 2,3 até 8,1	A ser incrementado. Realizado nas colônias	240
Total	167	—	—	—	—	—	340
▪ Irrigação Urbana (Horto Municipal)							
Horta (3)	15 a 20	Adução (aspersão)	Variável	Poço	1,35	Consumo maior na Estiagem. Possui 01 estufa olericultura.	140
Horto (3)	2 a 3	Adução (micro-aspersão)	Diário	Poço	1,35	03 casas de vegetação. 01 estufa sementeira.	60
Compostagem (3)	15	Adução (aspersão)	Variável	Poço	1,35	2x/semana na Estiagem	100
Total	35	—	—	—	—	—	300
▪ Outros Usos Urbanos (CB-PMPR) (6)							
Combate Incêndio	10	Caminhão (Bombeamento)	Eventual	SANEPAR	1,74	03 caminhões (10 m ³)	—
Manutenção de Veículos	0,22	Rede Pública (VAP)	Diário	SANEPAR	1,74	01 ambulância	6,7
Total	10,22	—	—	—	—	—	6,7
▪ Total Geral	212,22	—	—	—	—	—	646,7

Fonte: (1) PMCL - SM Meio Ambiente, Abastecimento e Agricultura
(4) EMATER PR - Escritório Regional de Campo Largo

(2) PMCL - SM de Obras
(5) PDDI 2004

(3) PMCL - Horto Municipal
(6) PMPR - Corpo de Bombeiros

4.1.3 Teste realizado na cidade de Campo Largo utilizando efluente tratado na compactação de uma rua.

Este teste foi o resultado do interesse comum da autora deste trabalho e da Prefeitura Municipal de Campo Largo, em demonstrar que é possível evitar o desperdício de água tratada para uma finalidade que não necessariamente necessite deste nível de qualidade.

A Secretaria de Obras da PMCL, em especial o Sr. Aldo Tschock, foram os responsáveis pela realização do teste, no dia 16 de maio de 2006. No teste esteve presente o Sr. Antônio Tadeu Perússolo, do Departamento de Asfalto da Secretaria de Viação e Obras.

Iniciou-se às 9 da manhã, com amostragem do efluente desinfetado, sendo, então, realizado o carregamento do caminhão da prefeitura com o efluente, como mostra a Figura 4.9.

Figura 4.9 – Carregamento do caminhão da PMCL com o efluente da ETE Cambuí.



O motorista do caminhão-pipa foi o Sr. Dilosval A. Ferreira. O funcionário utilizou os EPI's recomendados para evitar uma possível contaminação. Um padrão de identificação visual na cor púrpura (padrão internacional do reúso) foi confeccionado e aplicado no veículo, contendo o símbolo internacional do reúso e a indicação de não potabilidade da água, como mostra a Figura 4.10.

Figura 4.10 - Placa de sinalização e EPI's utilizados no teste.



O volume utilizado para o teste foi de 6.000 litros e, segundo informações da Secretaria, na época de estiagem como a que está ocorrendo nesta época, são necessários diariamente 18.000 litros de água na compactação de ruas e controle de poeira na cidade.

De acordo com informações de um médico local, nesta semana um hospital da cidade necessitou de água potável de caminhões-pipa para uso interno. Este fato comprova que o município já possui problemas no abastecimento.

A rua escolhida para o experimento foi a Rua São José, no Loteamento Bieda em um trecho de 150 metros (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Local do teste de compactação com o efluente: Rua São José-Campo Largo.



A distância da ETE Cambuí ao local é de aproximadamente 3 km. O caminhão estava com o distribuidor de água danificado, utilizando somente a metade do “T”. Foram realizadas diversas aplicações do efluente, como mostra a Figura 4.12.

Figura 4.12 - Aplicação do efluente na Rua São José – Campo Largo.



O efluente foi aplicado no solo em diversas etapas, sendo realizado, então, o nivelamento com a motoniveladora de acordo com a Figura 4.14, dirigida pelo Sr. José Chaves.

Figura 4.13 - Nivelamento e aplicação do efluente da rua São José.



Após aproximadamente 40 minutos de secagem, o rolo compressor, dirigido pelo Sr. João Maria Nery, realizou a compactação, finalizando com a última aplicação do efluente efluente.

Figura 4.14 - Rolo compressor utilizado na compactação.



Figura 4.15 - Rua já compactada, próxima à rua São José.



A Figura 4.15 mostra uma rua vizinha já compactada apresentando um aspecto estético melhor e uma diminuição na quantidade de poeira que incomoda muito os moradores.

4.2 Verificação da possibilidade de uso do efluente tratado gerado na ETE Cambuí na indústria cerâmica do município.

Analisando-se a Figura 4.1, constatou-se que a proximidade das indústrias à ETE Cambuí seria um fator determinante para implantação de um sistema que forneça água de reúso para fins industriais.

Outro fator seria a possibilidade da oferta de água de reúso poderia servir como fator de indução da instalação de novas indústrias ao redor da ETE. Analisando-se o PDDI do município, verificou-se no prognóstico que as zonas industriais de expansão Z11, Z12 encontram-se próximas à ETE Cambuí.

A Incepa atualmente reutiliza seus efluentes no processo e no corte das peças especiais, através de tratamento do esgoto industrial gerado, em ETE própria.

O objetivo principal deste item foi apresentar possibilidades de reutilização da água nos diversos setores da indústria utilizando o efluente tratado da ETE Cambuí.

Como citado na revisão bibliográfica, em reúso industrial Hespanhol e Mierzva (2005), foram seguidas no trabalho junto à Incepa, as recomendações para o desenvolvimento de qualquer iniciativa que busque otimizar o uso da água. Os autores recomendam, primeiramente, realizar a análise da avaliação do processo com base em dados disponíveis na literatura, seguido de avaliação do processo industrial para levantamento de dados com base em documentos disponíveis na própria empresa, e visitas de campo para alterações e otimizações de processos que vão sendo feitas ao longo do tempo.

Para a determinação das opções mais prováveis de utilização na Incepa decidiu-se fazer o levantamento de todos os pontos de entrada de água na planta.

4.2.1 Cálculo das Vazões de Consumo de Água

Foram realizadas medições de todos os pontos de entrada de água nas Fábricas I, II e III, tudo separado por processos. As medições foram acompanhadas pelo Sr. Sebastião Binhara, Líder de Turno de Produção. Os autores Hespanhol e Mierzva, aconselham que estas visitas sejam acompanhadas pelos profissionais das respectivas áreas, para que possam descrever mais detalhadamente as atividades desenvolvidas, esclarecendo dúvidas e fornecendo informações úteis para a criação de estratégias de gerenciamento de águas e efluentes. Os tempos e frequências foram fornecidos por funcionários da indústria nas diversas seções, no turno da tarde.

Após o estágio de avaliação, agruparam-se todas as informações, com a indicação das demandas de água e geração dos efluentes, gerando uma tabela com o cálculo de todas as vazões obtidas por seção, que se encontra no Apêndice 1.

Para a simplificação da visualização, elaborou-se uma Tabela Resumo (Tabela 4.3), mostrando os processos, consumo mensal, a destinação do efluente e a fonte das informações.

Tabela 4.3 - Consumo água na Incepa – Resumo.

Processo	Descrição	Consumo m ³ / mês	Fonte	Destinação
Moagem, Atomização e Prensagem	1800 - ETE Incepa + 1100- antigo descarte	2900	(1)	ETE Incepa
Corte	Peças Especiais	3700	(1)	ETE Incepa
Esmaltação	-	380	(1)	Circuito fechado
Limpeza	4493 – limpeza fab. I e II 443 – limpeza fab. III	4936	(2)	ETE Incepa
Torre Resfriamento	4% da média de produção 13.124 m ³ /mês	524	(3)	ETE Incepa
Banheiros Total – fab. I, II e III	103 W.C. - 1211 36 mictórios - 30 39 lavatórios - 606	1847	(4)	Rede Pública Sanepar
Refeitórios	740 refeições/dia; 25L/refeição	555	(5)	Rede Pública Sanepar
		648 (adot.)	(2)	
Creche	95 pessoas – 50 L/capita/dia	142	(5)	Rede Pública Sanepar
Ambulatório	20 pessoas – 25 L/capita	15	(5)	Rede Pública Sanepar
Outros	Resfriador micronet, teste glasura (setor de tintas)	103	(1)	-
Total	-	15.195	-	-

(1) Garret (2005) e Sr. Sebastião Binhara, Líder de Turno de Produção da Incepa.

(2) Medições realizadas por Alberto E. Valaski; Diogo P. de Cristo (Estagiários de Engenharia Ambiental – PUCPR) e pela autora. Os tempos e frequências foram fornecidos por funcionários da indústria nas diversas seções, no turno da tarde.

(3) Informações verbais fornecidas pelo Sr. René Imark, gerente técnico e de planejamento da Indústria Laufen International, (Tulsa – Oklahoma, USA), e pelo Sr. Gerold Spieler, diretor industrial aposentado da Keramisch Holding Laufen.

(4) FIESP/CIESP (2004).

(5) Creder (1977).

4.2.2 Elaboração do fluxograma de consumo de água da Incepa.

Com a medição das vazões realizada, construiu-se um fluxograma de águas da Incepa, e com o qual foi possível verificar os volumes mais significativos (Ver Figura 4.16).

Neste fluxograma encontram-se os volumes de água fornecidos pela indústria e os calculados através das medições realizadas neste trabalho. Nota-se o volume utilizado mensalmente de 15.000 m³/mês retirados do Tanque do Cecato e tratado à nível potável para a utilização em todos os setores da indústria, inclusive para o restaurante e banheiros da fábricas I e II.

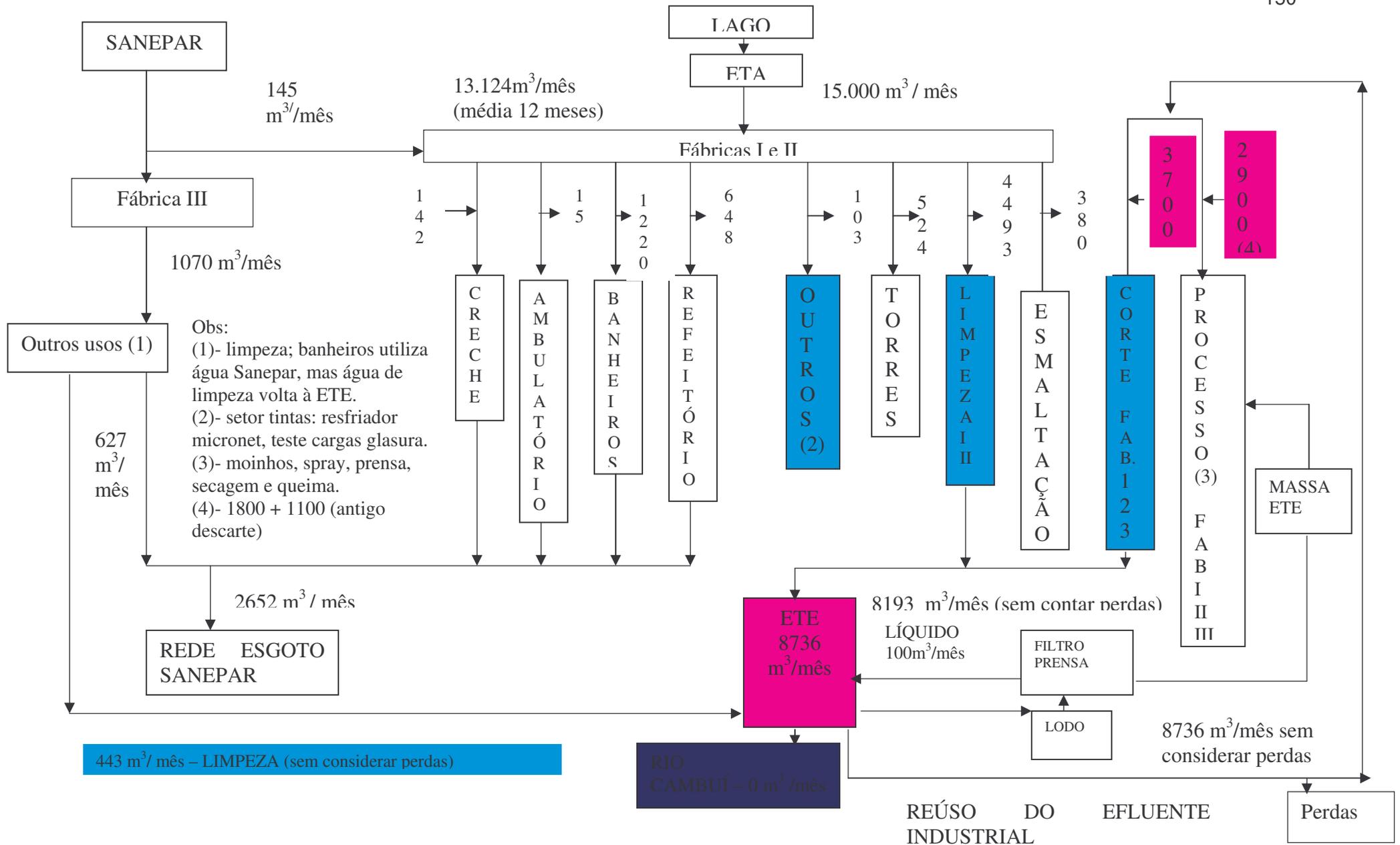
O consumo das Fábricas I e II de 145 m³/mês da Sanepar é apenas um contrato de consumo, só utilizado em caso de problema da estação. Já na Fábrica III, o volume utilizado de água da Sanepar é mais significativo, 1070 m³/mês, utilizado nos banheiros e limpeza, sendo que o efluente resultante da limpeza de 443 m³/mês é tratado na ETE Incepa e reutilizado.

Aproximadamente 100 m³/mês são retirados dos filtros prensa da ETE Incepa e tratados na ETE e 8193 m³/mês provenientes da água de limpeza das fábricas I e II e do corte das peças especiais também são tratados e reutilizados no processo. Nota-se que nestes valores não se considerou as perdas ocorridas nestes dois processos. Um volume de 6.600 m³/mês é reaproveitado no processo e no corte das peças especiais para as Fábricas I, II e III. Para a rede de esgoto da Sanepar são encaminhados os esgotos do refeitório, banheiros, ambulatório e creche, totalizando 2652 m³/mês.

Figura 4.16 - Fluxograma de consumo de água da Incepa.

Fluxograma de Consumo de Água - INCEPA

150



4.2.3 Produção de material cerâmico na Incepa com efluente tratado

Após a análise das maiores demandas de água, solicitou-se à direção da empresa a possibilidade de realização de um teste utilizando-se o efluente tratado da ETE Cambuí, em substituição à água normalmente utilizada no processo.

A escolha deste uso deu-se pelo fato de a empresa já realizar a reutilização de parte de seu próprio efluente tratado no processo e no corte das peças especiais e por se tratar de um uso com menor risco de contato com o operador.

4.2.3.1 Ensaio 1

O primeiro ensaio foi realizado no dia 28 de abril de 2005, e neste teste foram utilizados 3000 litros de efluente tratado e desinfetado da Estação de Tratamento de Esgotos Cambuí, como mostra a Figura 4.17.

A Incepa disponibilizou motorista, caminhão e tanques (três tanques de 1000 litros) para o transporte da água.

Figura 4.17 - Tanques contendo efluente da ETE Cambuí



Na parte da manhã, foi feito o carregamento do moinho (número 6), cuja capacidade é de 13 toneladas, com o efluente da ETE e com a matéria-prima. A barbotina permaneceu decantando por uma noite.

Figura 4.18 – Moinhos da Incepa preparando a barbotina



Na colocação da água foram adicionados dois defloculantes, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, devido às características físico-químicas da matéria prima (argila, caulim e quartzo).

A entrada da matéria prima deu-se por meio de esteira, contando com a ajuda do operador para a entrada na boca do moinho. O tempo de homogeneização foi de 5 horas e 45 minutos.

Figura 4.19 - Vista da esteira transportadora de matéria- prima.



Depois do tempo necessário para a homogeneização, retirou-se uma amostra do moinho e foram realizados os testes de Resíduo, Densidade e Viscosidade. Estes testes são realizados para cada moinho separadamente.

Analisando os resultados observou-se que o resultado obtido até esta etapa do teste foi compatível ao da água normalmente utilizada no processo. Os resultados encontram-se na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Parâmetros físicos massa Incepa com efluente da ETE Cambuí.

Resíduo (%)	Densidade aparente (g/cm³)	Viscosidade (s)
5,29	1,729	43

Fonte: Garret (2005).

Segundo informações fornecidas pela engenheira de materiais da Incepa Ariane, os melhores parâmetros para uma melhor produtividade seriam uma alta densidade (gr/cm³), somada a uma baixa viscosidade (s). O resíduo foi medido em malha de peneira n^o 325 Mesh.

Fatos observados durante a realização do teste:

- (1) Notou-se, quando da lavagem do piso, após o carregamento do moinho, que se a superfície onde se localizam os 13 moinhos possuísse uma pequena inclinação, diminuiria a quantidade de água necessária para a limpeza. Também, a utilização de um escovão proporcionaria uma diminuição da quantidade de água utilizada.
- (2) No processo de carregamento do moinho com água, houve um pequeno atraso devido ao fato da água não chegar com pressão suficiente no topo do moinho.
- (3) Participantes do ensaio: Sr. Joel Garret, Engenheira Ariane, Jacir, 2 operadores, Alex e Simone.

Este teste foi interrompido nesta etapa.

4.2.3.2 Ensaio 2

Um segundo teste foi realizado no dia 13 de maio de 2005. Utilizaram-se 6.000 L de efluente da ETE Cambuí. O transporte foi feito através de caminhão pipa com capacidade de 8 m³, custeado pelo projeto.

Chegando na fábrica, este efluente foi descarregado em tanques móveis da Incepa, sendo em seguida despejados em dois moinhos na Fábrica II, sem tempo para a sedimentação como no teste 1.

Esperou-se o tempo de 5 horas e 45 minutos para a homogeneização, mas ao tentar transferir a massa líquida para o “spray dryer”, esta apresentou problemas de viscosidade aderindo às paredes dos moinhos. Esperou-se o tempo de 5 horas e 45 minutos para a homogeneização, mas ao tentar transferir a massa líquida para o spray dryer, esta apresentou problemas de viscosidade aderindo às paredes dos moinhos.

4.2.3.3 Ensaio 3

Um terceiro teste foi realizado no dia 23 de novembro de 2005, na Fábrica II em escala de produção para moagem das argilas e homogeneização da massa com a água, dando origem à barbotina, ou massa líquida.

Foram utilizados 6.000 L de esgoto tratado e desinfetado com dióxido de cloro transportados da ETE Cambuí através de um caminhão- pipa devidamente lavado e contratado exclusivamente para este fim. O mesmo efluente foi coletado e analisado pelo Laboratório de Análises Ambientais da PUCPR, para verificação do pH. Os resultados dos três ensaios realizados na Incepa são mostrados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - ETE Cambuí (Campo Largo): Análise dos efluentes utilizados na INCEPA

Análises	Tipo	Unidade	Ensaio 01			Ensaio 02	Ensaio 03
			26/04/05	27/04/05	28/04/05	13/05/05	23/11/05
FÍSICO - QUÍMICAS	Residual Desinfetante	mg/L	-----	-----	-----	0,98	1,13
	Alcalinidade	mg/L	194,19	286,96	-----	-----	132,33
	DQOt	mg/L	53	141	87	146	74
	N-total	mg/L	59,12	55,15	-----	-----	41,29
	N-orgânico	mg/L	-----	-----	-----	-----	2,97
	N-NH ₃	mg N /L	-----	-----	-----	-----	38,32
	pH (1)	-----	6,4	6,7	6,4	-----	6,0
	PO ₄	mg P /L	1,90	5,88	-----	-----	-----
	ST	mg/L	372	431	-----	465	486
	STV	mg/L	102	117	-----	143	209
	SST	mg/L	34	100	-----	110	85
	SSV	mg/L	16	59	-----	87	43
	SDT	mg/L	338	331	-----	355	401
	SDV	mg/L	86	58	-----	56	166
	SSed	mL/L	<0,1	0,2	-----	0,7	5,5
Turbidez	UT	43	154	-----	135	68	
Cor	uH	92	121	-----	-----	-----	
BIOLÓGICAS	CT	NMP/100mL	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	-----
	EC	NMP/100mL	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	-----
DOSAGEM	Coagulante (FeCl ₃)	mg/L	-----	80	81	-----	>160
	Desinfetante (Cl ₂)	kg/dia	-----	90	91	90	6,64 mg/L (ClO ₂)
TEMPERATURA	Ar	°C	19,0	18,5	-----	22,0	23,5
	Amostra	°C	24,0	19,7	19,4	23,0	22,0

Nota: (1) Efluente utilizado nos ensaios coletado ao longo dos três dias.

Para descarregar o caminhão-pipa foram utilizados cinco tanques intermediários de cerca de 1.200 L, nestes foi feita a correção do pH do efluente para próximo de 7,0. Na seqüência foram abastecidos os dois moinhos reservados para teste, sendo assim a moagem teve início às 13:30h e término às 20:00h.

Figura 4.20 - Amostra da massa líquida proveniente do teste 3 com o efluente da ETE Cambuí.



Esta massa foi, então, descarregada passando por uma peneira “mesh #100” e armazenada em um tanque para decantação e posteriormente ser atomizada no “Spray-Dryer”.

Figura 4.21 - Peneiramento da massa teste 3 Incepa.



Tabela 4.6 - Dados físicos da massa retirada dos moinhos após a moagem do teste 3.

Origem	Viscosidade (s)	Densidade (g/L)	Resíduos (%)
Ensaio 03	39	1.738	4,54
Produção Média da Incepa	46	1.729	5,16

Fonte: Garret (2005).

Na fase de atomização, no Spray Dryer, no dia 24 de novembro de 2005, a barbotina foi pulverizada em alta pressão contra um fluxo de ar quente existente no interior da torre ocorrendo a transformação da massa líquida em massa granulada, formando grânulos com 6,8 % de umidade e com análise granulométrica como segue na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Análise granulométrica da massa após saída do Spray-Dryer.

Malha (mm)	Ensaio 03 (%)	Produção Média (%)
>0,500	22,82	22,19
>0,340	44,86	42,69
>0,149	30,50	30,64
>0,074	1,49	3,28
<0,074	0,33	1,20

Fonte: Garret (2005)

Figura 4.22 - Spray Dryer onde ocorreu a atomização da massa líquida.

Em seguida, esta massa foi transportada para o armazenamento em silos, onde permaneceu em repouso por 48 horas.

Figura 4.23 - Amostra massa granulada proveniente do teste 3 - Incepa.



Após o tempo de repouso dos grânulos nos silos, estes são transportados para silos menores que abastecem as prensas. No dia 25 de novembro de 2005, os moldes foram preenchidos e prensados em prensas de alta pressão (cerca de 300 kgf/cm²).

O teste foi realizado nas prensas n^o 4 e n^o 5 sendo especificados para o nosso teste os modelos de revestimentos 15x15 e 15x20 cm. A pressão utilizada na prensa foi 331kg/cm². Esta prensa realiza 18 a 19 batidas por minuto e a umidade resultante da peça nesta etapa encontra-se em 6,5%.

Figura 4.24 - Prensagem do material granulado teste 3 – Incepa.



As peças que saem da prensa são ainda muito frágeis e são denominadas de “biscoito cru”. Depois de prensado, seguem para a secagem por tempo variável, dependendo de cada processo, se monoqueima ou biqueima. Na monoqueima, o biscoito, que é o nome dado á peça depois de prensada, segue direto para a esmaltação; na biqueima segue para a primeira queima , transformando-se em biscoito queimado e, após segue também para a esmaltação. Em nosso teste o processo utilizado foi a biqueima.

Figura 4.25 - Carregamento das peças teste Incepa.



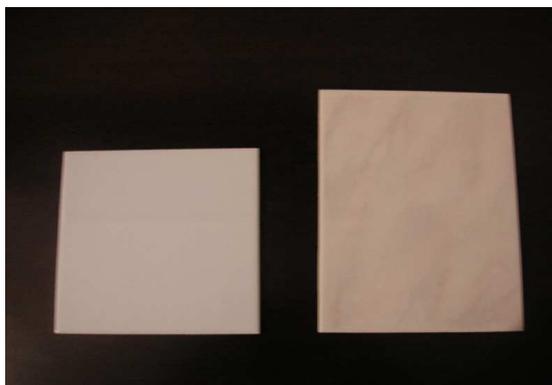
Uma vez secas na estufa, a uma temperatura de aproximadamente 100°C, as peças passam pelo forno a 1050°C e ao saírem são chamadas de “biscoito queimado”.

Em 01 de dezembro de 2005, o biscoito queimado seguiu para a linha de esmaltação, onde recebeu esmaltes, aditivos e tintas para a decoração, a qual é efetuada por matrizes xerográficas rotativas com cores e desenhos diferenciados de acordo com a especificação do produto.

Após a esmaltação, as peças são levadas ao forno para sofrerem a segunda queima (1050°C) por um período de 11 horas, passando ainda pelo controle de qualidade e destinadas à expedição.

No teste realizado, obteve-se os seguintes produtos finais como mostra a Figura 4.26.

Figura 4.26 - Produto final obtido com o efluente Cambuí.



Após a queima, num processo normal, o produto estaria pronto para a classificação, podendo agora seguir para o empacotamento e armazenamento final para venda, ou, ainda, para alguns modelos especiais, receber complementos de decoração que passam, depois, por uma nova queima.

Nesta fase específica, os produtos agregam acabamentos especiais com elaborações mais artísticas e sofisticadas, que incluem aplicação de ouro, platina, etc. e seguem novamente para o forno para sofrer a 3ª queima.

Em seguida, o produto é novamente classificado e segue para empacotamento e armazenamento final.

Existem ainda alguns modelos que são fabricados em peças geminadas, ou seja, várias peças iguais num só conjunto, que, depois de passarem por todas as fases do processo, precisam ser separadas para aproveitamento individual. Essa separação é realizada na área de corte, através de discos especiais.

Tais discos necessitam de água para resfriamento, cujo fornecimento é feito também pela ETE Incepa.

4.3 Descrição dos requisitos qualitativos necessários à utilização de efluentes tratados

4.3.1 Nos diversos setores urbanos da cidade.

Uma vez caracterizados os efluentes gerados e os prováveis locais de uso urbano do efluente gerado na ETE Cambuí, será realizada neste item uma abordagem das características

qualitativas do efluente em relação às exigências requeridas para as diferentes modalidades de reúso apontados na análise espacial e quantitativa.

Foram retirados da pesquisa bibliográfica deste trabalho os padrões mais e menos rigorosos para cada um dos usos. Estes padrões foram, em seguida, comparados com os padrões do efluente encontrados na ETE Cambuí.

A Tabela 4.8 realiza uma comparação entre os valores mais e menos rigorosos requisitados para os diversos usos urbanos e o encontrado na ETE Cambuí.

Tabela 4.8 - Usos urbanos mais prováveis no Município, critérios recomendados e parâmetros do efluente Cambuí.

Setor		Padrão	CF (NMP/100ml)	DBO (mg/L)	Turb. (uT)	pH	STS (mg/L)	Cloro Res. Mínimo (mg/L)	Tratamento Recomendado	Comentários
Limpeza Pública		(+) Rigoroso	Zero (3)	≤10 (3) (5)	2 (3) (5)	6 a 9	< 35 (4)	2 a 6 (4)	Secundário + filtração + desinfecção (3)	
		(-) Rigoroso	≤ 200 (4)	≤ 25 (4)	20 (4)			1 (3)		
Compactação solo; controle de poeira.		(+) Rigoroso	≤ 200 (3) (4) (5)	≤ 25 (4)	≤ 20 (4)	6 a 9	≤ 30 (3)	1	Secundário + desinfecção (3)	
		(-) Rigoroso					≤ 45 (5)			
Irrigação Urbana.	Horta (agric.)	(+) Rigoroso	Zero (3)	≤ 10 (3)	≤ 2 (3)	6 a 9	-	1 (3)	Secundário + filtração + desinfecção (3)	
		(-) Rigoroso	< 1000 (6)							
	Horto/ Compostagem	(+) Rigoroso	≤ 200 (3) (4) (5)	≤ 25 (4)	< 20 (4)	6 a 9	≤ 30 (5)	2 a 6 (4) *	Secundário + desinfecção (3)	*Para irrigação de áreas verdes deve-se efetuar a descloração até valores < 5 mg/L. Preferivelmente < 1mg/L. (3) (4)
		(-) Rigoroso		≤45 (5)			≤ 45 (3)			
Corpo de Bombeiros (Campo Largo)		Único (3)	Zero	≤ 10	≤ 2	6 a 9	-	1	Secundário + filtração + desinfecção (3)	
Efluente Cambuí		-	2 X 10 ² (1)	5 (2)	4,1 (2)	5,3 a 6,8 (1)	30 (2)	1,06 (1)	RALF + FAD + desinfecção (1)	

(1) AISSE et al. (2004)

(2) AISSE et al. (2002)

(3) EPA (2004)

(4) SABESP, citado por SEMURA et al. (2005)

(5) CANADÁ, citado por SCHAEFER et al. (2004)

(6) OMS (2006)

Observações:

No setor limpeza pública considerou-se a compactação de estradas e controle de poeira separadamente por se tratar de valor significativo.

Na irrigação urbana: Horta – considerou-se reúso agrícola para consumo humano.

Horto e compostagem – Utilizou-se padrões de qualidade como sendo reúso urbano restrito.

4.3.2 Na indústria

Uma vez caracterizados os efluentes gerados e os prováveis locais de utilização na Incepa, do efluente gerado na ETE Cambuí, será realizada neste item uma abordagem das características qualitativas do efluente em relação às exigências requeridas para a sua utilização.

Foram retirados da pesquisa bibliográfica deste trabalho os padrões mais rigorosos para cada um dos usos. Estes parâmetros foram, em seguida, comparados com os padrões do efluente encontrados na ETE Cambuí.

Os padrões analisados para resfriamento, água de processo e para limpeza de pisos e equipamentos serão comparados com os dados do efluente da ETE Cambuí.

4.3.2.1 Água para resfriamento

Para a elaboração da Tabela 4.9, foram utilizados padrões da EPA (2004) para resfriamento com recirculação, completando-se com os padrões citados por Mierzwa e Hespanhol na Tabela 3.3, p. 36, em *Água na Indústria* (2005), que não definem o tipo de resfriamento. Utilizou-se, também, os parâmetros da Sabesp (SEMURA et al., 2005), e do Pólo Petroquímico de Mauá (GIORDANI, 2002), quando mais restritos que os demais. Os parâmetros de qualidade da ETE Cambuí foram citados para se verificar a adequação aos padrões estudados.

Tabela 4.9 - Recomendações de qualidade para água de resfriamento, parâmetros do efluente da ETE Cambuí em mg/L.

Parâmetro	Unidade	Parâmetros		Efluente ETE Cambuí	Comentários (6)
		+ rigoroso	- rigoroso		
CF	NMP/100mL	≤ 200 (7)	0 (8)	2 x 10 ² (1)	
DBO	mg/L O ₂	≤ 30 (7)	10 (8)	5 (2)	
Turbidez	UT	50 (6)	1 (5)	4,1 (2)	
pH	-	6 a 9 (7)	6,5 a 7,5 (5)	6,4 (2)	
STS	mg/L	≤ 30 (7)	2 (5)	30 (2)	Ocasiona depósitos e corrosão
CRL	mg/L	1 (7)		1,06 (1)	
Cloretos	mg/L Cl	500 (6)	70 (5)	-	
STD	mg/L	500 (6)	200 (5)	338 (3)	Pode contribuir na corrosão
Dureza	mg/L CaCO ₃	650 (6)	70 (5)	-	Ocasiona depósitos
Alcalin.	mg/L CaCO ₃	350 (6)	50 (5)	194,19 (3)	
DQO	mg/L O ₂	75 (6)	2 (5)	71 (2)	
Comp. Org.	mg/L	1 (6)		-	
Nitr. Amoni.	mg/L N	1 (6)		55,2 (3)	Como N orgânico
Fosfato	mg/L PO ₄	4 (6)	1 (5)	1,9 (3)	
Sílica	mg/L SiO ₂	50 (6)	10 (5)	n. d.	Pode ocasionar depósitos
Alumínio	mg/L Al	0,3 (5)	0,1 (6)	1,42 (4)	
Ferro	mg/L Fe	0,5 (6)	0,3 (5)	4,04 (4)	Ocasiona depósitos
Manganês	mg/L Mn	0,5 (6)	0,1 (5)	0,15 (4)	Ocasiona depósitos
Cálcio	mg/L Ca	50 (6)		19,55 (4)	
Bicarbonato	mg/L CaCO ₃	24 (6)		n.d.	
Sulfato	mg/L SO ₄	200 (6)	50 (5)	n.d.	
Cobre	mg/L Cu	-		< 0,05 (4)	
Zinco	mg/L Zn	0,1 (5)		0,29 (4)	
OD	mg/L O ₂	-		-	Pode ocasionar corrosão
Detergente	mg/L	< 1 (5)		-	

Fonte: (1) Aisse et al. (2004).

(2) Aisse et al. (2001).

(3) Análise de efluente enviado à Incepa em 26/04/2005.

(4) Análise de efluente enviado à Lorenzetti.

(5) Pólo Petroquímico de Mauá, citado por Giordani (2002).

(6) Mierzwa e Hespanhol (2005, p.39).

(7) EPA (2004).

(8) Sabesp, citado por Semura et al. (2005).

Para este tipo de reutilização de água (resfriamento), o tratamento requerido pela EPA seria : secundário + desinfecção, sendo que a coagulação química e filtração podem ser necessárias.

Deve-se ressaltar que as exigências físico-químicas dos demais autores são, em sua maioria, menos rígidas do que as requeridas pelo Pólo Petroquímico de Mauá. Esta indústria alega que o alto padrão exigido foi estipulado visando realizar uma economia nos sistemas de resfriamento que operam com recirculação, podendo aumentar o número de ciclos de utilização quando a qualidade de entrada da água é melhorada.

4.3.2.2 Água para Processos

Para a elaboração da Tabela 4.10, utilizou-se padrão de qualidade da água para uso industrial Tipo IV (água bruta ou reciclada), da Tabela 3.1, de Mierzwa e Hespanhol (2005), p. 35, por se tratar de uma comparação com o efluente da Incepa que é um efluente reciclado.

Tabela 4.10 - Recomendações de qualidade para água de processo; parâmetros do efluente da ETE Cambuí e ETE Incepa .

Parâmetros	STD (mg/L)	pH	DQO (mg/L)	STS (mg/L)	Dureza (mg/L)
(1) Tipo IV: água bruta ou reciclada	60 a 800	-	10 a 150	10 a 100	-
(2) Efluente Cambuí	338	6,8	71	30	-
(3) Efluente ETE Incepa (média)	-	7,4	87,8	< 1	-

(1) Mierzwa e Hespanhol (2005).

(2) Aisse et al. (2001).

(3) Análises fornecidas e realizadas na ETE e ETA Incepa no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005 (Tab. 3.7).

A Incepa realiza atualmente o tratamento da água de processo e de limpeza em sua ETE e a reutiliza no processo e corte das peças especiais.

4.3.2.3 Água para limpeza de pisos e equipamentos

Quanto às possibilidades de fornecimento de água para a lavagem de pisos e equipamentos, a Tabela 4.11 realiza a comparação entre o efluente estudado, o efluente reutilizável da Incepa e os padrões da Sabesp para este uso.

Tabela 4.11 - Parâmetros e padrões de qualidade para água de limpeza de pisos e equipamentos; parâmetros do efluente da ETE Cambuí e ETE Incepa.

Parâmetros	CF (NMP/ 100mL)	pH	DBO (mg/L)	STS (mg/L)	CRT (mg/L)	Turbidez (UT)	Óleos e graxas (mg/L)
(1) Sabesp	< 200	6 a 9	< 25	< 35	2 a 6	< 20	Visual. ausentes
(2) Efluente Cambuí	200	6,8	5	30	1,06	4,1	-
(3) Efluente ETE Incepa (média)	< 1	7,4	29,66	< 1		-	12,1

Fonte: (1) Semura et al. (2005); (2) Aisse et al. (2001); (3) Análises fornecidas e realizadas na ETE e ETA Incepa no período de setembro de 2004 à fevereiro de 2005 (Tabela 3.7).

Para a elaboração da Tabela 4.9, utilizou-se padrão de qualidade da água para uso urbano mais restritivo da Sabesp, que inclui lavagem de pisos, pátios e logradouros.

4.4 Análise da inserção do uso de efluentes no setor de saneamento básico.

Para atender ao quarto objetivo específico desta trabalho, decidiu-se conhecer realidades diferentes de administração de recursos hídricos, suas crenças e ações com respeito ao reúso da água.

4.4.1 Sabesp

Para a realização das averiguações à respeito do reúso da água nas políticas públicas do setor de saneamento básico, foi realizada visita às instalações da Sabesp no dia dois de dezembro de 2005. A empresa está localizado na Avenida do Estado, 561, Bom Retiro, na cidade de São Paulo.

O engenheiro Yukio Sacamoto, do Departamento de Planejamento, Controladoria e Desenvolvimento Operacional – MTP, forneceu as informações necessárias sobre a empresa e para a compreensão do papel que o reúso da água desempenha na Sabesp, através de entrevista e questionário respondido que se encontra no Apêndice 2.

Primeiramente abordou-se algumas questões gerais sobre a empresa e os projetos de reúso. De acordo com Sacamoto (2005), a Sabesp foi a primeira empresa pública de saneamento no Brasil a utilizar efluentes municipais. O maior projeto atualmente em andamento pela divisão de negócios da Sabesp é uma parceria com a prefeitura de Barueri para a criação de um pólo industrial na cidade, em um terreno municipal de 250 m² vizinho à estação de tratamento, com um plano de ocupação para esta área, com incentivo para empresas que utilizarem este insumo. Além da água de reúso, as indústrias poderão contar com o gás, fornecido pela Congas, podendo contar também com a facilidade viária, através da proximidade com a Rodoanel. A ETE Barueri é a maior do Hemisfério Sul, com um volume de 8 m³/s.

Já com a prefeitura de São Caetano que utiliza a água de reúso para limpeza pública, a Sabesp estuda a construção de uma rede para abastecer empresas instaladas no município e a General Motors está estudando a qualidade da água de reúso fornecida pela ETE ABC.

A empresa prevê, em sua política de reúso planejado de efluentes, o alcance simultâneo de três importantes elementos que coincidem com a Estratégia Global para a Administração da Qualidade da Água proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela Organização Mundial da Saúde, que seriam a proteção da saúde

pública, a manutenção da integridade dos ecossistemas e o uso sustentado da água. Isto quer dizer que para a Sabesp, a reutilização da água vai além das demandas circunstanciais

Na RMSp, a Sabesp possui cinco ETE's para o tratamento dos esgotos sanitários e industriais do município de São Paulo e outros municípios adjacentes da Grande São Paulo. Foram projetadas para tratar a nível secundário os esgotos através do processo de lodos ativados convencionais, de forma a atender os padrões de lançamento do efluente tratado nos corpos d'água (Artigo 18 do Decreto Estadual nº 8468/76). Os efluentes industriais devem receber tratamento na fonte de poluição (indústria) de forma a atender o Artigo 19A do mesmo Decreto, antes do lançamento no sistema público de esgotos.

Com exceção da ETE Suzano, todas as ETE'S dispõem atualmente de estações de reúso, que permitem a utilização do efluente tratado para diversas utilizações internas, tais como: quebra-escuma, diluição de lodo, água de selagem (para gaxetas, resfriamento de óleo dos trocadores de calor dos compressores e elevatória final e extinção de cal), lavagem de piso, rega de jardim e também o fornecimento de água para desobstrução e lavagem das redes coletoras operadas pela Sabesp.

Os processos e operações nas ETA's de utilidades compõe-se de filtração grosseira com filtros-cestos; pré-cloração com hipoclorito de sódio; coagulação e floculação com policloreto de alumínio; filtração fina (5µm) por filtro de pressão, com camadas de areia e antracito; pós-cloração com hipoclorito de sódio.

No setor industrial, a Sabesp possui um acordo com a Indústria Coats Corrente, em São Paulo, fabricante das Linhas Corrente, que utiliza a água de reúso nos processos de lavagem e tingimento de produtos. Este contrato vem mostrando a viabilidade do reúso da água para fins industriais. Há dois anos, a empresa recebe 70 m³/hora de água proveniente da ETE Jesus Neto, que seriam devolvidos ao rio, economizando um volume de água potável suficiente para abastecer mais de mil famílias.

Segundo a superintendente de marketing da Sabesp, essa é a primeira experiência do gênero na América Latina. Para viabilizar o projeto, a Sabesp teve que fazer pequenas alterações nas condições de tratamento da água para ser utilizada no processo têxtil da empresa, e instalar uma tubulação da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Jesus Neto para a Coats Corrente, ambas no bairro do Ipiranga.

Além da economia de água potável, o contrato é vantajoso técnico e economicamente para a Sabesp. Um projeto desse tipo demanda estudo e negociação para se adequar o tipo de tratamento dado aos efluentes e poder determinar o custo da água. Apesar dos investimentos de US\$ 200 mil para viabilizar esse fornecimento, a empresa conseguiu uma economia de 60% dos gastos com água.

O sistema implantado pela empresa inclui ainda um circuito fechado de tratamento e uso da água, que reaproveita 40% do volume fornecido pela Sabesp. Os 60% restantes são pré-tratados dentro da estação da Coats e só depois são devolvidos à Sabesp.

Com relação às perguntas do questionário aplicado, foi mencionado que a Sabesp é uma empresa de economia mista, com controle acionário do Estado, que se responsabiliza pela administração, operação, manutenção, construção, ampliação e comercialização dos serviços de água e esgoto mediante contrato de concessão. Possui um índice de atendimento de coleta de esgotos de 82% e trata 60% deste esgoto coletado.

Comentou-se também que projeto de reúso planejado pertence à Diretoria Metropolitana da Sabesp e teve início com o lançamento do Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável (PURA), pelo governo do Estado de São Paulo, pelo Decreto nº 45805-15/05/2001. Salientou-se que o reúso de água para fins não potáveis foi impulsionado em todo mundo nas últimas décadas, devido a crescente dificuldade de atendimento da demanda de água para os centros urbanos, pela escassez cada vez maior de mananciais próximos e/ou de qualidade adequada para abastecimento após tratamento convencional.

O reúso na Sabesp é divulgado por meio dos veículos de comunicação oficial da empresa: Internet, relatórios oficiais, folhetos e folders. A centralização das ações está com a Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos que desenvolve em conjunto com as Superintendências de Comunicação e Marketing as ações para o produto.

Antes do início do projeto, foi realizada uma pesquisa para localizar possíveis compradores e verificar a viabilidade do projeto.

Quanto aos parâmetros de qualidade, a Sabesp criou seus próprios parâmetros baseados na Norma Espanhola acompanhados de um plano de monitoramento já descrito na revisão bibliográfica. Em caso de mau uso da água de reúso, a responsabilidade é do comprador, visto que no termo de autorização assinado entre Sabesp e o comprador de água de reúso está claramente definido os usos permitidos para esta água.

Foi utilizado neste estudo de mercado potencial um raio de 10 km, por estarem concentrados neste raio as maiores possibilidades de equacionar a viabilidade financeira de instalação de uma rede de abastecimento exclusiva para a água de reúso.

Os volumes utilizados com a prática do reúso seriam: 60 milhões L/ mês para uso industrial; para uso urbano 20 milhões L/ mês e para utilização nas próprias estações seriam 260 milhões por mês, sendo que o efluente é comercializado para seis prefeituras e treze indústrias.

No caminho para a Sabesp, encontrou-se um caminhão do sistema de reúso da PM de São Paulo, realizando a desobstrução de dutos, como mostra a Figura 4.27.

Figura 4.27 - Desobstrução de dutos com água de reúso e sinalização no caminhão – São Paulo – 02/11/2005.



O caminhão possui sinalização com os dizeres: Água de Reúso – Não potável – Não beba; o símbolo do reúso (triângulo), mas não está utilizando a cor lilás, padrão internacional do reúso. Os funcionários estavam utilizando somente luvas como EPI.

Neste mesmo dia, auxiliou nas respostas o senhor Roberto Setazawa, da controladoria da Sabesp. Sobre os custos da Água de Reúso, comentou que o preço para as empresas públicas é de R\$ 0,41/m³ na estação de tratamento; para as empresas privadas de R\$ 0,69/m³ também na estação de tratamento, sem considerar o transporte que é de responsabilidade dos compradores.

E o preço via rede como é o caso da ETE Jesus Netto, é de R\$ 0,75/m³. Questionou-se também se o preço poderia variar com o volume comprado e a resposta foi negativa,

devido ao fato de que para o fornecimento por caminhão os volumes são pequenos. Deve-se salientar que o custo de transporte varia com a distância da ETE onde é comprado o efluente. Mencionou que os contratos possuem um tempo determinado de doze meses e que o investimento necessário para o projeto foi muito pequeno, devido a existência da ETA de Utilidades. Ainda sobre os custos do reúso, o Sr. Yukio Sacamoto comenta que o custo desta água deve ser de tal forma a cobrir os custos das empresas de saneamento e atender aos anseios das prefeituras e indústrias, incentivando, assim, a sua prática.

Outra questão levantada na entrevista, foi a existência de uma pesquisa prévia de aceitação pelos usuários e a população afetada pela utilização do efluente no entorno das áreas onde se utiliza o efluente e pelos funcionários atuantes no projeto. A resposta fornecida pelo sr. Sacamoto foi de que não houve uma pesquisa, mas que foram acompanhados os resultados e realizadas entrevistas com a população na época do lançamento do projeto.

Quanto às perspectivas futuras sobre uma ampliação do projeto de uso de efluentes a Sabesp visa o fornecimento via rede para indústrias com projetos customizados.

4.4.1.1 ETEs para o uso de efluentes.

4.4.1.1.1 ETE BARUERI.

Foi realizada nesta ocasião também uma visita técnica à ETE Barueri, acompanhada pelo sr. Sacamoto. Esta ETE é a maior da América Latina, onde se conheceu além da estação normal, também a ETE de Reúso de Barueri, que se encontra no mesmo local (Figura 4.28).

De acordo com informações obtidas nesta estação, no Estado de São Paulo é permitido o lançamento de esgotos industriais no sistema público desde que devidamente enquadrados nos padrões de lançamento da legislação estadual. No entanto, lançamentos industriais irregulares ou clandestinos trazem consigo uma série de componentes nocivos à saúde das pessoas a eles expostas e aos sistemas de tratamento de esgotos. Nessas condições, o reúso dessas águas quando feito de maneira não criteriosa pode intensificar essa exposição de forma direta ou indireta.

Portanto, é fundamental a implantação de sistemas eficazes de monitoramento do afluente às ETE's, assim como da água de reúso antes de sua distribuição.

Figura 4.28 - ETE de abastecimento com Água de Reuso (ETE Barueri).



Figura 4.29 - Três dos cinco reservatórios da ETE de utilidades são utilizados para água de reúso.



Na Figura 4.29, nota-se a cor dos reservatórios que segue as normas internacionais.

A microfiltração da água de reúso é realizada em filtros tipo cartucho (1 μm) para o fornecimento para as diversas prefeituras para utilização em lavagem de vias públicas, regas de jardins e desobstrução de galerias de águas pluviais e tubulações de esgoto e para as indústrias (Figura 4.30). Para garantir as condições mínimas para a utilização desta água, novamente se adiciona hipoclorito de sódio diretamente na bica de abastecimento dos caminhões pipa.

Figura 4.30 - Filtro cartucho.



Os caminhões são abastecidos e o controle de saída do efluente é feito através de planilhas de remessa de água de reúso.

Figura 4.31 - Caminhão utilizado para água de reúso da Sabesp.



Nesta planilha estão especificados o local de origem do efluente (ETE), o comprador do efluente com endereço do destino final, a utilização prevista, o responsável pelo transporte, dados do caminhão, nome do responsável pela liberação, data e hora da saída do efluente. Importante destacar que no próprio documento de liberação do efluente está escrito que a água de reúso não é potável e portanto imprópria para consumo humano. Se tal utilização ocorrer é caracterizado crime contra a saúde pública, ficando o responsável sujeito à penalidade previstas na legislação.

Figura 4.32 - Controle da saída do efluente.

REMESSA DE ÁGUA DE REUSO

ORDEM

DESTINO

LIBERAÇÃO DA REMESSA

IMPORTEANTE

ESTA ÁGUA DE REUSO NÃO É POTÁVEL E, PORTANTO, APROPRIADA PARA CONSUMO HUMANO. TAL UTILIZAÇÃO CARACTERIZA CRIME CONTRA A SAÚDE PÚBLICA, FICANDO OS RESPONSÁVEIS SUJEITOS ÀS PENALIDADES PREVISTAS NA LEGISLAÇÃO.

Em cada estação encontra-se um formulário com as empresas e prefeituras autorizadas a abastecer naquele local. Neste documento é mencionado também que os caminhões devem ser abastecidos somente por operadores e técnicos da ETE e em hipótese alguma por terceiros, para segurança e controle de abastecimento.

Figura 4.33 - Controle de abastecimento dos caminhões.

DADOS DA QUALIDADE

EMPRESAS E PREFEITURAS AUTORIZADAS A ABASTECER OS CAMINHÕES COM ÁGUA DE REUSO

Os caminhões só devem ser abastecidos pelos operadores ou técnicos da ETE Barueri, em hipótese alguma por terceiros, por questões de segurança e controle dos abastecimentos.

Segue a relação de empresas e prefeituras autorizadas a abastecerem os caminhões com água de reuso:

1. VA ENGENHARIA;
2. PREFEITURA MUNICIPAL DE BARUERI (PMRB);
3. PREFEITURA MUNICIPAL DE CARAPICUBA (PMCC);
4. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO (PMSP);
5. MILANO ENGENHARIA;
6. REGIONAIS DE CARAPICUBA E BARUERI;
7. MADEGRAMAS;
8. ALFECON;
9. TOMIANNI ENGENHARIA.

OBS: Os caminhões que não constarem na relação, só poderão ser abastecidos mediante autorização da chefia.

FORMULÁRIO DA QUALIDADE

Monitoramento Diário de Remessa de Reuso

Nº	OPERADOR	HORA	USUÁRIO	VOLUME (m³)	DESVIATA (m³)	EXCESSOS (m³)	GERAÇÃO
1	WALDIR	07:50	11/13	110	100	10	01-11/13
2	"	08:25	11/13	50	40	10	01-11/13
3	11	09:10	"	70	60	10	01-11/13
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							

4.4.1.1.2 ETE ABC – SÃO CAETANO DO SUL.

No dia três de dezembro de 2005, foi realizada visita a ETE ABC, localizada na cidade de São Caetano do Sul, RMSP. Optou-se por esta ETE, por se tratar do centro mais industrializado da RMSP.

De acordo com Tatiana Christina dos Reis Dintof, bióloga da Divisão de Operação e Manutenção desta ETE, a construção desta estação teve início na década de 70 sofrendo paralisações em suas obras ao longo do tempo, sendo inaugurada somente em Junho de 1998.

A ETE tem capacidade para tratar 3,0 m³/s na primeira fase, e 8,5 m³/s na segunda fase. O esgoto é proveniente da região leste de São Paulo, Santo André, São Caetano, São Bernardo, Mauá e Diadema. O bombeamento ocorre na elevatória Guamiranga-Mooça, vindo para a ETE ABC através do interceptor Meninos do Emissário Tamanduateí-Meninos.

O tratamento do esgoto é realizado pelo processo de lodos ativados convencional e parte do efluente final é reutilizado na ETE. Dentro desta ETE, encontra-se a ETE de reúso, localizada no setor de utilidades da ETE ABC. A Figura 4.34, mostra o local de abastecimento dos caminhões.

Figura 4.34 - Bica de abastecimento da ETE ABC – setor de reúso.



Foi nesta ETE, em agosto de 2002, que a Sabesp inaugurou o Centro de Reservação de Água de Reúso com capacidade para 50 mil litros. São dois reservatórios que tornaram o fornecimento ao município de São Caetano mais ágil, pois o monitoramento do produto é feito no reservatório com quatro leituras diárias.

De acordo com o Sr. Yukio Sacamoto, da Sabesp este centro de reservação foi construído para se ter um volume de reserva e principalmente para um período de contato com o cloro. Desta forma, o caminhão-pipa ao ser abastecido, vai diretamente para seu destino sem esperar que o laboratório faça a análise do produto no próprio caminhão, como ocorria inicialmente.

Estes reservatórios devem ser identificados para não oferecerem nenhum risco de conexão com outras redes. As Figuras 4.35; 4.36 e 4.37, mostram algumas medidas de segurança adotadas na ETE ABC, no setor de reúso, verificadas durante visita à ETE.

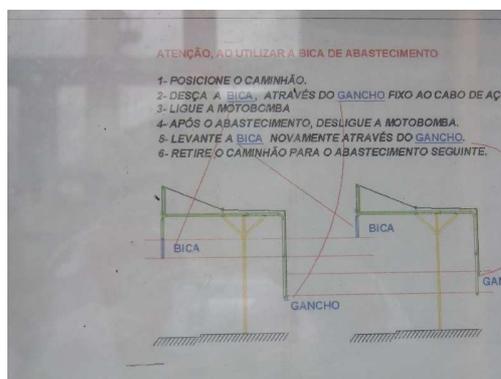
Figura 4.35 - Sinalização de prevenção de acidentes – ETE ABC – setor de reúso.



Figura 4.36- Placa indicando água imprópria para consumo humano – ETE ABC – setor de reúso.



Figura 4.37 - Recomendações para a utilização da bica de abastecimento dos caminhões – ETE ABC – setor de reúso.



4.4.1.2 Prefeitura de São Caetano.

Como citado na revisão bibliográfica, as prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo utilizam a água fornecida pela SABESP na limpeza de ruas, pátios, irrigação e rega de áreas verdes, desobstrução de rede de esgotos e águas pluviais e limpeza de veículos.

Decidiu-se, então, visitar uma prefeitura desta região para verificar como é feita a administração deste fornecimento desta água de reúso. Através de contato na Prefeitura Municipal de São Caetano, constatou-se que o órgão responsável pelo setor de reúso seria o Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul (DAE SCS).

Em visita no dia três de dezembro de 2005, à esta autarquia municipal, localizado na Av. Fernando Simonsen, 303 – Bairro Cerâmica, foram consultados funcionários do DAE que realizam funções referentes a este serviço.

Entre as atribuições do DAE estão os estudos e trabalhos técnicos relativos à construção, ampliação ou remodelação dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos sanitários; manutenção, operação e exploração dos serviços de água e esgoto; lançamento, fiscalização e arrecadação das taxas e tarifas referentes aos serviços prestados à população; realização do cadastro das propriedades beneficiadas pelo DAE

De acordo com informações da engenheira civil Raquel Perruci Fiorin Volf, chefe da seção de água do DAE SCS, no dia 15 de maio de 2001, foi assinado o convênio de reutilização de água não potável originária da ETE ABC para fins urbanos, entre a Prefeitura Municipal de São Caetano do Sul e o Governo Estadual, representado pela Sabesp. O DAE torna-se, então, o responsável pela liberação da remessa para a retirada da água para a Prefeitura, fazendo o papel de gerente e responsável pelo pagamento desta água.

Com o reaproveitamento da água originária do tratamento de esgoto, a Administração Pública Municipal tem uma economia no custo, e segundo a engenheira, a principal vantagem se encontra no ganho social, pois contribui para o racionamento de água potável, uma vez que cada litro de água de reúso empregado significa um litro de água potável disponível para o consumo humano.

Foi enviado um questionário, que se encontra no APÊNDICE 3, com questões elaboradas para obter uma melhor compreensão do gerenciamento do reúso nas prefeituras.

O responsável pelas informações foi o Eng. Sandro Fortunato Casini, Chefe da Divisão Técnica do DAE SCS.

O questionário foi dividido em quatro partes: perguntas gerais, de utilização do efluente, monitoramento e perspectivas futuras.

Sobre quais os setores onde o efluente tratado é utilizado e como são escolhidos estes setores, constatou-se que seriam para a rega complementar de áreas verdes, nas lavagens de vias públicas e desobstrução de galerias de águas pluviais e redes de esgotos. As áreas são escolhidas em decorrência da necessidade para fins não nobres. A compra do efluente é feita diariamente e o pagamento realizado mensalmente à Sabesp.

Quanto à utilização, foi mencionado que o transporte deste efluente tratado é feito por caminhões-pipa devidamente preparados, sendo a responsabilidade pelos custos do usuário e não da Sabesp. O abastecimento destes caminhões é realizado na própria ETE ABC, em um setor denominado ETE de utilidades.

Na questão sanitária, de acordo com respostas fornecidas, os trabalhadores que irão utilizar a água de reúso devem estar informados sobre as precauções e hábitos higiênicos a seguir. O risco sanitário é análogo ao dos trabalhadores de uma estação de tratamento de esgotos e a prevenção de riscos laborais está diretamente relacionada ao uso inadequado por parte dos trabalhadores envolvidos nas operações com água de reúso.

Deve-se, portanto, aplicar medidas eficazes para minimizar ou evitar o risco, através de treinamento e fornecimento de equipamentos de proteção individual. Os EPIs necessários para a manipulação do efluente durante o carregamento dos caminhões e aplicação do efluente tratado são luvas de pvc longas e áspera, botas de PVC, capa plástica ou avental de pvc sem mangas, capacete com visor facial de acrílico e máscara.

O DAE possui um caminhão pipa de 9 m³, dois caminhões womas, para desobstrução de dutos, com capacidade de 6 m³, e a PMSCS trabalha com dois caminhões-pipa de 10 m³. Todos os caminhões possuem identificação padrão da SABESP com a cor internacional do reúso - lilás. Cada veículo conta com dois funcionários, um motorista e um ajudante.

Os parâmetros de qualidade do efluente são os utilizados pela Sabesp, que também realiza o controle de qualidade da água de reúso.

As lavagens de ruas, irrigação e desobstrução de dutos são feitas diariamente ou conforme a necessidade, utilizando-se um volume aproximado diário de 3.000 m³/ mês para as diversas aplicações. É realizado um treinamento do pessoal que manipula o efluente tanto na Sabesp como nas Prefeituras.

De acordo com informação recebida neste local, os órgãos municipais pagam R\$ 0,36/m³ por esta água de reúso e a economia proporcionada pela reutilização da água é de R\$ 0,56/m³. Este valor difere da informação fornecida pelo senhor Setazawa, da Sabesp, em que o preço seria de R\$ 0,41 para as empresas públicas.

Das questões referentes ao monitoramento, averiguou-se que os funcionários que entram em contato com o efluente passam por exames médicos periódicos semestrais e que não foram relatados casos de doenças relacionados à manipulação do efluente.

E por parte da prefeitura não são realizados estudos ou existe um monitoramento do solo onde o efluente é aplicado para monitorar poluição de aquíferos, acúmulo de contaminantes químicos e salinização.

Quanto a projetos futuros, existe a idéia de implantar uma rede de distribuição de água de reúso para abastecer os pólos industriais do Município.

4.4.2 Sanepar

O engenheiro Cléverson Andreoli, da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento (APD), forneceu as informações necessárias para o esclarecimento dos motivos pelos quais a Sanepar ainda não faz uso da prática do reúso urbano. Estas dúvidas foram esclarecidas através de questionário respondido durante visita realizada à Sanepar, e que se encontra no Apêndice 4.

Comentou que a Sanepar é uma empresa estatal, de economia mista, cujo maior acionista é o governo do Estado com 60% das ações. Possui como parceiro estratégico o Grupo Dominó, formado pelas empresas Vivendi, Andrade Gutierrez, Opportunity e Copel. Seu sistema de concessões apresenta, atualmente, um termo aditivo, em que no caso da empresa tornar-se privatizada, o município fica com o domínio da empresa.

Sobre o posicionamento da empresa em relação ao reúso da água, o engenheiro comentou que o reúso na Sanepar é realizado somente para uso interno das ETEs e ETAs, e que pesquisas estão sendo feitas para a aplicação do uso dos efluentes de ETEs em duas

citadas do interior do Paraná, cujos nomes não foram revelados. O motivo desta pesquisa é devido ao fato de que o corpo receptor dos efluentes destas cidades não tem condições de recebê-los. Salientou que a Sanepar não possui, ainda, uma política definida para o reúso e que esta política não está incluída nos planos estratégicos da empresa. A pesquisa sobre o reúso na Sanepar está acontecendo lentamente, e os motivos alegados para a não realização do reúso seriam a cultura da empresa que ainda não vê o reúso como prioridade e a perda de receita que resultaria num impacto econômico pela substituição do fornecimento de água potável por um efluente tratado com um preço menor. Citou que o lucro é imprescindível numa Companhia de Saneamento.

Questionado à respeito do reúso quando da implantação da cobrança pelo uso da água e lançamento de esgoto, mencionou que todas as alternativas para a diminuição das despesas são aceitas na Sanepar. Lembrou que a Sanepar realiza o reúso indireto, onde o efluente depois de tratado é lançado ao corpo receptor. E que a vazão ecológica ($Q_{10,7}$) precisa ser mantida para a manutenção da vazão do corpo receptor.

Quanto a cobrança por parte das empresas de saneamento de um adicional ao esgoto tratado para o atendimento da qualidade requerida para os diferentes usos (indústria, urbano agrícola), o sr. Andreoli comentou que seriam necessários diferentes preços, diferentes tratamentos para as diferentes qualidades exigidas para os diferentes consumos. Citou como exemplo o reúso agrícola em que o esgoto não precisa ser tratado devido ao fato de conter nutrientes necessários à agricultura. Para o uso industrial, que necessita de uma qualidade superior, o tratamento adicional poderia ficar a cargo da própria indústria.

Com respeito à situação do abastecimento de água na cidade de Curitiba, diz que a disponibilidade hídrica da RMC é restrita e conseqüentemente o planejamento do uso de seus mananciais deve ser cuidadosamente avaliado. A Tabela 4.12, apresenta a projeção da demanda de água para a RMC num horizonte de 50 anos, quando os mananciais da região deverão atender a uma demanda entre 32.000 e 39.000 L/s. O cálculo das projeções baseou-se em taxas de crescimento máxima e mínima para cada período, possibilitando o cálculo estimativo da população. Foram adotadas quotas de consumo crescentes, variando entre 200 a 300 L/hab.dia, considerando tanto o consumo doméstico como industrial (ANDREOLI et al; 2003).

Tabela 4.12 – Região Metropolitana de Curitiba - Demandas médias de água para o período entre o ano de 2.000 a 2.050.

Ano	Taxa de crescimento (%)	População (1000 hab)		Quota “per cap” (L/hab.dia)	Demanda média (L/s)	
		Máx	Mín		Máx	Mín
2000	-	2.800	2.800	200	6.482	6.482
2005	-	3.206	3.160	250	9.277	9.143
2010	3,5/3,2	3.808	3.699	250	11.018	10.703
2015	3,5/3,2	4.457	3.802	280	14.444	12.321
2020	2,8/3,2	5.217	4.875	280	16.907	15.799
2025	2,8/3,2	5.989	5.382	280	19.409	17.442
2030	2,2/2,8	6.876	5.942	280	22.283	19.256
2035	2,2/2,8	7.592	6.049	300	26.361	21.003
2040	1,8/2,2	8.547	7.102	300	29.677	24.659
2045	1,8/2,2	9.344	7.726	300	32.444	26.826
2050	1,7/1,8	10.216	8.406	300	35.472	29.187

Fonte: Adaptado de Andreoli et al; (2003, p.60. Cap.2).

À respeito da realização de estudos pela Sanepar em relação ao reúso, foi comentado que a empresa fez uma tentativa da realização de uma pesquisa junto à uma instituição americana, mas este projeto foi impedido pelo governo estadual.

Na parte organizacional, questionou-se no caso da existência de um sistema de reúso na empresa, em que setor se encaixaria, e a sugestão do engenheiro foi de que o reúso poderia pertencer à Diretoria de Operações ou à de Novos Negócios.

Outra questão levantada diz respeito às mudanças culturais necessárias para a implantação de um projeto de reúso na empresa, sendo a resposta a definição de tecnologias utilizadas no reúso; uma consciência maior da crise da água e a importância da minimização do consumo e a implantação de instrumentos econômicos que viabilizassem o uso do esgoto tratado.

5 DISCUSSÃO

5.1 Verificação da oferta de águas de abastecimento, produção de efluentes tratados e as possibilidades de uso urbano não potável de efluentes tratados da ETE Cambuí na cidade de Campo Largo.

5.1.1 Oferta de águas de abastecimento e produção de efluentes tratados na cidade de Campo Largo.

De acordo a Tabela 4.1, a oferta de água no município seria de 151,95 L/ s, ou 393.854,4 m³/mês e a oferta de efluentes considerando-se a vazão de projeto é de 114,20 L/s ou 296.006,4 m³/ mês.

Sendo a ETE Cambuí a escolhida para ser a fornecedora do efluente neste trabalho, considera-se como efluente disponível um volume de 64 L/s (vazão média) ou 165.888 m³/mês. Os dados informam que a população atendida é de 54.892 habitantes, e que a estação possui uma vazão de projeto de 259.200 m³/ mês.

A oferta mensal de efluente proveniente da ETE Cambuí a ser utilizado para uso nos diversos setores urbanos e industrial seria, então, de 165.888 m³/mês, isto sem considerar a vazão de manutenção. Os estudos de verificação de consumo de água em atividades urbanas não potáveis na cidade de Campo Largo – PR, vislumbraram uma potencialidade de 646,7 m³/mês, suprida com bastante folga pela ETE Cambuí.

5.1.2 Prováveis locais de uso urbano do efluente gerado na ETE Cambuí: possíveis usuários – avaliação quantitativa e qualitativa.

Deve-se ressaltar que as indicações de possibilidades de reúso urbano neste trabalho foram determinadas levando-se em consideração fundamentalmente a proximidade dos possíveis usuários.

Pela análise espacial pode-se observar que todos os setores estudados passíveis de reúso encontram-se dentro do raio arbitrado de 5 km, a partir da ETE Cambuí. O único ponto fora deste limite seria a Colônia Dom Pedro, um dos locais onde são realizadas a compactação e irrigação das ruas para o controle de poeira. Seria a região mais distante para este uso.

No setor de limpeza pública, verificou-se um consumo médio total adotado de 340 m³/mês, sendo que a compactação do solo e controle de poeira (240 m³/mês), foram considerados separadamente como construção civil, por se tratar de um volume significativo e considerando-se que o padrão de coliformes fecais para o setor da construção civil é menos rigoroso, admitindo 200 como NMP/100mL. O limite da EPA de zero coliforme, considerado neste trabalho como padrão mais rigoroso para a limpeza pública, inviabilizaria a utilização do efluente para este uso.

A grande demanda de água no setor urbano de controle de poeira e compactação do solo de 240 m³/ mês (volume médio adotado) apresenta-se, então, como a alternativa mais atrativa para uma possível utilização do efluente tratado. Outra atividade que possui boas perspectivas de substituição de água potável por água de reúso seria no setor de limpeza pública, na lavagem de veículos da frota municipal da prefeitura, que utiliza um volume de 100 m³/ mês. Os parâmetros de qualidade atendem os requisitos utilizados pela Sabesp de 200/100 mL de coliformes, não atendendo ao parâmetro mais rigoroso considerado neste trabalho, exigidos pela EPA, que determina uma concentração zero de coliformes fecais para este uso. Quanto a DBO, o pH, o STS, o cloro residual e o tratamento recomendado, o efluente da ETE Cambuí encontra-se dentro dos padrões mais rigorosos do reúso urbano. Somente o valor da turbidez do efluente que é de 4,1 UT, encontra-se fora do padrão mais rigoroso da EPA e Canadá (2 UT), mas dentro do limite da Sabesp de ≤ 20 UT.

Cuidados com a proteção e segurança do operador como os utilizados pela Sabesp poderiam viabilizar este uso. Nesta iniciativa a proximidade da garagem municipal à ETE, que seria de apenas 1,75 km seria mais um ponto positivo.

A utilização na irrigação urbana mostra um volume utilizado adotado de 300 m³/ mês. A horta municipal seria o maior consumidor de água, com volume médio adotado de 140 m³/ mês, seguida pela compostagem com 100 m³/ mês e o horto utilizando 60 m³/ mês.

Para efeito de análise, este setor foi dividido em duas partes: o horto e a compostagem foram consideradas áreas onde o acesso público é controlado, utilizando-se parâmetros de qualidade referente ao reúso urbano restrito; e o item horta foi considerado como reúso agrícola para consumo humano “Surface or spray irrigation of any food crop, including crops eaten raw - EPA, 2004”, por se tratar de produtos comestíveis.

No caso dos padrões de qualidade para a utilização do efluente na horta, o critério da EPA é severo, exigindo para a irrigação irrestrita, ou irrigação por aspersão em qualquer

situação, padrão microbiológico de qualidade de efluente semelhante ao padrão de potabilidade da água como a ausência de coliformes e organismos patogênicos, turbidez menor ou igual a 2 UT e cloro residual maior ou igual 1mg/L. Já a OMS, em sua publicação de 1989, recomenda que para irrigação de culturas que serão consumidas cruas, o limite de coliformes seja menor que 1000/100mL, baseando-se em estudos microbiológicos e epidemiológicos. Os usos destes estudos epidemiológicos em países subdesenvolvidos têm sido criticados devido ao fato de, nestes países, a população ter desenvolvido imunidade contra diversas doenças entéricas, e pela falta de uma metodologia de risco de saúde adequada e pela falta de sensibilidade nos métodos epidemiológicos para detectar transmissão de doenças que não cheguem a causar enfermidades em nos indivíduos expostos, mas que numa transmissão secundária cause problemas aos indivíduos suscetíveis. (BLUMENTHAL et al.; 2000).

De acordo com Sperling e Fattal (2001), é difícil realizar comparações e generalizações entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Existem muitas disparidades dentro e entre estes países. Os desenvolvidos, já ultrapassaram os estágios básicos dos problemas ambientais. Os menos desenvolvidos continuam ainda sobre dupla pressão: de um lado observando e tentando seguir regras internacionais e, por outro lado, sendo incapazes de reverter o processo de degradação ambiental, onde em muitos destes países, a infraestrutura sanitária não acompanha o crescimento populacional. Países, como por exemplo, o México admitem para irrigação irrestrita um limite de CF menor ou igual a 2000/100 mL, para suprir as circunstâncias locais epidemiológicas e econômicas (PEASEY et al., 1999; apud BLUMENTHAL et al., 2000). Estes parâmetros foram instituídos para serem suficientes para a proteção dos grupos de risco e serem compatíveis com a tecnologia e recursos disponíveis.

O nível zero de coliformes exigido pela EPA se deve ao fato de que o critério de ausência de coliformes asseguraria a ausência de bactérias patogênicas, enquanto que a inclusão da turbidez e de cloro residual seriam para complementar da indicação da remoção de protozoários por filtração e da inativação de vírus (EPA, 2004).

A distância do Horto Municipal à ETE Cambuí é de apenas 1,35 km, mas devido a análise qualitativa não atender aos parâmetros da EPA, que indica a necessidade de taxa zero de coliformes fecais, o uso para a horta fica inviabilizado. Lembrando que neste trabalho, por questões de segurança, foram considerados para a horta parâmetros para reúso

agrícola de consumo humano. Utilizando-se os parâmetros da OMS para coliformes, menos rigoroso que os parâmetros da EPA, este uso seria viabilizado.

Na utilização do efluente no horto e na compostagem, utilizou-se padrão de qualidade como sendo reúso urbano restrito – áreas onde o acesso público é controlado. Todos os parâmetros de qualidade exigidos estão de acordo com os padrões encontrados no efluente da ETE Cambuí, com exceção de uma pequena alteração no valor do cloro residual, já que a norma da EPA e da Sabesp para irrigação de áreas verdes aconselha a efetuar a descloração para valores preferivelmente < 1 . Novamente, a proximidade à ETE seria um fator a se considerar e o efluente se adequaria em seis dos setes padrões mais rigorosos adotados, sendo que somente o cloro residual do efluente está abaixo do exigido pela Sabesp, de 2 a 6 mg/ L. Estes valores mais elevados de cloro proporcionariam uma probabilidade maior de inativação de vírus (SEMURA et al., 2005).

De acordo com o critério menos rigoroso da EPA, que aceita um nível de cloro residual maior ou igual a 1, todos os parâmetros estariam de acordo para o uso. Porém, a mesma norma da Sabesp menciona que para a utilização em irrigação de áreas verdes deve-se efetuar a descloração da água de reúso para valores inferiores à 5 mg/ L. Segundo a EPA(1999) e Crook (1993), citado por Semura et al. (2005), concentrações de cloro livre residual inferiores à 1mg/ L não causam problemas para a maioria das plantas. A água com excesso de cloro aplicada diretamente sobre a folhagem da planta tem um efeito de queima de folhas semelhante ao causado por sódio e cloretos.

No item combate à incêndio, para o volume de reserva para incêndio (10 m^3) encontrou-se na literatura somente o padrão da EPA que trata especificamente desta utilização. Os parâmetros do efluente nos itens coliformes fecais, turbidez e cloro residual mínimo não são compatíveis com os padrões da EPA. Nota-se que a pequena demanda não indica boas perspectivas de utilização de efluentes gerados pela ETE Cambuí por se tratar de um volume pequeno e a norma americana exigir coliformes zero, apesar da proximidade do corpo de bombeiros à ETE.

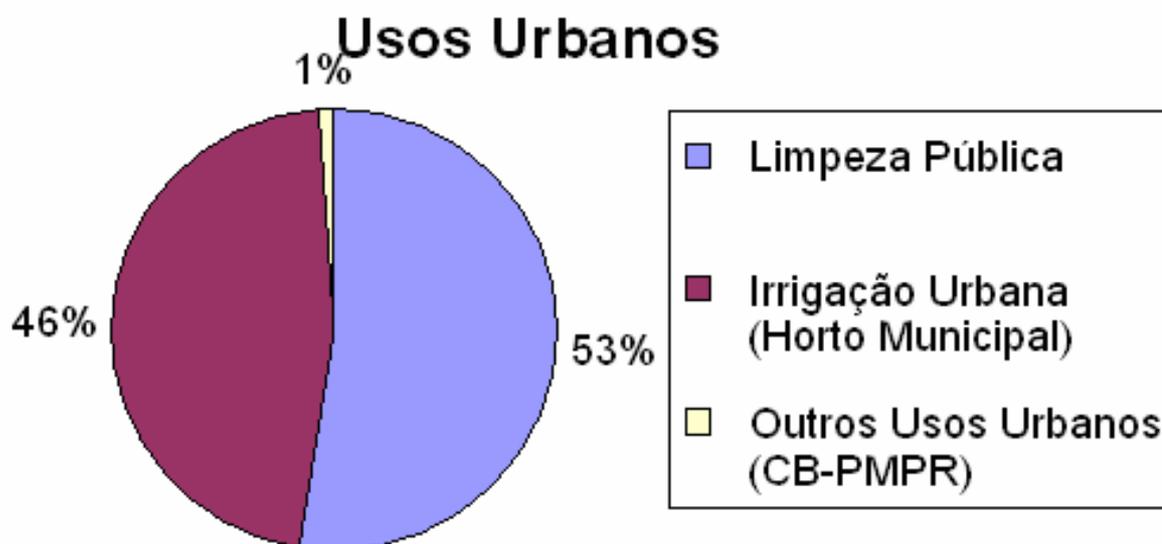
Quanto à lavagem dos caminhões e ambulância do Corpo de Bombeiros, que é uma atividade praticada diariamente utilizando $6,6 \text{ m}^3/\text{mês}$, considerou-se os mesmos padrões utilizados na lavagem dos veículos da frota municipal da Prefeitura Municipal. Considerando-se o padrão mais rigoroso de coliformes fecais da EPA de zero/100 mL o uso

seria proibido. Admitindo-se o padrão menos rigoroso de 200/ 100 mL e atualmente utilizado pela Sabesp, esta utilização seria possível.

A Figura 5.1, mostra que a maior demanda por efluentes na cidade seria para limpeza pública, com 53% do volume médio adotado, seguida da irrigação urbana e combate à incêndio. Nota-se, pela análise da Tabela 4.2, que um valor significativo para a utilização do efluente tratado seria a compactação de estradas e o controle de poeira, utilizando um volume médio adotado de 240 m³/ mês e cuja qualidade está de acordo com os padrões.

Baseado nestes resultados é que se realizou o experimento utilizando o efluente da ETE Cambuí, na compactação Rua São José, em Campo Largo (item 4.1.3).

Figura 5.1 - Consumo de água para diferentes usos urbanos no Município de Campo Largo.

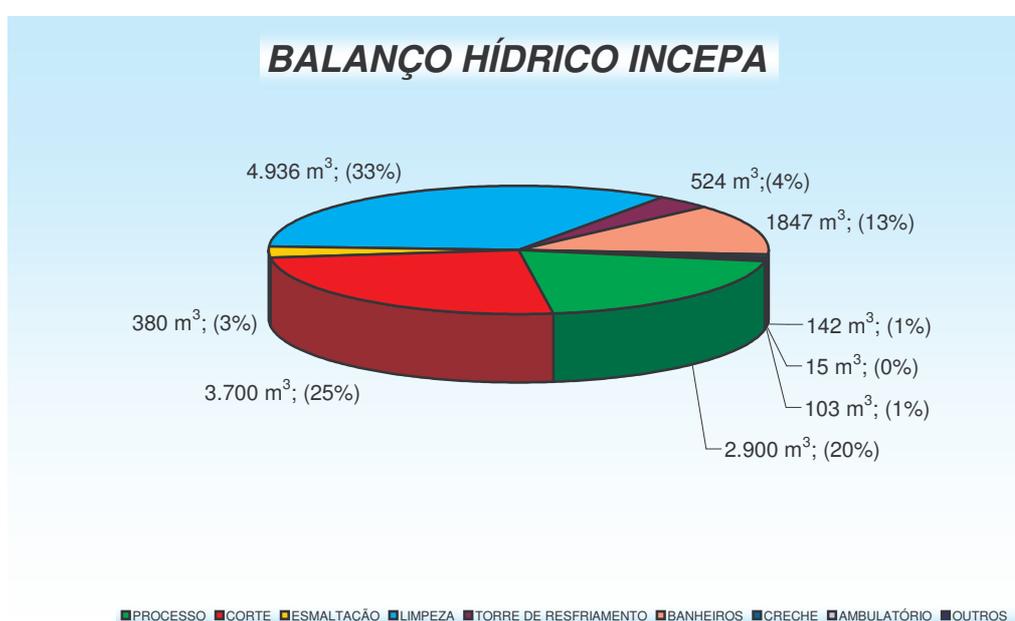


5.1.3 Prováveis usos industriais do efluente gerado na ETE Cambuí: possíveis usuários – avaliação quantitativa e qualitativa.

Deve-se comentar que um dos objetivos deste trabalho seria analisar especificamente a Indústria Cerâmica do Paraná – Incepa.

Através da Tabela 4.3 (Consumo de água Incepa), do Fluxograma, Figura 4.17, chegou-se à construção da Figura 5.2, que mostra de uma maneira mais expressiva as atividades responsáveis pelas maiores demandas nesta indústria, definindo-se, assim, as áreas com maior potencial para a implementação de estratégias de redução do consumo de água, sem ainda considerar os aspectos relacionados à qualidade necessária da água.

Figura 5.2 - Balanço Hídrico Interno Incepa - Volumes (m³/mês) e Porcentagens



Com base nos valores obtidos constatou-se que o consumo mais crítico seria a limpeza e lavagem de pisos e equipamentos, utilizando um volume de 4936 m³/mês – aproximadamente 33 % do volume total de água consumida pela empresa. Na Tabela 4.10, que diz respeito aos Parâmetros e Padrões de qualidade para água de limpeza de pisos e equipamentos, utilizou-se padrão de qualidade para uso urbano mais restritivo da Sabesp, que inclui lavagem de pisos, pátios e logradouros. Nota-se que a compatibilização foi possível em todos os parâmetros monitorados, sugerindo boas perspectivas de utilização do efluente da ETE Cambuí para este fim.

Os banheiros utilizam um volume de água de 1882 m³/mês, ou 13% do volume total mostrando-se também um volume significativo. Neste trabalho, para análise das opções de utilização do efluente da ETE Cambuí na empresa, serão somente considerados o volume dos vasos sanitários e mictórios, desprezando-se o uso em lavatórios pelo fato deste uso requerer uma qualidade de água potável. Nota-se que para a utilização nos banheiros seria necessária adução.

Outro uso passível de utilização do efluente doméstico seria no corte de peças especiais (3700 m³/ mês), cujo reúso já acontece com o aproveitamento do próprio efluente industrial. Para a utilização no corte destas peças deve-se prever o risco sanitário, pois neste processo ocorre a formação de aerossóis que podem contaminar o operador das máquinas de corte. Por este motivo este uso não será considerado.

Na utilização como insumo industrial (1800 m³/ mês), a qualidade do efluente da ETE Cambuí foi testada e aprovada como demonstrou o teste realizado na empresa (item 4.2.3).

Deve-se mencionar que a reutilização do próprio efluente como matéria-prima é atualmente realizada na indústria. Pela análise da Tabela 4.9, pode-se notar que o efluente da ETE Cambuí atende a todos os parâmetros de qualidade apresentados por Hespanhol e Mierzwa (2005), possuindo qualidade superior para o parâmetro DQO do que o efluente utilizado atualmente na Incepa.

Dentro do critério de estabelecer prioridades para usos que já possuam demanda imediata e que não exijam níveis elevados de tratamento, Hespanhol (1997) recomenda concentrar a fase inicial do programa de reúso industrial em sistema de refrigeração, sendo que na Incepa a vazão utilizada nas torres de resfriamento seria de 524 m³/mês.

Analisando-se a Tabela 4.8 que trata dos parâmetros e padrões de qualidade para água de resfriamento, parâmetros do efluente da ETE Cambuí em mg/L, verificou-se que os parâmetros cloro residual, alumínio, ferro, zinco e nitrogênio amoniacal não estão dentro dos padrões, principalmente os valores do alumínio, ferro e nitrogênio que estão bem acima dos valores máximos estipulados sendo necessária uma redução em suas concentrações de 1,42, 4,04 e 55,2 respectivamente. Quanto ao cloro e zinco estão um pouco acima do limite padrão, com concentrações de 1,06 e 0,29.

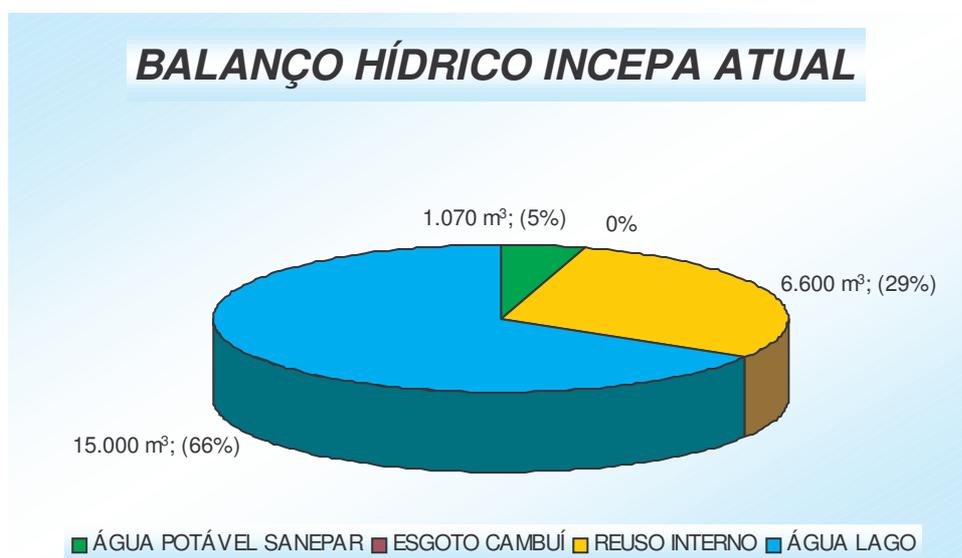
Alguns parâmetros da ETE Cambuí não foram monitorados como cloretos, dureza, sílica, compostos orgânicos, bicarbonato, sulfatos, oxigênio dissolvido, detergentes e amônia

ficando a análise qualitativa prejudicada em função da falta de parâmetros monitorados. Por considerar este volume menos significativo que os demais e pelo fato do efluente da ETE Cambuí apresentar alguns valores fora dos padrões, como por exemplo um valor de nitrogênio amoniacal de 55,2 mg/L, esta utilização foi desconsiderada

Deve-se salientar que tratamento realizado na ETE Cambuí para este uso está de acordo com o solicitado pela norma da EPA (2004), para a utilização do efluente em sistemas de resfriamento.

A Figura 5.3 mostra a situação do balanço hídrico de água existente na Incepa atualmente.

Figura 5.3 - Balanço Hídrico Incepa Atual – Volumes (m³/mês) e porcentagens.



Nota-se que o maior volume de água consumido é proveniente do lago (Tanque do Cecato); o reúso interno que a empresa realiza é responsável por 29% do volume total consumido e a Sanepar responsável por 5% do total e que nenhum volume de efluente da ETE Cambuí está sendo utilizado atualmente.

Assim, decidiu-se selecionar os usos com maior potencial para a otimização do uso da água considerando critérios de qualidade para utilização na lavagem de pisos e equipamentos e banheiros e fazer uma análise de três cenários em que estes volumes seriam substituídos pelo efluente da ETE Cambuí.

5.1.3.1 Cenário número 1 de substituição pelo efluente da ETE Cambuí – Setor Limpeza.

O volume de água total necessário para a limpeza das fábricas I, II e III encontrado através das medições realizadas neste trabalho é de 4936 m³/mês. Este valor é dividido, sendo 4493 m³/mês retirados do lago para utilização nas fábricas I e II, e 443 provenientes da Sanepar para o uso na Fábrica III (ver Figura 4.17 - Fluxograma Incepa).

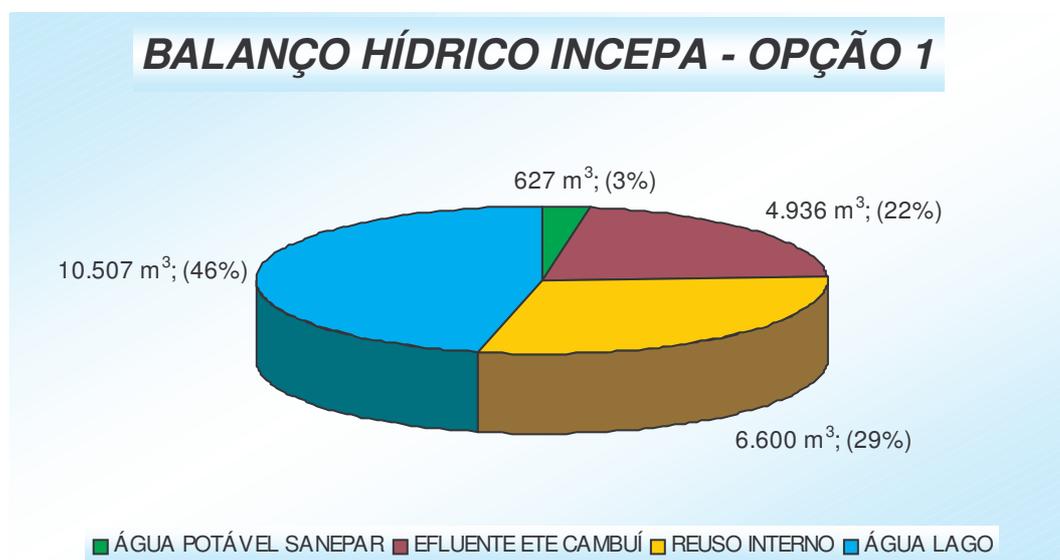
Subtraindo-se, respectivamente estes valores por efluente da ETE Cambuí, chegou-se aos valores:

Lago: 15.000 – 4493= 10.507 m³/mês

Sanepar: 1070 – 443= 627 m³/mês

Construiu-se, então, gráficos mostrando os volumes e porcentagens para cada uso, caso se substituísse a água da Sanepar e do lago pelo efluente da ETE Cambuí, mantendo-se o volume de reúso interno realizado com o próprio efluente da Incepa de 6.600 m³/mês.

Figura 5.4 - Balanço Hídrico Incepa-Volumes (m³/ mês) e porcentagens – Opção 1.



Neste caso 1, nota-se que o volume de água fornecida pela Sanepar foi reduzido à 3% do volume total e o volume retirado do lago diminuiu de 66% para 46%.

5.1.3.2 Cenário número 2 de substituição pelo efluente da ETE Cambuí – Setor Banheiros.

Para a elaboração desta segunda opção, considerou-se somente o volume dos 103 vasos e dos 36 mictórios existentes, desprezando-se os lavatórios e um total de 841 funcionários.

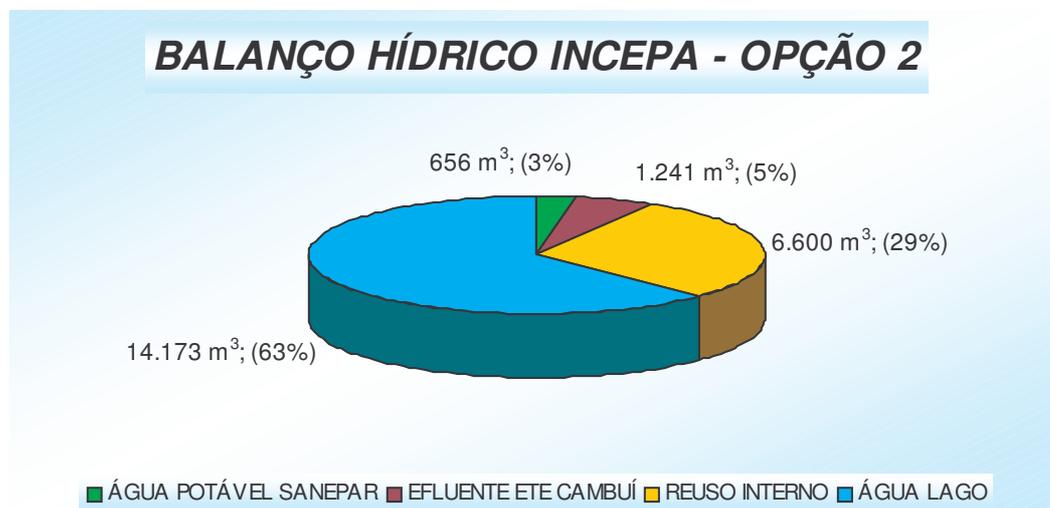
Para o cálculo do volume de água para os vasos, considerou-se descarga de 12 litros (informação fornecida na empresa), e através da Tabela 10, do Manual da FIESP (p. 84), que considera quatro acionamentos diários (48 L/dia), chegou-se a um volume de 1211 m³/ mês de consumo de água para os 841 funcionários.

Nos mictórios, para os 561 funcionários (masculino), considerou-se somente um acionamento diário para compensar os quatro acionamentos diários utilizados para o cálculo dos vasos sanitários para o total de empregados (masculino e feminino). O acionamento considerado foi hidro-mecânico, Tabela 13 do manual da FIESP (p.84), que utiliza 1,8 L/ dia por funcionário, totalizando um volume de 30 m³/ mês.

A somatória destes dois valores, $1211 + 30 = 1241$ m³/ mês para as Fábricas I, II e III será utilizada na tabela e nos gráficos para esta segunda opção. Este valor foi dividido em aproximadamente 2/3 (827 m³/ mês) para as Fábricas I e II que utilizam água do lago para este uso e 1/3 (414 m³/ mês) para a Fábrica III, cuja água é proveniente da Sanepar.

Construiu-se gráficos mostrando os volumes e porcentagens para cada uso, caso se substituísse a água utilizada da Sanepar e do lago para o uso nos banheiros, pelo efluente da ETE Cambuí, mantendo-se o volume de reúso interno realizado com o próprio efluente da Incepa de 6.600 m³/ mês.

Figura 5.5 - Balanço Hídrico Incepa – Opção 2 – Volumes (m³/mês) e Porcentagens.

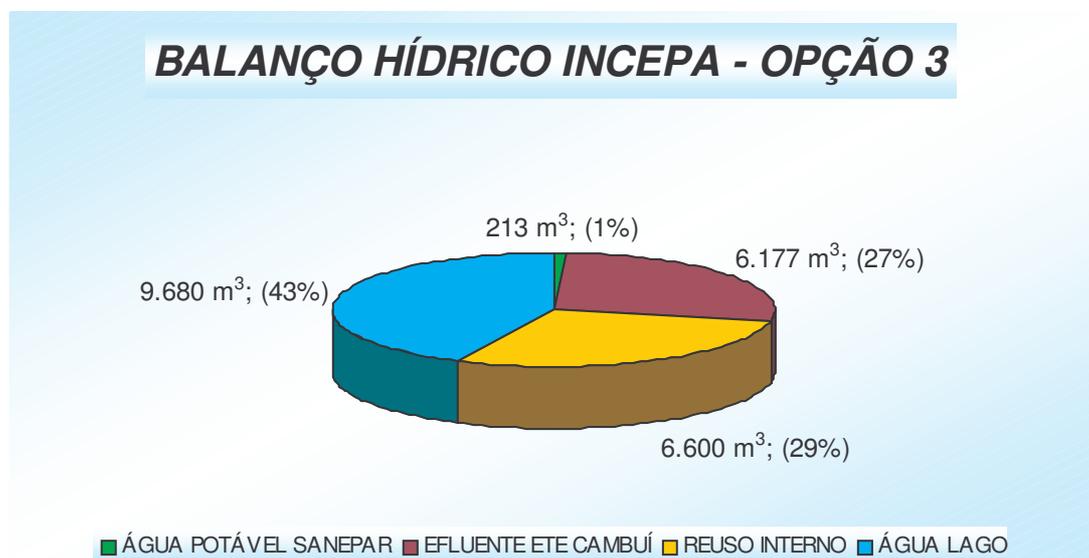


Neste segundo caso, a redução do volume fornecido pela Sanepar foi de 2% e a necessidade de retirada de água do lago baixou de 66% para 63%.

5.1.3.3 Cenário número 3 de substituição pelo efluente da ETE Cambuí – Setor Limpeza + Banheiros.

Uma terceira alternativa foi elaborada. Seria a substituição dos volumes de limpeza e banheiros pelo efluente da ETE Cambuí. Do volume total da água utilizada pela empresa proveniente da Sanepar (1070 m³/mês), subtraiu-se 443 de limpeza da Fábrica III e 414 dos banheiros da mesma fábrica (857 m³/mês), restando 213 m³/mês. Do total do volume retirado do lago (15.000 m³/mês), diminuiu-se 4.493 da limpeza das Fábricas I e II, e 827 dos banheiros das Fábricas I e II (5320 m³/mês), restando 9680 m³/mês de água consumida do Lago.

Figura 5.6 - Balanço Hídrico Incepa – Opção 3 – Volumes (m³/mês) e Porcentagens.



Neste terceiro cenário, a diminuição do fornecimento de água pela Sanepar seria mais significativa, 4% e o consumo do lago passaria de 66% para 43%, passando o efluente da ETE Cambuí a ser responsável por 27% do fornecimento de água.

A seguir foi elaborada uma Tabela Resumo mostrando o consumo atual da Incepa e o consumo nos diversos cenários aplicados.

Tabela 5.1 - Resumo de consumo de água atual e utilização do efluente tratado da ETE Cambuí, em diversos cenários propostos – Incepa.

FONTES	Atual		Opção 1		Opção 2		Opção 3	
	(%)	(m ³ /mês)	(%)	(m ³ /mês)	(%)	(m ³ /mês)	(%)	(m ³ /mês)
Lago	66	15.000	46	10.507	63	14.173	43	9.680
Reúso Interno	29	6.600	29	6.600	29	6.600	29	6.600
Esgoto Cambuí	0	0	22	4.936	5	1.241	27	6.177
Sanepar	5	1.070	3	627	3	656	1	213

Nota: Opção 1 - Volume utilizado na limpeza

Opção 2 – Volume utilizado em banheiros

Opção 3 – Volume utilizado na limpeza e banheiros

A Tabela 5.1 mostra que a redução do consumo de água proveniente do lago é significativa com utilização do efluente da ETE Cambuí na limpeza de pisos e equipamentos, podendo ser facilmente adotado pela empresa. Quanto à utilização do efluente nos banheiros da indústria, necessitaria de maiores investimentos em projetos e obras, como por exemplo uma infra-estrutura de adução da ETE para a indústria, além de um contrato de venda de água para reúso.

Esta mudança acentuada dos valores com estes diferentes cenários mostra que o reúso industrial com efluentes tratados de ETEs municipais nestes usos deva ser incentivado.

Quanto à utilização do efluente na confecção do material cerâmico na Incepa, os três ensaios sugerem a necessidade da análise preliminar do efluente, para a adequada incorporação de aditivos e correção do pH na massa. Este descuido conduziu as dificuldades citadas no ensaio 2. No processo de carregamento do efluente do ensaio 1, notou-se que o líquido respingou na entrada e também escorreu embaixo do moinho, podendo localizar-se nestes dois locais, pontos de contaminação do operador com o efluente. Devido a este fato, constatou-se a necessidade da adoção de medidas de proteção ao operador do processo se esta utilização for adotada pela empresa. Deverão ser observados os procedimentos de segurança citados neste trabalho no item 5.3.1, que faz a sugestão de implementação de um sistema de reúso urbano no município de Campo Largo.

A continuidade dos ensaios realizados na Incepa durante esta pesquisa, resultando com sucesso em revestimentos para paredes nos formatos 15x15 e 20 x15, comprovou a possibilidade da utilização do efluente em substituição à água normalmente utilizada na produção destas peças cerâmicas. O estudo e a produção destas peças cerâmicas em escala real, mostraram que o uso do efluente tratado e desinfetado não alterou a qualidade do produto, sendo as peças comercializadas normalmente. Também ficou demonstrado que o efluente poderia também ser utilizado sem tratamento complementar em outros setores da indústria, como na limpeza, e não somente no processo produtivo.

A possibilidade de utilização do efluente na indústria como matéria-prima, neste trabalho, apresentou como maior vantagem o baixo risco sanitário, e o fato da indústria já reutilizar o próprio efluente no processo produtivo.

Após o início desta pesquisa, a direção da empresa restaurou um antigo reservatório de óleo diesel para servir como reservatório para a água adicional de reúso aumentando a

utilização destas águas reutilizáveis, zerando as emissões para o corpo receptor (Rio Cambuí).

Figura 5.7 - Novo reservatório para água de reúso na Incepa.



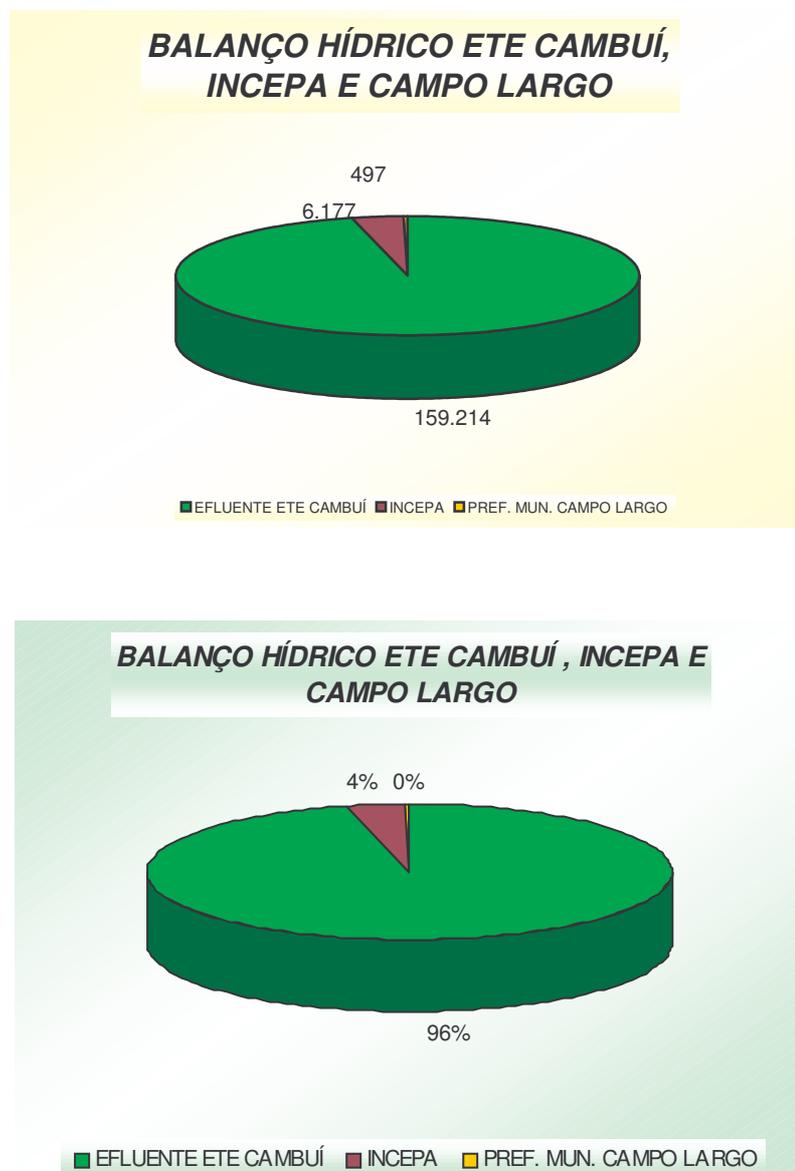
5.2 Disponibilidade de efluente proveniente da ETE Cambuí

Considerou-se como efluente disponível da ETE Cambuí um volume de 64 litros/ s (vazão média) ou 165.888 m³/mês como oferta mensal de efluente disponível para utilização para os diversos usos pesquisados no município, isto sem considerar a vazão de manutenção.

Adotando-se o terceiro cenário no caso da Incepa, com a substituição dos volumes de limpeza e banheiros pelo efluente da ETE Cambuí com um volume de 6.177 m³/mês e, através da Tabela 4.2, retirou-se os valores encontrados de consumo na Limpeza Pública, 100 m³/mês para na lavagem de veículos e 240 m³/mês na compactação e controle de poeira; no horto (90 m³/mês) e na compostagem (60 m³/mês), desconsiderando-se o volume utilizado na horta devido aos parâmetros de qualidade; e no setor do Corpo de Bombeiros 6,7 m³/mês; totalizando um volume de 497 m³/mês para consumo da Prefeitura Municipal de Campo Largo.

Do valor total de efluentes da ETE subtraiu-se o volume utilizado para a Incepa e para a PMC, resultando em 159.214 m³/mês.

Figura 5.8 - Balanço Hídrico ETE Cambuí, Incepa e PMCL – Volumes (m³/mês) e Porcentagens.



Nota-se que a oferta de água de reúso no município é muito superior à demanda utilizada neste trabalho.

5.3 Análise da inserção do uso de efluentes no setor de saneamento básico.

O reúso da água não poderia, isoladamente, resolver todos os problemas atuais em relação aos recursos hídricos. No entanto, poderia ser considerado como uma importante

ferramenta tecnológica que necessita de incentivos, mobilidade política, conscientização ambiental e integração entre dos grupos sociais, governos e setores industriais. A receptividade mostrada pelos funcionários da PM de Campo Largo e na Incepa, durante a realização deste trabalho, proporcionando a realização dos testes práticos, demonstra que são os governos locais e a população, os que podem promover a instituição desta prática.

Produzindo informações, suprimindo a população de referências confiáveis sobre os riscos e as alternativas em relação a água de reúso, como acontece na Prefeitura Municipal de São Caetano (SP), pode se constituir, num caminho mobilizador de esforços dos diferentes segmentos sociais, muitos indiferentes à situação das águas, para alterar profundamente o rumo das atuais políticas públicas, no sentido de adotar práticas como o uso racional e eficiente dos recursos hídricos.

Sabe-se que São Paulo possui desafios na gestão das águas utilizando-se de mananciais de áreas distantes, demanda crescente, apresenta perdas significantes na rede, e apenas parcela do esgoto coletado é tratado. Mas uma nova cultura e ética da água, ainda que incipientes, estão sendo desenvolvidas com a prática do reúso nesta empresa. Práticas de uso e de gestão de efluentes estão sendo implantadas em algumas prefeituras de São Paulo, com participação e aceitação social. Tentativas de se estabelecer padrões de qualidade da água de reúso através de pesquisas estão sendo apresentadas pela Sabesp. Com isto teremos, no futuro, padrões de qualidade específicos às necessidades brasileiras, não dependendo mais de parâmetros internacionais. Legislações estão sendo elaboradas neste estado para a regularização da utilização de efluentes. São objetivos que devem ser perseguidos pelos profissionais de recursos hídricos.

Sendo assim, acredita-se que o sistema de reúso praticado nas Prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo, possa servir de exemplo e/ou inspiração para a institucionalização da utilização do efluente de ETEs para fins urbanos e industrial não potáveis em outros estados e municípios, como por exemplo, no Paraná, que apresenta, atualmente, uma severa estiagem.

Deve-se ressaltar que a gestão da água não pode estar dissociada dos contextos políticos, econômicos e sociais e, portanto, as mudanças, aperfeiçoamentos ou as inovações devem ser acompanhados de mudanças sociais e políticas, não se tratando a questão somente como sendo de âmbito técnico.

Também se deve pensar no efeito positivo de um programa de reúso de águas junto à sociedade, tanto para a imagem de uma empresa de saneamento, indústrias, como para as prefeituras municipais. Como benefícios diretos às empresas de saneamento, o reúso poderia contribuir para a geração de uma receita adicional e uma redução de custo com o tratamento de potabilidade de água do sistema, resultando na redução dos custos finais de produção.

O uso eficiente das águas, seja por economia ou por consciência ambiental, ainda é algo a ser realizado, se quisermos ter atitudes mais responsáveis com o ambiente em que vivemos. É fundamental, portanto, mudanças de posturas e critérios para termos uma gestão que possibilite garantir a conservação e a qualidade das águas, gerindo-as de forma integrada e sustentável.

O problema central reside na geração de instituições e mecanismos de decisão que permitam voltar a um mínimo de racionalidade nas políticas, tentando criar modelos de gestão das águas que se adaptassem às características e necessidades de cada região do país.

5.3.1 Sugestão de uma metodologia para implementação de um sistema de reúso urbano em municípios.

Este item tem como objetivo apresentar a sugestão de um modelo para implementação de um sistema de reúso em municípios, baseando-se nos diversos atores sociais e setores gerenciais e técnicos relacionados ao saneamento visitados e consultados neste trabalho.

Inicialmente, seria realizada a identificação das principais características físicas da região como a disponibilidade hídrica, formas de tratamento e oferta de esgoto no Município. Em seguida, seria necessário realizar o levantamento de todos os grandes consumidores de água ao redor da ETE selecionada. Para isto a empresa de saneamento e as Secretarias Municipais, indicadas na Figura 5.9, seriam consultadas para se fazer seleção dos usos relacionados à Prefeitura Municipal.

Seria importante conhecer, também, para este estudo, as autorizações de retiradas de água dos mananciais superficiais e subterrâneos, visando a identificação de consumidores que não estejam registrados na concessionária. Uma análise dos estudos relativos ao desenvolvimento econômico e social do município, para a verificação do crescimento industrial e de serviços seria necessária.

A partir destes dados selecionariam-se os consumidores com as maiores demandas, identificados como grandes consumidores, aplicando-se um questionário visando o levantamento de informações que indicassem o interesse no consumo de água de reúso, os tipos de consumo previstos e vazões, as restrições quanto à qualidade da água e o preço que estaria disposto a pagar pelo produto – o efluente tratado; o número de pessoas empregadas e o consumo das mesmas em água potável e as previsões de ampliação futuras.

Excluiriam-se, assim, os consumidores sem interesse no consumo de água de reúso, os situados a grandes distâncias, restando os estabelecimentos com interesse na utilização da água de reuso e localizados dentro do raio arbitrado.

Depois de conhecidas as demandas principais passíveis de utilização do efluente tratado, um estudo de compatibilização ou cruzamento de dados da oferta de efluentes da ETE em relação à demanda e a qualidade requerida pelos possíveis usuários pode ser realizado. A Secretaria da Saúde Municipal seria fundamental para o controle e monitoramento da qualidade requerida.

Neste estudo seriam definidas as alterações nos processos de tratamento do efluente visando garantir os padrões de qualidade necessários aos diversos usos e a construção de um sistema de reservação para o atendimento de flutuações na demanda, pois a produção de efluentes urbanos é contínua mas não é constante ao longo do tempo. Ela varia ao longo dos anos, durante o ano e durante o dia ocorrendo períodos em que a demanda é maior do que a oferta e vice-versa, evidenciando a necessidade de uma adaptação da quantidade ao longo do tempo. Um armazenamento do efluente em excesso num determinado período, pode ser realizado.

Ainda neste estudo deve-se verificar a forma de distribuição aos consumidores, pois assim como o tratamento e eventual armazenamento, a utilização de efluentes necessita de uma coleta, transporte e distribuição.

Após o tratamento complementar, que atenda aos padrões da água de reúso requerida, o efluente tratado seria transportado até o local do reúso, necessitando de um sistema de distribuição para usos não potáveis do efluente tratado, como ocorre na indústria Coats de São Paulo ou transporte por caminhões-pipa como ocorre nas prefeituras da RMSP.

Também a verificação de possibilidade de adequação e disponibilidade de expansão de ETE e um levantamento do zoneamento das áreas próximas à estação para a verificação da

possibilidade da implantação de futuro pólo industrial é aconselhável, bem como um estudo do sistema viário ao redor da ETE para verificar a facilidade de acesso e tráfego de caminhões.

O próximo passo seria a realização de um estudo econômico para a avaliação dos investimentos a serem realizados com o tratamento de adequação do efluente à qualidade necessária, com a operação e manutenção da ETE e o transporte do efluente.

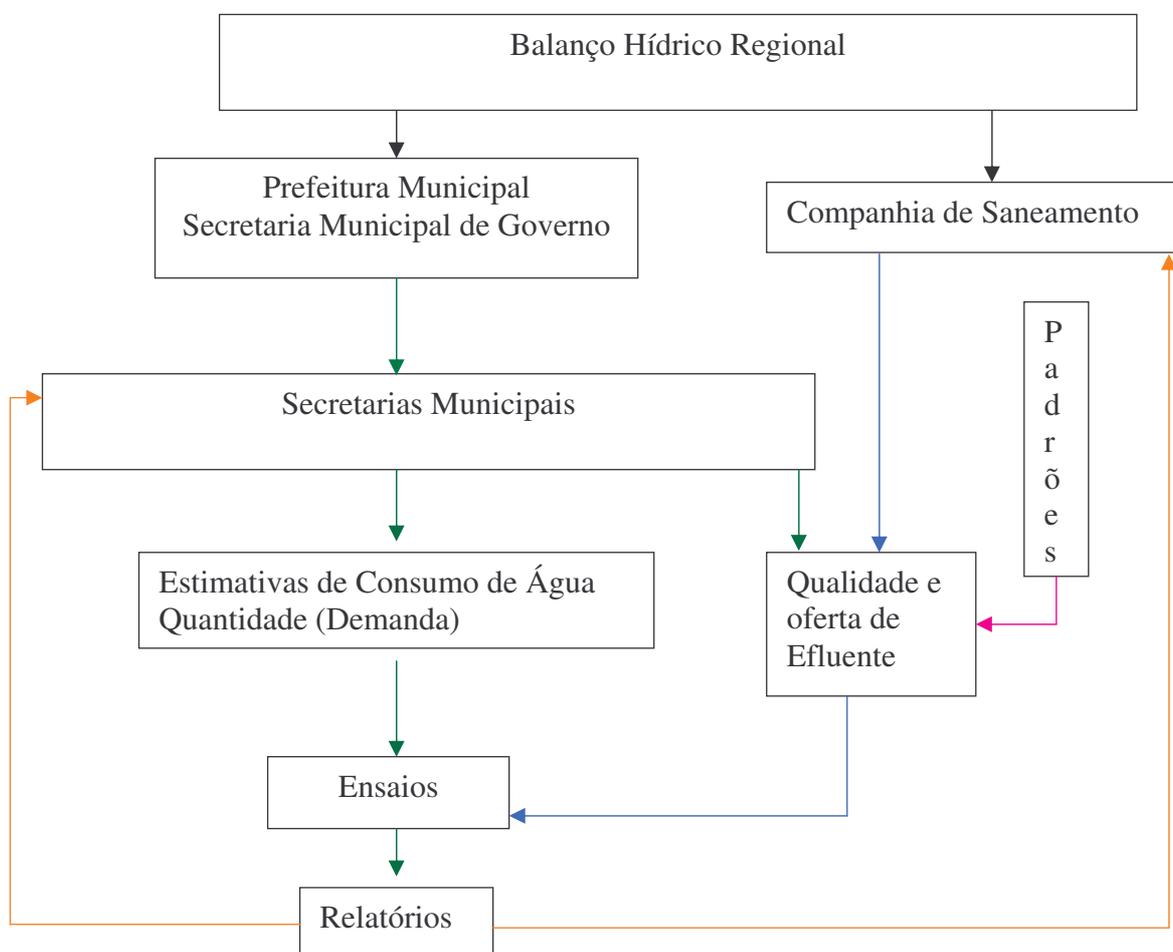
Outros custos podem aparecer devido à qualidade da nova água utilizada, como a necessidade de limpezas e trocas mais freqüentes de equipamentos na ETE e os custos adicionais de adaptação do usuário referente às modificações necessárias para adaptar seus equipamentos para o uso do efluente tratado.

Após esta análise, testes podem ser realizados no município para uma demonstração da utilização do efluente. Para isto a criação de um modelo de sinalização nos caminhões que fazem o transporte do efluente e com um logotipo criado especialmente para o reúso seriam necessários. No caso da implantação de um sistema de reúso por adução, as tubulações deverão respeitar a cor internacional do reúso, que é a cor lilás.

Os trabalhadores que irão manipular a água de reúso devem estar informados sobre as precauções e hábitos higiênicos a serem seguidos com constantes treinamentos e reciclagens. Aplicar medidas eficazes como a elaboração de manuais específicos para a operação do sistema e fornecimento de equipamento de proteção individual minimizaria ou evitariam os riscos que possam surgir.

A Figura 5.9 mostra um diagrama de abordagem aos municípios, indicando os principais setores gerenciais e técnicos a serem consultados e os diversos passos a serem executados. Deve-se ressaltar que a participação da Secretaria de Saúde do município é fundamental para o controle de qualidade do efluente.

Figura 5.9 - Diagrama Conceitual de Abordagem à Prefeitura Municipal.



Para a implementação de um sistema de reúso urbano específico ao município de Campo Largo, seriam necessários o levantamento de todos os grandes consumidores de água ao redor da ETE Cambuí e consultas à concessionária de saneamento e à Associação das Indústrias do Município. Nesta pesquisa foram considerados principalmente os usos relacionados à Prefeitura Municipal, por tratar-se de um trabalho relacionado à gestão urbana.

Excluindo-se os consumidores sem interesse no consumo, restariam os estabelecimentos com interesse na utilização do efluente e localizados dentro do raio arbitrado neste trabalho de 5 km ao redor da ETE Cambuí, como mostrado na Figura 4.1.

Com os dados apresentados neste trabalho referentes às principais características da região como a disponibilidade hídrica, as formas de tratamento e oferta de esgoto no

Município, um estudo seria realizado para a adequação do efluente às diversas qualidades requeridas no diferentes setores pesquisados.

No exemplo de Campo Largo, o transporte para os usos selecionados poderia ser feito através do caminhão-pipa pertencente à Secretaria de Obras ou por adução no caso do Horto Municipal que fica muito próximo à ETE Cambuí.

A verificação de possibilidade de adequação e disponibilidade de expansão de ETE Cambuí para supostos tratamentos de adequação do efluente aos usos pretendidos também seria necessária e um levantamento do zoneamento das áreas próximas à estação para a verificação da possibilidade da implantação de futuro pólo industrial utilizando o efluente. Analisando-se o PDDI do município, verificou-se no prognóstico que as zonas industriais de expansão Z11, Z12 encontram-se próximas à ETE Cambuí.

Em função da análise deste estudo, se realizaria um estudo econômico para a avaliação dos custos dos investimentos a serem realizados com o tratamento de adequação do efluente à qualidade necessária; operação e manutenção da ETE e o transporte do efluente. Assim, se os benefícios forem maiores ou iguais aos custos, a implantação do sistema de reúso pode ser considerada viável, podendo-se partir para estudos mais detalhados para a sua implementação.

Com um projeto deste porte, surgiria a necessidade de uma política ambiental adequada no município para a operação e monitoramento, garantindo a eficiência do projeto.

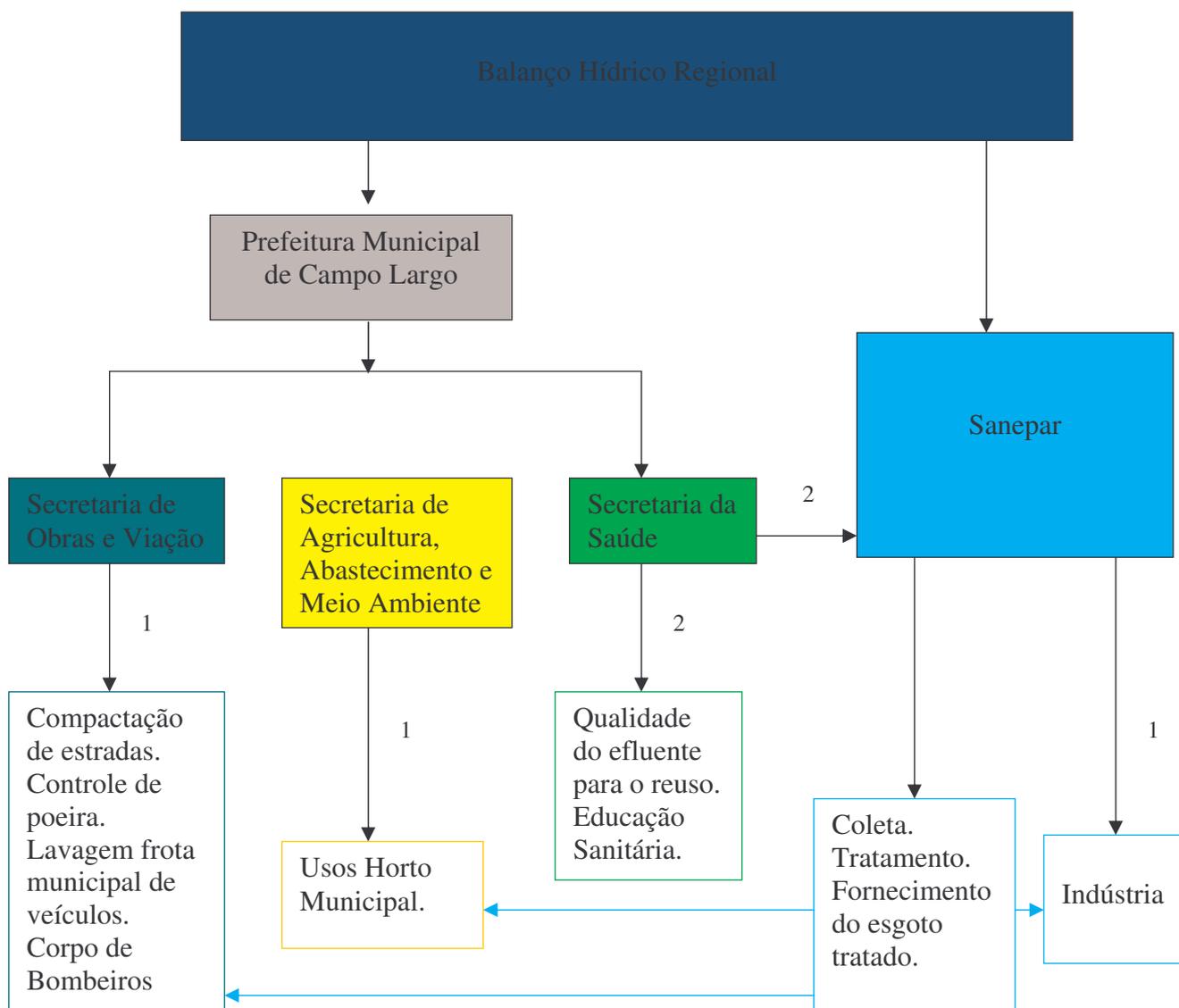
No caso da implementação deste projeto na cidade, a supervisão ficaria a cargo da Prefeitura Municipal de Campo Largo para o reúso nas atividades urbanas sendo a responsável pelo planejamento e gestão, e a Companhia de Saneamento – Sanepar, a responsável pelo controle operacional como a coleta, tratamento e fornecimento do esgoto tratado. Este fornecimento poderia ser feito através de uma bica de abastecimento instalada na saída do efluente da ETE Cambuí, como acontece na ETE ABC, em São Caetano do Sul.

Em consulta feita à Prefeitura Municipal de Campo Largo, sugeriu-se o setor de Meio Ambiente ou a Secretaria de Obras, responsável pelo setor com maior consumo urbano pesquisado neste trabalho, para efetuar as atividades de gerenciamento e pagamentos. Para o fornecimento do esgoto para as indústrias, a responsabilidade da administração ficaria a cargo da Sanepar. O controle de qualidade do efluente para ambos os usos, urbano e industrial, ficaria sob a responsabilidade da Secretaria de Saúde do Município, que

controlaria a adequação da qualidade do efluente aos diversos usos pretendidos, faria a vigilância da saúde dos grupos de risco associados ao manuseio da água de reúso e seria responsável também por campanhas de educação sanitária.

A estrutura organizacional e gerencial é sugerida como mostra a Figura 5.10.

Figura 5.10 - Estrutura organizacional e gerencial para um projeto de reúso na cidade de Campo Largo.



1 – Planejamento e Gestão

2 – Controle da Qualidade do efluente

CONCLUSÕES

A oferta mensal de efluente proveniente da ETE Cambuí a ser utilizado para uso nos diversos setores urbano e industrial seria de 165.888 m³/mês, isto sem considerar a manutenção da vazão mínima no Rio Cambuí. Os estudos de verificação de consumo de água em atividades urbanas não potáveis na cidade de Campo Largo – PR, vislumbraram uma potencialidade de 646,7 m³/mês, suprida com bastante folga pela ETE Cambuí, operada pela Sanepar.

No setor de limpeza pública, verificou-se um consumo médio total adotado de 340 m³/mês. A grande demanda de água neste setor seria no controle de poeira e compactação do solo, com um volume médio adotado de 240 m³/mês, apresentando-se como a alternativa mais atrativa para uma possível utilização do efluente tratado. Outra atividade que possui boas perspectivas de substituição de água potável por água de reúso no setor de limpeza pública seria a lavagem de veículos da frota municipal da prefeitura, que utiliza um volume adotado de 100 m³/mês. Os parâmetros de qualidade atendem os requisitos utilizados pela Sabesp de 200 NMP/100 mL de coliformes, não atendendo ao parâmetro mais rigoroso considerado neste trabalho, exigidos pela EPA, que determina uma concentração zero de coliformes fecais para este uso.

A utilização na irrigação urbana mostra um volume utilizado adotado de 300 m³/mês. A horta municipal seria o maior consumidor de água, com volume médio adotado de 140 m³/mês, seguida pela compostagem com 100 m³/mês e o horto utilizando 60 m³/mês. A distância do Horto Municipal à ETE Cambuí é de apenas 1,35 km, mas devido a análise qualitativa não atender aos parâmetros da EPA, que indica a necessidade de valor zero de coliformes fecais, o uso para a horta fica inviabilizado. Lembrando que neste trabalho, por questões de segurança, foram considerados para a horta parâmetros para reúso agrícola de consumo humano. Utilizando-se os parâmetros da OMS para coliformes, menos rigoroso que os parâmetros da EPA, este uso seria viabilizado.

Na utilização do efluente no horto e na compostagem, utilizou-se padrão de qualidade como sendo reúso urbano restrito – áreas onde o acesso público é controlado. Todos os parâmetros de qualidade exigidos estão de acordo com os padrões encontrados no efluente da ETE Cambuí, com exceção de uma pequena alteração no valor do cloro residual, já que a norma da EPA e da Sabesp para irrigação de áreas verdes aconselha a efetuar a descloração

para valores preferivelmente < 1 . A demanda relativa à Limpeza Pública urbana configurou-se como a alternativa mais atrativa para o reúso urbano no município, podendo-se substituir 53% do volume de água potável utilizado nos usos estudados.

O efluente tratado e desinfetado da ETE Cambuí foi utilizado com sucesso na compactação de uma rua do município de Campo Largo, respeitando-se todos os procedimentos de segurança necessários. Deve-se destacar que não houve indução nem estímulo ao uso de água em atividades denominadas de “varrição hídrica”.

Quanto à utilização do efluente tratado na indústria cerâmica do município, observou-se através da análise de cenários, que a redução do consumo de água na Incepa proveniente do lago é significativa, com a utilização do efluente da ETE Cambuí na limpeza de pisos e equipamentos, ocorrendo uma diminuição de 20% no consumo de água proveniente do Tanque do Cecato, e uma redução de 2% no consumo proveniente da Sanepar, podendo ser facilmente adotado pela empresa, pois o efluente da estação obedece às normas de qualidade requeridas para este uso. Quanto à utilização do efluente nos banheiros da indústria, necessitaria de maiores investimentos em projetos e obras, como por exemplo, uma infraestrutura de adução da ETE para a indústria, além de um contrato de venda de água para reúso.

Realizando-se a substituição pelo efluente tratado nos dois setores, limpeza de pisos e equipamentos e banheiros, a diminuição do fornecimento de água pela Sanepar seria mais significativa (4 %) e a utilização da água do Tanque do Cecato pela empresa, passaria de 66% para 43 %, passando o efluente da ETE Cambuí a ser responsável por 27 % do fornecimento de água nesta indústria.

O estudo e a produção de peças cerâmicas em escala real, com o efluente da ETE Cambuí, realizados na Incepa durante esta pesquisa, demonstraram que o uso do efluente tratado e desinfetado não alterou a qualidade do produto, sendo as peças comercializadas normalmente.

A utilização do efluente na indústria como matéria-prima, neste trabalho, apresentou como maior vantagem o baixo risco sanitário, e o fato da indústria já reutilizar o próprio efluente no processo produtivo.

Deste modo, as conclusões desta pesquisa propõem que a utilização dos efluentes tratados da ETE Cambuí, no setor urbano, ocorra nos usos que apresentam potenciais de

aplicação pelos volumes consumidos, e ao mesmo tempo sejam tecnicamente possíveis e sanitariamente seguros.

Um dos pontos importantes neste trabalho foi a existência de estudos e de um controle preciso dos parâmetros de qualidade do efluente da ETE Cambuí, facilitando uma comparação confiável com os parâmetros das normas internacionais e da Sabesp.

De acordo com a pesquisa realizada neste trabalho, e em visitas à cidade, constatou-se que Campo Largo apresenta um número significativo de indústrias, sendo que algumas já realizam a reciclagem destas águas em alguns setores, principalmente nos processos produtivos devido aos altos custos associados à utilização industrial da água.

A proximidade da ETE Cambuí às indústrias e aos principais usos urbanos estudados neste trabalho, e a adequação do efluente aos padrões exigidos pelas normas do reúso, sugerem boas possibilidades de implantação de um sistema que forneça água reutilizada para fins urbanos e industrial não potável.

A adoção futura de uma estratégia de reúso planejado para fins industriais e urbanos na cidade, contribuirá para o aumento da oferta de águas primárias para o abastecimento local, aliviando a demanda de água de mananciais do município de Campo Largo, beneficiando toda a população e adiando a intervenção em novos mananciais.

O principal obstáculo encontrado durante esta pesquisa foi a dificuldade dos responsáveis pelo uso da água, nos diversos setores consultados, em fornecer os padrões de qualidade da água exigidos nos diferentes usos. Seria necessária a divulgação dos parâmetros necessários à cada utilização, esclarecendo, assim, a população que a utilização de uma água de qualidade inferior pode ser utilizada com segurança para determinados usos, não necessitando sempre de padrões de água potável.

Práticas de uso e de gestão de efluentes tratados estão sendo implantadas em algumas prefeituras de São Paulo, com participação e aceitação social. Este trabalho identificou e descreveu esta inserção do uso de efluentes tratados na Sabesp e Prefeitura Municipal de São Caetano do Sul (SP), através de entrevistas realizadas nestes locais. Tentativas de se estabelecer padrões de qualidade da água de reúso através de pesquisas estão sendo apresentadas pela Sabesp. Com isto, pode-se ter no futuro, padrões de qualidade específicos às necessidades brasileiras, não dependendo mais de parâmetros internacionais. Legislações

estão sendo elaboradas neste estado para a regularização da utilização de efluentes. São objetivos que devem ser perseguidos pelos profissionais de recursos hídricos.

Quanto à utilização de efluentes na Sanepar, a empresa não possui, ainda, uma política definida para o reúso da água em usos urbanos e industriais.

Sendo assim, acredita-se que o sistema de reúso praticado nas Prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo, possa servir de exemplo e/ou inspiração para a institucionalização da utilização do efluente de ETEs para fins urbanos e industrial não potáveis em outros estados e municípios.

Pelos desafios que apresenta, a questão do reúso água pode se tornar um exemplo das formas mais modernas de gestão para se conseguir um desenvolvimento sustentável, onde, principalmente, uma mudança do comportamento dos diversos atores sociais e da população em geral seria necessária. Esta mudança não se consegue somente com regulamentos e leis, mas sim com uma melhor compreensão da sociedade e de seus problemas estruturais, orientando os valores para a redução do desperdício, para a preservação ambiental e outras atitudes essenciais para a nossa sobrevivência.

Neste sentido, este trabalho sugere um modelo de implementação de um sistema de reúso em municípios, baseando-se nos diversos setores gerenciais e técnicos relacionados ao saneamento, visitados e consultados neste trabalho.

Deve-se considerar o efeito positivo de um programa de reúso de águas junto à sociedade, tanto para a imagem de uma empresa de saneamento, indústrias, como para as prefeituras municipais. Como benefícios diretos às empresas de saneamento, o reúso poderia contribuir para a geração de uma receita adicional e uma redução de custo com o tratamento de potabilidade de água do sistema, resultando na redução dos custos finais de produção. Para as indústrias, além do benefício financeiro com redução de gastos com água e esgoto, projetos de reúso atraem a atenção de investidores e consumidores que focam seus investimentos e aquisições em produtos fabricados de acordo com práticas ambientalmente corretas. Como exemplo, pode-se citar a Petrobrás que realiza uma avaliação das práticas ambientais dos fornecedores e os classifica em grau de pontuação que determina a participação de cada um em suas concorrências, gerando, assim, um efeito multiplicador nos projetos de gestão ambiental.

Os benefícios indiretos da prática do reúso são elementos não monetários e, muitas vezes não levados em conta na avaliação econômica de um projeto de reúso. As melhorias ambientais proporcionadas por esta prática, como a preservação dos recursos hídricos e o incentivo para a construção de sistemas de coleta de esgotos urbanos são extremamente relevantes.

RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista as considerações desenvolvidas neste trabalho, acredita-se que existe a possibilidade de implantação futura da utilização do efluente na compactação de ruas no município de Campo Largo, pois o teste realizado na cidade neste setor mostrou-se satisfatório contando com aprovação por parte dos funcionários municipais envolvidos no processo.

Poderia-se associar a institucionalização do reúso da água com o planejamento urbano e gestão das cidades, através das medidas de uso e ocupação do solo. Pensar na proximidade de pólos industriais quando da construção de ETE's, para o estabelecimento de centros de geração de água para reúso industrial seria importante. Esta atitude viabilizaria a implantação de redes específicas para distribuição da água de reúso, diminuindo os custos de transporte, tornando o reúso da água financeiramente atrativo para a indústria.

Dessa forma, sugere-se que a implantação de um sistema de reúso industrial deva ser incentivada no município, sendo que a proximidade das maiores indústrias a ETE Cambuí auxiliaria em matéria de custos de adução num futuro projeto. A possibilidade de implantação deste sistema pode servir também como fator de indução à instalação de novas indústrias em Campo Largo.

É necessário que se façam estudos mais detalhados sobre o consumo de água de outras indústrias do município, para melhor definição dos custos e verificação dos usos e qualidade pretendidos.

Como sugestão, na Incepa, poderia ser realizada uma utilização experimental do efluente em vasos sanitários modificados como banheiros "modelo", para avaliação da aceitação do usuário, já que uma adução total implicaria, aparentemente, em altos custos. A utilização do efluente na lavagem de pisos seria outra alternativa a ser desenvolvida e testada.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se aprofundar a pesquisa referente ao reúso no parque Cambuí, para o aumento de vazões com a finalidade de atender a propósitos ecológicos e/ou cênicos. Este aprofundamento poderia ocorrer também nos setores de lavagem da frota do Corpo de Bombeiros Municipal e no setor de compostagem

do Horto Municipal. Neste último setor se poderia pensar em adução pela sua proximidade à ETE Cambuí.

Deve se ressaltar que todos estes possíveis usos dependem de um estudo mais aprofundado e deverão, necessariamente, obedecer aos padrões de qualidade necessários a cada modalidade de reúso. Também um estudo deva ser iniciado para avaliação de custos (R\$/m³), no caso da implantação de uma adutora da ETE para as indústrias da cidade de Campo Largo.

Em relação à qualidade do efluente e segurança dos operadores e usuários do efluente acredita-se que, em uma real implantação municipal, a participação da Secretaria da Saúde Municipal neste controle é fundamental.

Sugere-se que o sistema praticado nas prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo, possa servir de exemplo e/ou inspiração para a institucionalização da utilização do efluente da ETE Cambuí para fins urbanos e industrial não potáveis na cidade de Campo Largo e em outros municípios com diferentes perfis. Não se deve esquecer que cada ETE tem uma realidade e qualidade de esgoto afluente diferente das demais. Portanto, não existe uma regra geral para definir os processos complementares de tratamento, devendo ser realizados ensaios de tratabilidade para cada estação. Este trabalho é apenas um ponto de partida para novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

Referências citadas

ACSELRAD, Henri. **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP& A, 2001.

AGENDA 21. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa/>. Acesso em 20 de julho de 2004.

AISSE, Miguel; LOBATO, Marllon B.; JÜRGENSEN, Décio. Desinfecção de Efluentes utilizando Dióxido de Cloro Gerado In-Loço. In: **VII SIBESA (Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária)**. Taormina – Itália – 23 a 26 de junho de 2004.

AISSE, Miguel M; CORAUCCI, Bruno F.; ANDRADE NETO, Cícero O.; JÜRGENSEN, Décio; LAPPOLI, Flávio R.; MELO, Henio N. S.; PIVELI, Roque P.; LUCCA, Sérgio J. Cloração e Descloração. In: **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Ricardo F. Gonçalves (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2003.

AISSE, Miguel M. **Gestão das Águas e Meio Ambiente**. Especialização em Gestão Técnica do Meio Urbano (GTU), Curitiba, 2003.

AISSE, Miguel M. **Apostila de Saneamento Básico**. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – PUCPR, 2002.

AISSE, Miguel M.; JÜRGENSEN, Décio; REALI, Marco A. P.; PENETRA, Rogério G.; FLORENCIO, Lurdinha E.; ALÉM SOBRINHO, Pedro. Pós Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Sistema de Flotação. In: **Pós –Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Carlos A. L. Chernicharo (Coordenador). Belo Horizonte: PROSAB, 2001.

AISSE, Miguel M.; JÜRGENSEN, Décio; LOBATO, Marllon B.; ALÉM SOBRINHO, Pedro A. Avaliação do Sistema Reator Ralf e Flotação por Ar Dissolvido no Tratamento de Esgoto Sanitário. **Revista Sanare**. Curitiba, v.17, n.17, p. 49-58; jan/jun2002.

ANDREOLI, Cleverson V.; HOPPEN, Cinthya; PEGORINI, Eduardo S.; DALARMI, Oswaldo. Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba (RMC). **Revista Sanare**. Curitiba, v. 12, n.12, p. 19 – 30. Julho/ Dez1999.

ANDREOLI, Cleverson. **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu/** Editado por Cleverson Andreoli. Capítulo 2: A Crise da Água e os Mananciais de Abastecimento. Curitiba: Sanepar/ Finep, 2003.

ASANO, Takashi. **Waste water reuse for non-potable applications**. UNEP (United Nations Environment Programme)
<http://www.unep.or.jp/ietc/publications/reportseries/ietcrep9/4.paper-D/4-D-asan1.asp>.

ASANO, Takashi; SUSUKI, Yutaka; OGOSHI, Masashi; YAMAGATA Hiroki.; OTAKI, Masaaki. **Large Area and On-Site Water Reuse in Japan.** <http://www.pwri.go.jp/eng/kokusai/conference/suzuki-yutaka020327.pdf>

AVILA http://www.coc.ufrj.br/teses/mestrado/rh/2005/Teses/AVILA_RO_05_t_M_rhs.pdf
Acesso em 12 de agosto de 2005.

BARROS, Raphael; CHERNICHARO, Carlos; A.L.; HELLER, Léo; VON SPERLING, Marcos. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2.** Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BASTOS, Rafael, K. X.; BEVILACQUA, Paula D.; KELLER, Regina. Organismos Patogênicos e Efeitos sobre a Saúde Humana. In: **Desinfecção de Efluentes Sanitários.** Ricardo Franci Gonçalves (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003.

BENÉVOLO, Leonardo. **História da Cidade.** São Paulo: Perspectiva, 1983.

BOLETIM ABES. **Cedae conclui projeto para reúso.** Número 14 – maio/junho 2005, p. 6 e 7.

BORGES, Samoel F.. Responsável pelo Horto Municipal de Campo Largo – PR.

BOSCARDIN BORGHETTI, Nádia R. **Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos países do Mercosul /** Nadia Rita Boscardin Borghetti, José Roberto Borghetti, Ernani Francisco da Rosa Filho. Curitiba, 2004.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João.G. L.; BARROS, Mário T. L.; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: Prentice Hall, 2002. Capítulos 8, 11, 13.

BRANCO, Samuel, M. **Poluição.** Rio de Janeiro. Ao Livro Técnico, 1972.

BLUMENTHAL, Ursula, J.; MARA, Duncan D.; PEASEY, Anne; RUIZ-PALACIOS, Guillermo; STOTT, Rebeca. Guidelines for the microbiological quality of treated waste water used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Special Theme – **Environment and Health. Bulletin of the World Health Organization 2000.** p. 1104 a 1116.

CAMPOS, N. e STUDART, T. **Gestão das Águas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

CASTRO, Carlos F. A.; SCARIOT, Aldicir. A água e os Objetivos do Milênio. In **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade/** Ladislau Dowbor, Renato Arnaldo Tagnin (organizadores). São Paulo: Editora Senac, 2005.

CHERNICHARO, Carlos A. L. **Reatores Anaeróbios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

CHEVA, Rogério. Responsável pela seção “horto” do Horto Municipal de Campo Largo. Comunicações de caráter pessoal – Agosto de 2005.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: ed. Edgard Blücher Ltda, 2002. Capítulo 8.

COMPANS, Rose. Cidades sustentáveis, cidades globais. Antagonismo ou complementaridade? In: ACSELRAD, Henri. **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP& A, 2001. p. 105 – 137.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL (CF). **Coleção de Leis de Direito Ambiental**. São Paulo: Manole, 2004. p.392. Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inc. XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 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.

COSMO, Paulo. Secretário de Abastecimento, Agricultura e Meio ambiente da Prefeitura Municipal de Campo Largo – PR. Comunicações de caráter pessoal – Abril de 2005.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos S. A , 1977.

DIAS, Carlos A. B. **Utilização de Efluentes Sanitários Tratados como Água de Reúso Industrial na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Uma Avaliação Preliminar**. Abes Rio – 30 anos. 2005.

DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato. (ORGANIZADORES). **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Editora Senac, 2005.

DOWBOR, Ladislau. **A reprodução Social. Política econômica e social: os desafios do Brasil. Volume 2**. Petrópolis: Vozes, 2003.

Environmental Protection Agency (EPA). **Guidelines for Water Reuse**, 1992.

Environmental Protection Agency (EPA). **Guidelines for Water Reuse**, 2004. <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.pdf#search=%22EPA%202004%22>

FAO 2003 <http://www.fao.org/english/news/200315254-em.html> Acesso em 03 de junho de 2005.

FIESP/ CIESP (2004). CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA – **Manual de Orientações para o Setor Industrial**.. Volume I, p. 84 – Tabelas 10, 11 e 13.

FOLHA DE SÃO PAULO. São Paulo, 5 de junho de 2006. **Suplemento Especial Ecologia.**”Terra, Planeta Água” é somente um título.P.4.

FRANCO, Maria R. **Planejamento Ambiental para Cidade Sustentável**. São Paulo: Annablume, 2001.

FUTURE OF WATER REUSE. Vol.I. August 26-31, 1984. San Diego, California. Denver: AWWA Research Foundation.

GARCIAS, Carlos M.; ANDREOLI, Fabiana D.; MERKL, Cristina. Dinâmica das Ocupações Irregulares em Mananciais. In: **Mananciais de Abastecimento: Planejamento e Gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Capítulo 4.** Editor: Cléverson Andreoli. Curitiba: Sanepar/ Finep, 2003.

GARRET, Joel. Gerente da área de produção da Indústria Cerâmica do Paraná (Incepa) 2005.

GAZETA MERCANTIL. São Paulo, 30 de abril de 2004.

GAZETA MERCANTIL. São Paulo, 29 de Agosto de 2005. P. C-4.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDANI, Soraia. **O Reúso de Efluentes e suas Possibilidades nas Bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira: Região de Curitiba.** In: Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Hidráulica. Universidade Federal do Paraná. 2002.

GIORDANO, Gandhi; LUCARINY, Carmem D. G.; MOREIRA, Fernando A.; Reúso de água no zoológico da cidade do Rio de Janeiro. In: 23^o CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. CAMPO GRANDE, 2005. **Anais: ABES-Rio de Janeiro**

GOITIA, Fernando C. **Breve História do Urbanismo.** Editorial Presença, LDA: Lisboa, 1982.

GRANZIERA, Maria L. M. **Direito de Águas.** São Paulo: Editora Jurídico Atlas, 2003.

HAANDEL, Adrianus C. van; LETTINGA, Gatze. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos. Um manual para regiões de clima quente.** Campina Grande: Epgraf, 1994.

HAROUEL, Jean L. **História do Urbanismo.** Campinas, São Paulo: Papyrus, 1990.

HESPANHOL, Ivanildo. Esgoto como Recurso Hídrico. Parte I. **Revista do Instituto de Engenharia.** Ano 55 (523): 45-48. 1997.

HESPANHOL, Ivanildo. **I Workshop do Dia do Rio – Paraná.** Palestra Reúso da Água- Conservação e Reúso como Instrumentos de Gestão. CEFET: 24 de novembro de 2004.

HISSL Harald.; WALZ Rainer.; TOUSSAINT, Dominik. **Design and Sustainability Assessment of Scenarios of Urban Water Infrastructure Systems –Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research (2000)** – Karlsruhe, Germany. Disponível em <http://www.isi.fhg.de/publ/downloads/isi02p49/urban-water.pdf>

LICCO, Eduardo A. Governança e Riscos à Saúde Pública. In: DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato. (ORGANIZADORES). **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade.** São Paulo: Editora Senac, 2005.

LIMA, Erlon; KOLLNBERGER, Gerhard. Recuperação de efluentes para reúso como água – Cases e resultados. **Revista Meio Ambiente Industrial**. Ano VIII ed. 48(47): 68 – 73. Março/Abril de 2004.

MACÊDO, Jorge. A. B. **Águas e Águas**. São Paulo: Editora Varela, 2001.

MAGALHÃES, Luzia E. R. **Metodologia do Trabalho Científico: Elaboração de Trabalhos**. Curitiba: Fesp, 2002.

MANCUSO, Pedro C. S. ; SANTOS, Hilton F. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole, 2003.

MARCONDES, Maria J. A. **Cidade e Natureza**. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, R.J.: Editora Vozes, 2001.

MARICATO, Ermínia. **Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras**. *São Paulo Perspec.* [online]. Oct./Dec. 2000, vol.14, no.4, p.21-33. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392000000400004.

MARICATO, Ermínia. **Dimensões da Tragédia Urbana (2002)**. <http://www.comciencia.br/reportagens/cidades/cid18.htm>

METCALF E EDDY, INC. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th edition/ revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. Reprinted in Índia by the arrangement with The McGraw-Hill Companies Inc, 2003. Capítulos 13 e 14.

MIERZVA, José C.; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na Indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MILANI, Patrick L.; AISSE, Miguel M. **Uso de Águas Residuárias e Pluviais para Fins não Potáveis**. Curitiba: PUCPR, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Revoga a Portaria 1469 GM/MS de 29/12/2000. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/legis00.htm#3>

MMA (Ministério de Meio Ambiente). **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. <http://www.ana.gov.Br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos20 Plano%20 Nacional14-04-03.pdf/>. Acesso em 21 de julho de 2004.

MONTGOMERY/ESSE. **Elaboração do Cadastro dos Usuários de Recursos Hídricos da Região Metropolitana de Curitiba**. 1999.

MONTEIRO, Maria. L. S.; PEREIRA, José. A . K. Sistema de Qualidade da Sanepar – Certificação NBR ISSO 9002:1994. **Revista Sanare**. Curitiba. Volume 14. No 14 – Julho a Dezembro de 2000. Sanepar. P. 86 – 94.

MOTA, José A. Uma Agenda Pública para a Gestão de Águas: Instrumentos institucionais para a Governança de Recursos Hídricos. In: DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato. (ORGANIZADORES). **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Editora Senac, 2005.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999

MUKAI, Toshio. **Temas atuais de direito urbanístico e ambiental**. Belo Horizonte: Fórum, 2004.

MUMFORD, Lewis. **A Cidade na História: suas origens, transformações e perspectivas**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ODUM, Eugene P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA, Abel C.; FERNANDES, Bruno H. R.. Modelo de Gestão da Sanepar – Teoria e Conceito. **Revista Sanare**. Curitiba, v.17, n.17, p. 06 a 19, jan /jun 2002.

OMS (2006). **Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture**. http://www.int/water_sanitation_health/wastewater/wastreusexecsum.pdf

ONU(2006) **Meio Ambiente. Conferência de Estocolmo**. Paulo Nogueira Neto. <http://www.mre.gov.Br/cdbrasil/Itamaraty/web/port/meioamb/sitamb/cfestoc/index.htm>

PDDI - PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE CAMPO LARGO, 2004.

PELCZAR, Michael J.; REID, Roger D.; CHAN, Eddie. C. S. **Microbiologia I**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1980.

PURAE (2003). **Programa de Conservação e uso racional da Água nas Edificações** – Município de Curitiba, Prefeitura Municipal de Curitiba. Lei nº 10.785, de 18 de setembro de 2003.

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. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=357&ano=2005&texto>

REVISTA BIO (Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente). Ano X. No 11 – Julho/ Setembro 1999. p. 41. **Texto: A Água no Mundo**.

RIBEIRO, Maurício A. Meio Ambiente e Mensagem. In: **Ecologia e Desenvolvimento**. Coordenação de Dália Maimon. Rio de Janeiro: APED, 1992.

ROLNIK, Raquel. **A cidade e a lei: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. São Paulo: Studio Nobel/Fapesp, 1997.

SABESP http://www.sabesp.com.br/sabesp_ensina/avancado/reuso_planejado/defat.htm
Acesso em 28/maio/2005a.

SABESP - Folder fornecido em visita realizada à Sabesp em dois de dezembro de 2005. Data de publicação: maio, 2005b.

SACAMOTO, Yukio. Departamento de Planejamento, Controladoria e Desenvolvimento Operacional – MTP. Visita realizada à Sabesp no dia dois de dezembro de 2005.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de Transição para o século XXI - Desenvolvimento e Meio Ambiente**. São Paulo: Studio Nobel: Fundação do desenvolvimento administrativo, 1993.

SANEPAR (2006). <http://www.sanepar.com.br> Acesso em 25 de março de 2006.

SCHAEFER, Karl; EXALL, Kirsten; MARSALEK, Jiri. **Water reuse and recycling in Canada: a status and needs assessment urban waters**. Artigo submetido em Fevereiro de 2004 e aceito em Agosto de 2004. Disponível em <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/cdrj/cdrj29/cdrj195.pdf>

SEMURA, Keiko; RICCITELLI, Mônica; GONÇALVES, Maria C. Estudo para implantação de reúso e proposição de parâmetros de qualidade para usos urbanos não potáveis a partir das ETEs da RMSP. In: 23 ° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. CAMPO GRANDE, 2005. **Anais: ABES-Rio de Janeiro. 2005**.

SHIKLOMANOV, Igor A. Appraisal and Assessment of World Water Resources **International Water Resources Association. Water International**, Volume 25, Number 1, Pages 11- 32, March 2000. Table I – Renewable water Resources and Water Availability by Continents. Page 18. <http://www.iwra.siu.edu/win/win2000/win03-00/shiklomanov.Pdf>
Acesso em 12 de junho de 2005.

SPIRN, Anne W. **O Jardim de Granito**. São Paulo: Edusp, 1995.

SWYNGEDOUW, Erik. A cidade como um híbrido: natureza, sociedade e “urbanização-cyborg”. In: ACSELRAD, Henri. **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: DP& A, 2001. p. 83 – 104.

TSCHOK, Aldo. Secretário Municipal de Obras da Prefeitura Municipal de Campo Largo – Pr. Comunicações de caráter pessoal – Abril e Agosto de 2005.

TUNDISI, José. G. **MultiCiência: O Futuro dos Recursos # 1**, outubro de 2003. http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF Acesso em 12 de junho de 2005.

VERGARA, Sylvia C.; CORRÊA, Vera L. A. **Gestão Pública Municipal Efetiva**. Rio de Janeiro: FGV, 2003.

VIEIRA, Paulo F. Problemática ambiental e Ciências Sociais no Brasil (1980 – 1990). In: **Ecologia e Desenvolvimento**. Coordenação de Dália Maimon. Rio de Janeiro: APED, 1992.

VILLIERS, Marq de. **Água**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, Marcos; FATTAL, Badri. Implementation of Guidelines: some practical aspects. **World Health Organization (WHO). Water quality: Guidelines, Standards and Health**. Edited by Lorna Fewtrell and Jamie Bartram. Published by IWA Publishing. London,UK.ISBN: 1900222280, 2001. p.362 a 376.

Referências consultadas

BRAILE; CAVALCANTI. **Manual de Tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993.

CURSO DE AUDITORIA AMBIENTAL. Coordenação: Fabiana De Nadai Andreoli. Curitiba, PUCPR. Junho de 2005.

ECOSAN: **Principles, Urban Applications and Challenges**. UN Commission on Sustainable Development, 12 th session- New York, 14 – 30 April 2004. <http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd12/csd12.htm>

FUTURE OF WATER REUSE. VOL.I. August 26-31, 1984. San Diego, California. Denver: **AWWA Research Foundation Revista Meio Ambiente Industrial**. Ano VIII ed. 48 n° 47, p.68 - 73 – Março/Abril de 2004.

GARCIAS, Carlos M. As Questões Ambientais Urbanas. In: **Revista Acadêmica**, ano VIII. Número 2. Dezembro, 1977. PUC PR.

GIORDANI, Soraia; SANTOS, Daniel C. Possibilidades de reúso dos efluentes domésticos gerados nas Bacias do Alto Iguazu e Alto Ribeira-Região de Curitiba-Paraná. **Revista Sanare**. Curitiba. V.19, N.19, p.06-14, jan /jun 2003.

MIRANDA, Evaristo E. **A água na natureza e na vida dos homens**. Aparecida, São Paulo: Idéias e Letras, 2004.

SANTOS, Antônio. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 6. ed. revisada. Rio de Janeiro: DP& A, 2004.

SABESP. **Estabelecimento de Diretrizes Técnicas, Econômicas e Institucionais e de Programa de Ação para Implementação de Sistema de Reúso de Esgotos na RMSP**. São Paulo; 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Tabela - CALCULO DE VAZÕES INCEPA

Localização	Vazão (Q) l/s		Tempo (min.)	Tempo (min./mês)	Dias de Funcionamento	Vazão Total
	litros	segundos				
Fábrica I						
Setor I - 3 Queima - Corte Peças Especiais						
1.1 -Mangueira Lavagem Piso	2	23				
	0,09		10	200	20	1,08
1.2 - Bicos Esmaltação (2 Bicos)	0,9	60				
	0,015		1440	28800	20	0
1.3 - Mangueira Lavagem de Piso (3 vezes / dia	2	12				
	0,16		30	600	20	5,76
Setor II - Monoqueima						
2.1- Esmaltação - 2 bicos- 24 horas-reaproveitado 2 linhas	1	113				
	0,008		1440	43200	30	0
2.2 - Lavagem Piso	2	8				
	0,25		90	2700	30	40,50
2.3 - Máquina Rebarbeador(2 vezes em cada linha)2			61			
	0,03		1440	43200	30	77,76
2.4 - Preparação de esmaltes e tintas (22 dias)						
2.4.1 - Setor Tintas						
2.4.1.1 - Água do resfriador micronet						
Micronet grande						
	2	3				
	0,67		90	1080	12	43,42
Micronet média						
	2	9				
	0,22		90	1080	12	14,26
Micronet pequena						
	2	8				

	0,25		90	360	4	5,40
2.4.1.2 - Lavagem Micronet						
Micronet grande	3	3				
	1		30	450	15	27,00
Micronet média	2	9				
	0,22		30	450	15	5,94
Micronet pequena	2	9			4	
	0,22		90	360		4,70
2.4.1.3 - Pia lavagem baldes, palhetas, potes.	2	12				
	0,16		360	8280	23	79,49
2.5 - Laboratório						
2.5.1 - Torneiras pia (3) 2 horas cada torneira	2	13				
	0,15		360	7200	20	64,8
2.5.2 - Torneiras teste absorção de água	2	3				
	0,67		20	400	20	16,08
2.5.3 - Torneira pia	2	30				
	0,067		90	1800	20	7,24
2.5.4 - Mangueira lavagem	3	9				
	0,34		10	200	20	4,08
2.5.5 - Torneira pia	2	6				
	0,34		10	200	20	4,08
2.5.6 - Teste cargas moinho de glasura	10	6				
	1,67		20	400	20	40,08
Setor III						
3.1 - Desenvolvimento de produto (fábrica I)	3	9				
	0,34		15	300	20	6,12
Setor IV						
4.1 - Moinhos de glasura 23 dias - 1 turno						
A- Lavagem boca do moinho	3	2				
	1,5		3	69	23	6,21
B- Lavagem pisos	10	1				

	10		5	115	23	69,00
C - Lavagem pisos	3	2				
	1,5		45	1035	23	93,15
D - Lavagem pisos	3	4				
	0,75		5	115	23	5,18
E - Lavagem Tanque	3	4				
	0,75		5	115	23	5,18
F - Lavagem Piso	10	7				
	1,43		10	230	23	19,73
G - Lavagem Piso	10	7				
	1,43		10	230	23	19,73
H - Lavagem Piso	15	13				
	1,15		10	230	23	15,87
I - Lavagem Piso	10	10				
	1		10	230	23	13,80
J - Lavagem Piso	10	6				
	1,67		5	115	23	11,52
K - Lavagem Piso	10	10				
	1		5	115	23	6,90
L - Lavagem Piso	10	6				
	1,67		5	115	23	11,52
M - Lavagem Piso	15	2				
	7,5		10	230	23	103,50
Setor V - Secador (Spray Dryer)						
5.1 - Lavagem	10	12,67				
	0,79		80	1840	23	87,22
5.2 - Lavagem	10	10,52				
	0,95		15	345	23	19,67
5.3 - Lavagem coroa dentro do spray	10	8,63				
	1,16		20	300	15	20,88
5.4 - Lavagem torre 4X por mês(3 sprays)	200	72				
	2,78		90	1080	12	180,14

5.5 - Lavagem piso	10	9,25				
	1,08		15	345	23	22,36
Setor VI - Boxes Matéria Prima						
6.1- Lavagem corredor dos boxes (1)	10	9,74				
	1,06		25	575	23	36,57
6.2 - Lavagem corredor dos boxes (2)	10	8,49				
	1,17		150	3450	23	242,19
6.3 - Umidecimento do Biscoito quebrado	10	15,2				
	0,65		90	2070	23	80,73
6.4 - Lavagem Caminhões	10	18,64				
	0,53		120	2760	23	87,77
Setor 7 - Garagem(efluente vai p/ ETE)						
A - Mangueira 1	10	53,35				
	0,19		420	9660	23	110,12
B - Mangueira 2	10	53,35				
	0,19		120	2760	23	31,46
C - Mangueira 3	10	53,35				
	0,19		60	1380	23	15,73
Total Fábrica I						
Fábrica II						
Setor I - Moinhos de Esmalte						
A - Lavagem chão	10	7,97				
	1,25		30	690	23	51,75
B - Lavagem moinhos	10	11,63				
	0,85		40	920	23	46,92
C - Lavagem moinhos	10	11,63				
	0,85		40	920	23	46,92
D - Lavagem chão	10	12,74				
	0,78		20	460	23	21,53
E - Lavagem chão	10	4,43				
	2,25		30	690	23	93,15

F - Lavagem chão	10	8,29				
	1,2		40	920	23	66,24
G- Lavagem chão	10	18,28				
	0,55		20	460	23	15,18
H - Lavagem chão	10	8,03				
	1,24		30	690	23	51,34
Setor II - Tanques de esmalte						
A - Lavagem de chão	10	12,3				
	0,81		15	345	23	16,77
B - Lavagem de chão	10	9,23				
	1,08		10	230	23	14,90
C - Lavagem de chão	10	12,13				
	0,82		5	115	23	5,66
D - Lavagem de chão	10	14,14				
	0,7		5	115	23	4,83
E - Lavagem tópo dos tanques (3 mangueiras)	10	13,82				
	0,72		540	12420	23	536,54
F - Pia para lavagem de tampas e peneiras	10	10,51				
	0,95		15	345	23	19,67
G - Lavagem carrinhos	2	7,6				
	0,26		60	1380	23	21,53
Setor III - Preparação de massa (tudo foi multiplic. Por 2)						
A - Lavagem de chão	10	11,89				
	0,84		540	16200	30	816,48
B - Pia lavagem de mãos (1)	10	9,74				
	1,02		180	5400	30	330,48
C - Pia lavagem de mãos (2)	10	9,74				
	1,02		180	5400	30	330,48
D - Tubulação (Q)(para limpeza)	10	8,48				
	1,18		20	600	30	42,48
Setor IV - Moinhos de massa						
A - Lavagem de chão	10	17,13				

	0,58		240	7200	30	250,56
Setor V - Bi - Queima Tradicional (11 máq./ 2 linhas						
5.1 - bicos de água que umedecem as peças	2	1,06				
Circuito fechado	1,89		1020			0
5.2 - Lavagem chão	2	5,91				
	0,34		60	1800	30	36,72
5.3 - Tintas e esmaltes(20l/dia)						0,46
5.4 - Lavagem (4 mangueiras/ máq X 18 telas decoradoras 2)	2	5,7				
	0,35		160	4800	30	100,80
6 - Bi- queima rápida						
6.1 - Linha de produção (reaproveitado)	10	18,8				
	0,53		15	330	22	0
6.2 - Limpeza de chão	2	6,79				
	0,29		30	900	30	15,66
6.3 - Umidecimento das peças	2	6,79				
Circuito fechado	0,29		2880	86400	30	0
Setor VI - Laboratório	3	13,76				
	0,22		180	4140	23	54,65
Total águas de limpeza + resfriador micronet Fábrica I e II Fábrica III (neste setor utiliza-se água Sanepar eETE Incepa)						
Setor I - Preparação massa e esmalte						
1.1 - Pia 1	2	14,76				
	0,14		60	1380	23	11,59
1.2 - Pia 2	2	11,76				
	0,17		120	2760	23	28,15
1.3 - Mangueira	2	3,67				
Setor II	0,55		30	690	23	22,77
2.1 - Linha de produção I - Peças especiais						
2.1.1 - Cabine de água e esmaltação	1	1,06				
	0,94		900			0
2.1.2 - Mangueira 2 saídas	2	4,9				
	0,4		40	920	23	22,08

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO COMPANHIAS DE SANEAMENTO: SABESP

Responsável pelas informações: Yukio Sacamoto

Data: 12/12/05

Cargo: Engenheiro

Endereço: Av. do Estado 561

1 – Políticas públicas; relação com o estado; município (concessão).

A Sabesp é uma empresa de economia mista, com controle acionário do Estado, em que se responsabiliza pela: administração, operação, manutenção, construção, ampliação e comercialização dos serviços de água e esgoto mediante contrato de concessão.

2 – Quando teve início o projeto de reúso planejado na Sabesp?

Teve início com o lançamento do Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável (PURA), pelo governo do Estado de São Paulo, pelo Decreto nº 45805 – 15/05/2001.

3– Quais os motivos que levaram a elaboração deste projeto?

Ambientais

Econômicos

Outros

Se outros, quais? Responsabilidade Sócio Ambiental

4 – O programa de reúso pertence à qual diretoria?

Metropolitana

Sistemas regionais

Outra

5 – A Sabesp reaproveita 780 milhões de litros / mês?

Sim

Não

Em caso de resposta negativa, qual seria o volume? 340 milhões de litros/mês

6 – Quais seriam as porcentagens para:

Uso Industrial: 60 milhões L/ mês.

Uso urbano: 20 milhões L/ mês.

Uso próprio: 260 milhões L/ mês.

7 – Qual seria o percentual do total de esgotos coletados e tratados pela Sabesp?

- Índice de atendimento de coleta de esgotos: 82%

- Índice de tratamento de esgotos: 60% do coletado

8 – Quem seriam os compradores do efluente tratado?

Prefeituras (6)

Indústrias (13)

Outros:

9 – Todas as ETEs da Região Metropolitana participam do projeto de reúso?

Das 5 grandes Estações que pertencem ao Sistema Principal, somente a ETE Suzano não tem o reúso implantado em suas instalações. Devido ao processo já instalado e a falta de normas e legislações, o uso é restrito (usos urbanos, não potáveis).

10 – Quais seriam os custos ou tarifas por litro de efluente tratado para utilização; efluente tratado e água tratada?

Água de Reúso (Empresas Públicas): R\$0,41/m³ na estação de tratamento

Empresas Privadas): R\$ 0,69/m³ na estação de tratamento

Via Rede (ETE Jesus Netto): R\$ 0,75/m³

11 – Existe uma tecnologia de tratamento específica para tornar o efluente utilizável em cada setor (urbano - limpeza e irrigação; industrial – processo, limpeza e resfriamento; e próprio)? Existe tecnologia disponível para cada tipo de reúso desejável, implicando em investimentos diferenciados.

12 – Como é feito o controle da qualidade do efluente vendido? A Sabesp segue alguma norma internacional? Qual?

No Brasil ainda não existe normatização para o reúso, tanto a nível municipal, estadual e federal. A Sabesp criou seus parâmetros de qualidade (baseada na Norma Espanhola) e plano de monitoramento.

13 – Quais seriam as características de qualidade do efluente para cada uso?

As características estabelecidas atendem a todos os usos atuais, como lavagem de ruas e áreas externas, outras utilizações dependem da viabilidade das características do produto.

Parâmetros de Qualidade de Água de Reuso

DBO < 25 mg/L, em 95% das amostras

SST < 35 mg/L, em 95% das amostras

CRT entre 2 e 6 mg/L

Turbidez < 20 UT

pH entre 6 e 9

Óleos e Graxas – visualmente ausente

Cofilormes Fecais < 200 NMP/100mL

Tempo de contato 30 minutos

14 – O esgoto utilizado para o reúso é somente de origem doméstica?

() Sim

(X) Não

15 – Em caso de mau uso desta água (ocasionando doenças), de quem seria a responsabilização legal, da Sabesp ou do comprador?

Em caso de mau uso da água de reúso a responsabilidade é do comprador, visto que no termo de autorização assinado entre Sabesp e o comprador de água de reúso está claramente definido os usos permitidos para água de reúso.

16 - Foi necessária alguma lei ou autorização do Governo para iniciar este projeto de venda de efluentes tratados?

Sim.

Não.

Em caso afirmativo, quais seriam as leis ou autorizações?

17 – Quais seriam as medidas de segurança necessárias (EPIs) em caso de utilização:

Urbana: bota de pvc, luva de pvc longa áspera, avental de pvc sem mangas, capacete, protetor facial de acrílico.

Industrial:

Própria:

Outras:

18 – Como é feita a divulgação do projeto de reúso para os possíveis compradores? Existe um departamento de marketing para o setor de reúso?

O reúso faz parte do Programa de Uso Racional da Água, e é divulgado por meio dos veículos de comunicação oficial da empresa: Internet, relatórios oficiais, folhetos, folders.... A centralização das ações está com a Unidade de Negócio de Tratamento de Esgotos que desenvolve em conjunto com as Superintendências de Comunicação e Marketing as ações para o produto

19 – Como se conseguiu convencer as pessoas de que a água de reúso é segura se tomadas todas as precauções necessárias?

Através de uma implantação lenta e consciente, com o mínimo risco possível, para o sucesso do programa de reúso.

20 – Foi realizada uma pesquisa antes do início do projeto para localizar possíveis compradores (clientes)?

Sim.

Não.

21 – Por quê utiliza-se um raio de influência a partir das ETEs nos estudos de mercado potencial da Sabesp?

Foi utilizado no estudo de mercado potencial um raio de 10 kms, por acharmos que neste raio se concentram as maiores possibilidades de equacionar a viabilidade financeira de instalação de rede de abastecimento exclusiva para a água de reúso.

22 – Realizou-se uma pesquisa de aceitação pelos usuários e a população afetada pela utilização do efluente (entorno das áreas onde se utiliza o efluente e operários)?

Não, foi acompanhado os resultados e entrevistas com a população na época do lançamento.

23 – Existem outras companhias de saneamento vendendo efluente tratado?

Sim.

Não.

Sendo a resposta positiva, quais? CEDAE

24 – As Tarifas diferem de um usuário para outro?

Sim.

Não.

Sendo a resposta afirmativa, quais seriam os valores? Para Prefeituras Municipais = R\$ 0,41/m³; empresas prestadora de serviços de engenharia (privadas) = R\$ 0,69/m³

25 – O preço varia com o volume comprado?

Não, visto que para o fornecimento por caminhão os volumes são pequenos.

26 – Os contratos tem tempo determinado?

Sim, 12 meses.

27 – Qual foi o investimento necessário?

Muito pequeno, visto a existência da ETA de Utilidades.

28 – Qual é o período de retorno?

Para o projeto de reúso, a Sabesp entende como uma ação ambiental e de responsabilidade social.

29 – Qual o motivo para a construção do centro de reservação de água de reúso?

Para se ter um volume de reserva e principalmente para um período de contato com o cloro.

30 – Existe um procedimento especial para a estocagem desta água no reservatório?

Os reservatórios devem ser identificados e sem nenhum risco de conexão com outras redes.

31 – É feito um acompanhamento diário desta água?

Sim, segue-se o plano de monitoramento

32 – Existe uma perspectiva de ampliação do projeto de reúso de efluentes?

Sim, para fornecimento via rede em indústrias com projetos customizados.

33 – Pretende-se realizar algum tipo de adução para a distribuição da água de reúso?

Sim.

Não.

Em caso afirmativo, qual seria o local?

34 – Existe algum monitoramento por parte de algum órgão do governo federal ou estadual, com relação aos aspectos legais de saúde e do solo?

Não parâmetros estabelecidos para serem monitorados.

Obs: Questionário preenchido pelo Sr. Yukio Sacamoto (SABESP).

APÊNDICE 3

QUESTIONÁRIO PREFEITURA MUNICIPAL: SÃO CAETANO – S. P.

Responsável pelas informações: Eng. Sandro Fortunato Casini.

Data:01/12/2005.

Cargo:Chefe da Divisão Técnica

Endereço:Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul

Av. Fernando Simonsen, 303 – Bairro Cerâmica

CEP: 09540-230 – São Caetano do Sul – São Paulo.

GERAL:

1 – Quais os fatores que levaram a Prefeitura de São Caetano a comprar efluente tratado?

Com o aproveitamento da água originária do tratamento de esgoto, a Administração Pública Municipal tem uma economia no custo, todavia, a principal vantagem se encontra no “ganho social”, pois contribui para o racionamento de água potável, uma vez que, “cada litro de água de reúso empregado significa um litro de água potável disponível para o consumo humano”.

2 – A compra de efluente teve início em 15 de maio de 2001?

Sim.

Não.

3 – Como é feito o gerenciamento do setor de reúso?Existe um departamento especial?

Onde este setor se encaixa no organograma?

Pelo Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul (libera a remessa para a retirada da água de reúso para a Prefeitura.

4 – Qual é a participação do Departamento de água e esgoto (DAE)?

Gerente e pagador.

5 – Foi necessária alguma autorização de órgãos de saúde ou ambientais (LO, EIA)?

Não (pergunta respondida pelo Sr. Yukio Sakamoto da Sabesp).

6 – Quais os setores onde o efluente tratado é utilizado e as porcentagens (lavagem de ruas, regas de jardins, desobstrução de dutos), e como são escolhidos estes setores?

Rega complementar de áreas verdes, lavagens de vias públicas e desobstrução de galerias de águas pluviais e redes de esgotos. As áreas são escolhidas em decorrência da necessidade para fins não nobres.

7 – Quais os custos envolvidos por m³ de efluente em:

a) Operação - dado indisponível

b) manutenção (se existir reservatório) – não existe reservatório

c) transporte – dado indisponível

d) compra de efluente (um maior volume diminuiria o custo?) – não, o preço é fixo e diferente para as prefeituras e as indústrias.

8 – Qual a frequência da compra do efluente (mensal; inverno;etc)?

Consumo diário com pagamento mensal.

USO:

9 – Foi realizado algum teste prático preliminar antes de iniciada a compra do efluente?

Pelo DAE, não.Verificar junto à Sabesp.

10 – Quais são os EPIs necessários para a manipulação do efluente?

Luva, bota, capa plástica, capacete com visor plástico e máscara.

11 – Quantos veículos fazem o transporte, qual a capacidade destes veículos e se possuem uma identificação pessoal?

DAE – 1 caminhão pipa – 9 m³

2 womas (desobstrução de dutos) – 6 m³

PMSCS – 2 caminhões-pipa – 10 m³

Todos com identificação padrão da SABESP (cor internacional lilás).

12 – Quantas pessoas são envolvidas no processo (por veículo)?

Duas pessoas por veículo – 1 motorista e 1 ajudante.

13 – Quais são os parâmetros de qualidade exigidos pela prefeitura para os diversos usos?

Sabesp possui os dados.

14 - Quem realiza o controle de qualidade ?

() Prefeitura

(x) Sabesp

() Ministério da Saúde

() Outro

Se outro, quem seria?

15 – Qual a frequência das lavagens de ruas, irrigação e desobstrução de dutos?

Diariamente conforme a necessidade.

16 – Qual o volume de efluente utilizado para lavagem de ruas por m²?

Aproximadamente 3.000 m³/ mês para as diversas aplicações.

17 – Como é feita a lavagem dos equipamentos e veículos?

A lavagem é feita apenas externamente com água potável.

18 – É feito um treinamento de pessoal para a manipulação do efluente?

Sim, pela Sabesp.

MONITORAMENTO

19 – Estas pessoas tem acompanhamento médico?

Sim, exames periódicos semestrais.

20 – Existem casos de doenças relacionados à manipulação do efluente?

Não.

21 – É realizado um estudo / monitoramento do solo onde o efluente é aplicado (poluição de aquíferos; acúmulo de contaminantes químicos; salinização)?

Por parte da Prefeitura, não.

22 – Qual a economia proporcionada pela reutilização da água?

R\$ 0,56 / m³.

FUTURO

23 – Quais os projetos futuros que a prefeitura possui para uma maior utilização dos efluentes tratados (incêndio; parte urbana decorativa; preparo de concreto; controle de poeira)?

Existe a idéia de implantar uma rede de distribuição de água de reúso para abastecer os pólos industriais do Município.

24 – Como os funcionários da prefeitura vêem este projeto? E a população onde o efluente é utilizado?

Todos sabem que com a utilização da água de reúso ganham o meio ambiente e as futuras gerações.

Obs: Questionário preenchido pelo Sr. Sandro Fortunato Casini.

APÊNDICE 4

Questionário Sanepar

Responsável pelas informações: Engenheiro Cléverson Andreoli.

Data : 24 /03/2006.

Cargo: APD Sanepar.

Endereço:

- 1 – Qual a relação da Sanepar com o Estado e como funciona o sistema de concessão?
- 2 – Qual o posicionamento atual da empresa em relação ao reúso da água ou uso de efluentes? A empresa vê a incorporação da filosofia do reúso nos planos futuros?
- 3 – São Paulo possui uma situação crítica no que diz respeito ao abastecimento de água. Como está a situação em Curitiba atualmente, em médio prazo (10 anos) e em longo prazo (20 anos)?
- 4 - Quais os motivos que impedem atualmente o reúso na Sanepar?
 - () legais e institucionais
 - () custos
 - () outros
- 5 - A perda de receita pelo órgão distribuidor de água potável pela substituição pelo efluente tratado seria um empecilho?
- 6 – Com a cobrança pelo uso da água e lançamento, o reúso seria uma alternativa? Com a diminuição do esgoto gerado o custo de lançamento diminuiria.
- 7 – A Sanepar tem um projeto padrão de tratamento para reúso (ETE Cambuí), composto de Ralf + flotação + desinfecção. No caso da venda do efluente, a Sanepar poderia cobrar o adicional a isto de acordo com a qualidade ao uso pretendido. Qual a sua opinião ?
- 8 – No plano estratégico da Sanepar como se encaixa a ETE Cambuí?
- 9 – Existe um estudo de mercado para o reúso na Sanepar? – ETE CIC- XISTO? Neste estudo verificou-se a disposição a pagar dos usuários?
- 10 – Se implementado, o reúso ficaria em qual diretoria? Seria específico a ele?
- 11 – Quem é o proprietário do esgoto, as companhias de saneamento, os usuários?
- 12 – Em caso da existência de um sistema de reúso na Sanepar, quem seria o responsável pelo controle de qualidade do efluente?
- 13 – Qual seria a mudança cultural necessária na empresa para o estabelecimento de uma política de reúso?

Obs:Questionário respondido verbalmente pelo Sr. Cleverson Andreoli (Sanepar).

APÊNDICE 5

Resumo dos parâmetros de qualidade da água de reúso urbano

Setor	Padrão	Tratamento	Observações	Fonte
<p>Limpeza Pública</p> <p>Lavagem de veículos, descarga sanitária, cemitérios, lavagem de veículos, irrigação de campos de golfe, parques, proteção fogo e outros usos com acesso e exposição similares.</p>	<p>EPA</p> <p>PH – 6 a 9</p> <p>DBO ≤ 10 mg/L</p> <p>Turb ≤ 2 UT</p> <p>CF: Não detectados em 100 ml.</p> <p>CRL 1 mg/L (mínimo).</p>	<p>Secundário com filtração e desinfecção</p>	<p>Estados americanos do Arizona e Havaí possuem limites para organismos patogênicos.</p> <p>Arizona: 125 pfc/40 L para <i>Ascaris lumbricoides</i></p> <p>Zero para <i>Ascaris</i>.</p> <p>Havaí: 1 pfu/40 L para vírus entéricos.</p>	<p>EPA (2004).</p> <p>EPA (1992).</p>
<p>Usos urbanos mais restritivos- irrigação de áreas verdes com restrições ao acesso público, tipo canteiro de praças e vias públicas; lavagem e desobstrução de dutos; compactação de solos e controle de poeira; lavagem vias públicas.</p>	<p>SABESP:</p> <p>PH : 6 a 9</p> <p>DBO ≤ 25</p> <p>Turbidez ≤ 20 UT</p> <p>CF ≤ 200/100mL</p> <p>STS ≤ 35 mg/L</p> <p>CRL 2 a 6mg/L</p> <p>Helmintos 0</p>	<p>Tratamento secundário, seguido de filtração e desinfecção.</p>	<p>Óleos e graxas: visualmente ausentes.</p> <p>Permitido para lavagem de vias públicas.</p>	<p>Semura et ali.(2005).</p>
<p>Acesso público irrestrito:</p> <p>Urbano- irrig. Parques, descarga vaso sanitário</p> <p>Agricultura- Orchards, aquacultura</p> <p>Recreacional- Snow making.</p>	<p>Canadá</p> <p>DBO ≤ 10 mg/L</p> <p>Turbidez ≤ 2 UT</p> <p>CF ≤ 2,2 / 100ml</p> <p>pH 6 a 9</p>	<p>Secundário com adição de químicos, filtração, desinfecção e reservatório de emergência</p>	<p>Monitoramento Semanal (DBO)</p> <p>Contínuo (Turbidez)</p> <p>Diário (col.)</p> <p>Semanal (ph)</p>	<p>Schaefer et ali. (2004).</p>

<p>Acesso público restrito: Urbano/ recreacional – landscaping. Agricultura -sod farms. Construção civil: produção concreto</p> <p>Industrial- torres de refrigeração usos ambientais: wetlands</p>	<p>Canadá DBO ≤ 45 mg/L STS ≤ 45 mg/L CF ≤ 200/100 ml PH 6 a 9</p>	<p>Secundário com desinfecção</p>	<p>Semanal Diário Semanal Semanal</p>	<p>Schaefer et ali. (2004).</p>
<p>Irrigação Urbana Horto (sem considerar a Horta - qualidade para uso agrícola)</p>	<p>SABESP: PH : 6 a 9 DBO ≤ 25 Turbidez ≤ 20 UT CF ≤ 200 / 100ml STS ≤ 35 mg/L CRL 2 a 6. Helmintos 0</p> <p>EPA Col. Fecais ≤ 14/100mL</p> <p>JAPÃO: CF ≤ não detectável CRL ≤ 0,4 mg/L.</p> <p>Canadá DBO ≤ 10 mg/L Turbidez ≤ 2 UT Col.Fecais ≤ 2,2 / 100 mL pH 6 a 9</p>	<p>Secundário com Filtração e desinfecção</p> <p>Secundário com adição de químicos, filtração, desinfecção e reservatório de emergência</p>	<p>Irrigação de áreas verdes com restrições ao acesso público tipo canteiro de praças e vias públicas.</p> <p>Mudas. Uso controlado de pessoas</p> <p>Aparência agradável. Odor não ofensivo. pH 5,8 a 8,6</p>	<p>Semura et ali.(2005).</p> <p>EPA, 2004 Tabela 4.13; p.167.</p> <p>Asano et ali.(2002)</p> <p>Schaefer et ali. (2004).</p>

<p>Recreacional EPA Pescaria,boating (contato com a água permitido).</p>	<p>EPA CF \leq 100/100mL em pelo menos 80% das amostras</p> <p>JAPÃO: CF \leq 1000/100mL (SCC) CF \leq 50/100mL (CCC) DBO\leq 10 (SCC) DBO\leq 3 (CCC) pH 5,8 a 8,6 Turbidez \leq 10 UT (SCC) \leq 5 UT (CCC) Cor \leq 40 uH (SCC) \leq 10 uH(CCC)</p> <p>Conama Classe 2 para balneabilidade</p> <p>Canadá DBO\leq 45 mg/L STS \leq 45 mg/L PH 6 a 9 CF \leq 200 / 100mL.</p>	<p>Secundário com filtração e desinfecção.</p>	<p>Exige teste de irritantes da pele.</p> <p>Odor: não ofensivo</p>	<p>EPA (2004).</p> <p>Aano et ali.(2002)</p> <p>Conama</p> <p>Schaefer et ali. (2004).</p>
<p>Construção civil</p>	<p>EPA DBO \leq30 mg/L STD \leq30 mg/L CF \leq 200/100 mL CRL 1mg/L (mínimo)</p> <p>Canadá DBO\leq 45 mg/L STS \leq 45 mg/L PH 6 a 9 CF \leq 200 / 100 ml</p> <p>SABESP: PH : 6 a 9 DBO \leq 25 Turbidez \leq20 UT CF \leq200 / 100mL STS \leq 35 mg/L CRL 2 a 6.</p>	<p>Secundário com desinfecção</p>	<p>Col.fecais < 14/100 mL , quando contato com o operário é mais freqüente.</p> <p>Para compactação de solo e controle de poeira.</p>	<p>EPA, 2004. P.168:cap.2</p> <p>Schaefer et ali. (2004).</p> <p>Semura et ali. (2005).</p>

	Helmintos 0			
--	-------------	--	--	--

SCC – Sem contato corporal.

CCC – Com possível contato corporal.

Tabela Resumo dos parâmetros de qualidade da água de reúso na indústria

Setor	Qualidade	Tratamento	Observações	Fonte
Resfriamento	SABESP			
	Alcalinidade Total (CaCO ₃)	100		
	Cloretos	100		
	DBO ₅	10		
	Nitrogênio Amoniacal	1		
	pH	6 a 9		
	Sílica Total	50	(2)	
	Sólidos Dissolvidos Totais	500		(1)
	Sólidos Suspensos Totais	5		
	Sulfatos (SO ₄)	200		
	Turbidez(UT)	2		
	Colif.Fecais(NMP1/00mL)	0		
	HESPANHOL/ MIERZWA			
	Cloretos	500		
	STD	500		
	Dureza 650			(3)
	Alcalinidade 350			
	PH	6,9 a 9,0		
	DQO	75		
	STT	100		
	Turbidez	50		
	DBO	25		
	Compostos Orgânicos	1,0		
	Nitrogênio amoniacal	1,0		
	Fosfato	4,0		
	Sílica	50		
	Alumínio	0,1		
Ferro	0,5			
Manganês	0,5			
Cálcio	50			
Magnésio	0,5			

	Bicarbonato	24			
	Sulfato	200			
	Cobre	-			
	Zinco -				
	Substâncias extraídas em				
	tetracloroeto de carbono	-			
	Sulfeto de hidrogênio	-			
	Oxigênio dissolvido	-			

(1) Estudo para implantação de reúso e proposição de parâmetros de qualidade para usos urbanos não potáveis a partir das Etes da RMSP (SEMURA;RICCITELLI & GONÇALVES, 2005) – Congresso Campo Grande..

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)