

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO.**



**CRITÉRIOS PARA REÚSO DE ÁGUA EM INDUSTRIAS:
APROVEITAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DO PIÇARRÃO, CAMPINAS - SP.**

MSc. Vivien Luciane Viaro

Campinas – SP

Fevereiro, 2007.

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**CRITÉRIOS PARA REÚSO DE ÁGUA EM INDUSTRIAS:
APROVEITAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DO PIÇARRÃO, CAMPINAS - SP.**

MSc. Vivien Luciane Viaro

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac.

Tese de doutorado apresentado á Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, Área de Concentração em Saneamento e Ambiente.

Campinas – SP
Fevereiro, 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

V656c Viaro, Vivien Luciane
Critérios para reuso de água em indústrias: aproveitamento do efluente da estação de tratamento de esgoto do Piçarrão, Campinas - SP / Vivien Luciane Viaro.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Ricardo de Lima Isaac.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Água - Reutilização. 2. Águas residuais. 3. Sistemas de informação geográfica. 4. Processo decisório por critério múltiplo. 5. Esgotos. I. Isaac, Ricardo de Lima. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: The criterion for water reuse in industry: utilization of effluent of the station of sewer treatment of Piçarrão, Campinas – SP.

Palavras-chave em Inglês: Water reuse, Treated effluent, System of information geographical, Multicriteria analysis.

Área de concentração: Saneamento e Ambiente.

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Ana Maria Girotti Sperandio, José Carlos Mierzwa, José Euclides Stipp Paterniani e Edson Aparecido Abdul Nour.

Data da defesa: 27/02/2007

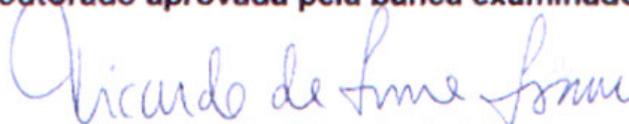
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**CRITÉRIOS PARA REÚSO DE ÁGUA EM INDUSTRIAS:
APROVEITAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO
DE ESGOTO DO PIÇARRÃO, CAMPINAS - SP.**

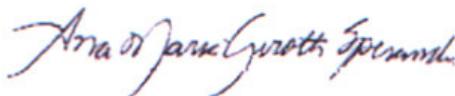
MSc. Vivien Luciane Viaro

Tese de doutorado aprovada pela banca examinadora, constituída por:



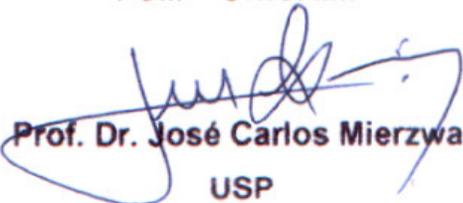
Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac

Presidente e Orientador – Universidade Estadual de Campinas



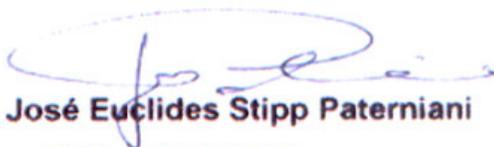
Profa Dra Ana Maria Girotti Sperândio

FCM – UNICAMP



Prof. Dr. José Carlos Mierzwa.

USP



Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani

FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Edson Aparecido Abdul Nour.

FEC – UNICAMP

Campinas, 27 de Fevereiro de 2007.

Dedico:

Aos meus pais: Sérgio Viaro e Darcy Castilho Viaro (in memorian). Sem a ajuda deles eu não conseguiria alcançar os meus objetivos pessoais e profissionais. Eu não existiria.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e determinação.

Ao prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac, pela oportunidade em trabalhar com esse tema, pela sua orientação e amizade.

Ao prof. Dr. Edson Abdur Nour, pela amizade e debates que repercutiram em informações usadas nesta pesquisa.

A Profa Dra Ana Maria G. Sperândio, pela amizade e colaboração no meu amadurecimento profissional.

Ao CNPq - CThidro, pela bolsa de doutorado que possibilitou a realização dessa pesquisa.

Aos meus amigos, que sempre me deram o apoio necessário, principalmente nos momentos mais delicados do ultimo ano de trabalho.

A minha amiga Laura Maria que, por estar finalizando a sua pesquisa no mesmo período, tornou-se a minha parceira de trabalho.

As minhas amigas Daniela Bachin e Fernanda Moraes, que conviveram comigo diariamente e souberam entender os meus momentos de preocupação.

Aos funcionários da SANASA pelo auxílio e contribuição profissional durante a realização da pesquisa. Agradeço principalmente aos funcionários da ETE Piçarrão, sempre dispostos a me ajudar.

A todos os professores, pesquisadores e profissionais que responderam aos questionários distribuídos.

A todas as empresas que participaram dessa pesquisa.

Aos funcionários da FEC – Unicamp pelo auxílio, direto ou indireto, em todas as etapas de elaboração deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xii
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xiv
Resumo	xvi
Abstract	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Reúso de Água	5
3.1.1 A escassez de água	5
3.1.2 Definições	9
3.1.3 Modalidades	11
3.1.4 Critérios de qualidade de água e legislação	12
3.1.5 Saúde pública	17
3.1.6 Aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais	20
3.1.7 Aplicações em nível nacional e internacional	22
3.2 Análise Multicritério	36
3.2.1 Método Compromise Programming (CP)	40
3.2.2 Método Cooperative Game Theory (CGT)	41
3.2.3 Aplicações das técnicas multicritério	41
3.3 Sistemas de Informações Geográficas - SIG	43

4. METODOLOGIA	49
4.1 Área de Estudo	49
4.2 Levantamento de Informações	57
4.3 Elaboração e definição dos critérios	58
4.4 Elaboração dos questionários	60
4.5 Elaboração do banco de dados	62
4.6 Classificação dos potenciais usuários	62
4.6.1 Método Compromise Programming - CP	63
4.6.2 Método Cooperative Game Theory - CGT	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
5.1 Análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da ETE Piçarrão	68
5.1.1 Avaliação dos dados – período seco e chuvoso	69
5.2 Levantamento dos potenciais usuários	84
5.3 Aplicação e avaliação dos questionários	87
5.3.1 Questionário 1 – Atribuição dos pesos aos critérios	87
5.3.2 Questionário 2 – Perfil dos potenciais usuários	94
5.4 Classificação das opções industriais – Aplicação dos Métodos Multicriteriais.	96
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	109
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
Anexo A – Questionário – modelo 1: Atribuição de pesos aos critérios	121
Anexo B – Questionário - modelo 2: Potenciais Usuários	125
Anexo C – Diretrizes para os diversos usos estabelecidos pela USEPA e OMS.	129
Anexo D –Variáveis físico-químicas e bacteriológicas – Período Seco.	137
Anexo E – Variáveis físico-químicas e bacteriológicas – Período Chuvoso.	151
Anexo F – Questionário 1 (Pesos) – Notas atribuídas aos critérios.	157
Anexo G – Questionário 2 (Potenciais Usuários) – Respondidos.	161

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Ordem crescente de riscos sanitários	16
Figura 3.2	Delimitação dos tipos de reúso na Europa	26
Figura 3.3	Os tipos de clientes para a água recuperada em São Francisco, EUA	27
Figura 3.4	Projetos de sistemas de reúso de água residuária	29
Figura 3.5	As condições das terras cultivadas na região árabe, durante o período de 1990-1998	32
Figura 3.6	Síntese de suporte à decisão para a reutilização de água de drenagem agrícola	33
Figura 3.7	Demonstração de uma Matriz de avaliação (<i>Payoff</i>)	39
Figura 3.8	Detalhamento da Bacia do Córrego Guanabara (Monitoramento por satélite)	43
Figura 4.1	Localização da sub-bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão em relação ao município de Campinas (SP-Brasil)	48
Figura 4.2	Detalhamento do percurso da sub-bacia do Piçarrão no município de Campinas	49
Figura 4.3	Fluxograma do processo de tratamento da ETE Piçarrão	53
Figura 5.1	Valores de pH coletados nas amostras no período seco de 2005	66
Figura 5.2	Valores de pH coletados nas amostras no período seco de 2006	66
Figura 5.3	Valores de pH nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/05 a mar/06	67
Figura 5.4	Valores de DBO nas amostras coletadas no período seco de 2005	69
Figura 5.5	Valores de DBO nas amostras coletadas no período seco de 2006	69

Figura 5.6	Valores de DBO nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/ 05 a mar/06	70
Figura 5.7	Valores de Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas no período seco de 2005	71
Figura 5.8	Valores de Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas no período seco de 2006	72
Figura 5.9	Valores de Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/05 a mar/06	73
Figura 5.10	Valores de Sólidos em Suspensão Total nas amostras coletadas no período seco de 2005	74
Figura 5.11	Valores de Sólidos em Suspensão Total nas amostras coletadas no período seco de 2006	75
Figura 5.12	Valores de Sólidos em Suspensão Total nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/05 a mar/06	76
Figura 5.13	Localização dos Potenciais Usuários em relação a ETE Piçarrão (Escala: 1cm – 1,075Km)	81
Figura 5.14	Análise de Freqüência do critério Distância	86
Figura 5.15	Análise de Freqüência do critério Qualidade de Efluente Tratado	86
Figura 5.16	Análise de Freqüência do critério Disponibilidade de água de reúso	86
Figura 5.17	Análise de Freqüência do critério Mão de Obra especializada	86
Figura 5.18	Análise de Freqüência do critério Riscos	87
Figura 5.19	Análise de Freqüência do critério Necessidade de Pós-Tratamento	87
Figura 5.20	Análise de Freqüência do critério Benefícios Ambientais	87
Figura 5.21	Análise de Freqüência do critério Aceitabilidade	87
Figura 5.22	Análise de Freqüência do critério Imagem	88

Figura 5.23	Análise de Freqüência do critério Confiabilidade	88
Figura 5.24	Análise de Freqüência do critério Meio de transporte	88
Figura 5.25	Análise de Freqüência do critério Custos ambientais	88
Figura 5.26	Análise de Freqüência do critério Custo de Manutenção e Monitoramento	89
Figura 5.27	Delimitação dos 9 perfis em relação a ETE Piçarrão. (Escala: 1cm – 0,5375 Km)	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Delimitação de critérios norte-americanos para algumas aplicações do reúso de águas residuárias - USEPA.	13
Tabela 3.2	Padrões microbiológicos para irrigação com água residuária municipal. Comparação entre a norma regional com o padrão nacional (Norma Italiana de proteção à água) e da OMS.	14
Tabela 3.3	Relação entre o tipo de reúso e os riscos à saúde associados.	18
Tabela 3.4	Critérios de proteção contra microorganismos patogênicos em reúso de água.	19
Tabela 4.1	Vazões Médias Mensais da ETE Piçarrão – Ano 2006.	53
Tabela 4.2	Previsões de população atendida e vazões da ETE Piçarrão.	53
Tabela 4.3	Exemplo da Matriz Multicritério – Payoff.	63
Tabela 5.1	Valores de Coliformes Totais (NMP/100ml).	83
Tabela 5.2	Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml).	83
Tabela 5.3	Pesos Atribuídos X grau de importância.	89
Tabela 5.4	Distância entre fornecedor e usuário.	101
Tabela 5.5	Matriz “PayOff”.	102
Tabela 5.6	Classificação dos perfis industriais de acordo com as notas atribuídas por cada entrevistado – Método CP (2006).	104
Tabela 5.7	Classificação dos perfis industriais de acordo com as notas atribuídas por cada entrevistado – Método CGT (2006).	104
Tabela 5.8	Classificação dos perfis industriais de acordo com valores médios dos pesos atribuídos pelos 30 entrevistados – Resultados obtidos com a aplicação do Método CP (2006).	105

Tabela 5.9 Classificação dos perfis industriais de acordo com valores médios dos pesos atribuídos pelos 30 entrevistados - Resultados obtidos com a aplicação do Método CGT (2006).

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURA.

AHP - Analytic Hierarchy Process;

CGT - Cooperative Game Theory;

CMHC - Canadá Mortgage e Housing Corporation;

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

CP - Compromise Programming;

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio;

DQO – Demanda Química de Oxigênio;

ECR – Estação de Condicionamento de Reúso;

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto;

FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP;

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas;

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

MAUT - Multiattribute Utility Theory;

NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl;

OMS – Organização Mundial de Saúde;

ONU – Organização das Nações Unidas;

PIB – Produto Interno Bruto;

pH – potencial hidrogeniônico;

PT - Fósforo Total;

RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente;

RMC – Região Metropolitana de Campinas;

SANASA - Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A;

SIG – Sistema de Informações Geográficas;

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais;

SP – São Paulo;

SS – Sólidos em Suspensão;

SST – Sólidos em Suspensão Totais;

TDH – Tempo de Detenção Hidráulica;

UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

USEPA - United States Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos);

UTA –Utility Additive;

WHO – World Health Organization;

RESUMO

Viaro, V. L., Critérios para reúso de água em indústrias: aproveitamento do efluente da estação de tratamento de esgoto do Piçarrão, Campinas – SP. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 183p., Tese de Doutorado.

O município de Campinas, inserido em uma das regiões mais desenvolvidas do estado de São Paulo, enfrenta crises pelo uso da água - um dos notórios conflitos com a região metropolitana de São Paulo. Diante da escassez quantitativa e qualitativa da água para atender aos múltiplos usos, pressões legais e institucionais têm exigido que os municípios aí localizados tratem os esgotos municipais, com intuito de preservar e recuperar a qualidade da água dos principais mananciais superficiais utilizados para abastecimento público. Nesse contexto, o reúso mostrou-se como uma alternativa para atender as demandas menos restritivas quanto à qualidade da água, permitindo que o efluente tratado proveniente de novas estações e atuais de tratamento de esgoto (ETE) possa ser aplicado para fins não-potáveis. O escopo deste trabalho avaliou a viabilidade do reúso do efluente tratado da ETE Piçarrão. De acordo com dados disponibilizados pela estação, foi possível avaliar as características qualitativas do efluente tratado, delimitando as possíveis aplicações, de acordo com normas e padrões internacionais. Com o auxílio de um sistema de informações geográficas (SIG) e dos métodos multicriteriais: Compromise Programming (CP) e o Cooperative Game Theory (CGT) foi definida uma hierarquia entre as alternativas localizadas na bacia de esgotamento da ETE, baseada nos aspectos ambientais, técnicos, econômicos e legais. Trata-se de um suporte à tomada de decisão para o gerenciamento dos recursos hídricos no espaço urbano, aplicável às outras estações de tratamento de esgoto existentes ou previstas no município de Campinas, São Paulo.

Palavras Chave: reúso de água, efluente tratado, Sistema de Informações Geográfica, Análise Multicritério.

ABSTRACT

Viaro, V. L., The Criterion for water reuse in industry: Utilization of effluente of the Station of sewer treatment of Piçarrão, Campinas – SP. Campinas, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Urban Design, State University of Campinas, 183p., 2007.

The city of Campinas, which is inserted in one of the most developed areas of the state of São Paulo, faces crises due to use of the water - One of the well-known conflicts of the metropolitan area of São Paulo. Due to the quantitative and qualitative shortage of water assisting to multiple uses, legal and institutional pressures have been demanding that the municipal districts located there treat the city sewers, intending to preserve and to recover the quality of the main superficial spring waters used for public provisioning. In that context, the reuse is shown as an alternative to assist the less restrictive demands related to the quality of the water, allowing the treated effluent originated from new and current stations of sewer treatment (ETE) be applied for no-drinkable ends. The mark of this work evaluated the viability of the reuse of ETE Piçarrão's treated effluent. According to data provided by the station, it was possible to evaluate the qualitative characteristics of the treated effluente, delimiting the possible applications, according to international norms and patterns. With the aid of a system of geographical information (SIG) and of the multi-criteria methods: Compromise Programming (CP) and Cooperative Game Theory (CGT) was classified among the options located in the basin of exhaustion of ETE based on the environmental, technical, economical and legal aspects. This is about a support to the decision-making for the administration of water resources in the urban space applicable to the other stations of sewer treatment existent or predictable in the city of Campinas, São Paulo.

Keywords: water reuse, treated effluent, geographical information of system, multicriteria analysis.

1. INTRODUÇÃO

A escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos frente à elevadíssima demanda para atender a usos conflitantes nas regiões metropolitanas de São Paulo e de Campinas, e a iminência da cobrança pela captação de água e pelo lançamento de efluentes nos corpos d'água tem acarretado a introdução de novas prioridades no planejamento estratégico de grandes indústrias bem como das companhias de saneamento aí atuantes. Enfrentam-se graves problemas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, em que o município de Campinas está inserido, decorrente da restrição hídrica. No setor industrial, para exemplificar, a falta de garantias sobre a disponibilidade de água impossibilita a ampliação da produção industrial, seja em unidades já existentes seja por meio da implantação de novas unidades, bem como de novos empreendimentos, impactando negativamente a economia da região.

A utilização de tecnologias apropriadas, juntamente com o uso racional e o controle da demanda de água, constitui uma alternativa para a solução do problema da escassez de recursos hídricos. Nessas condições, se mostra como parte importante da solução do problema o reúso de água para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Reúso aqui é considerado como a utilização da água por mais de uma vez, depois de um tratamento adequado. O reúso planejado da água faz parte de um programa global encabeçado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Dentre os seus objetivos, tal programa pretende

abranjer a proteção da saúde pública, a manutenção da integridade dos ecossistemas e o uso sustentável da água.

O processo de reutilização do produto é usual em alguns países desenvolvidos, permitindo que a água proveniente de estações de tratamento de esgoto possa ser aplicada em fins não-potáveis, como lavagem de ruas, pátios e veículos, combate a incêndios, irrigação de áreas verdes e desobstrução de redes coletoras de esgotos, galerias de águas pluviais, entre outros. Salienta-se que a deterioração da qualidade de água dos mananciais por um lado, e por outro a imposição de uma legislação mais restritiva quanto ao padrão de potabilidade torna o tratamento de água para fim potável mais difícil e caro.

Portanto é razoável considerar que em Campinas, se houver uma parcela da vazão tratada na Estação de Tratamento de Esgoto Piçarrão que seja passível de reutilização, tendo por base os critérios técnicos, econômicos, sociais, ambientais políticos e legais, o reúso será viável para atender a determinados usos e usuários localizados no entorno da mesma.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do reúso para fins industriais, no entorno da Estação de Tratamento de Esgoto Piçarrão, no município de Campinas, São Paulo, por meio da utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG) integrado à aplicação de Método Multicriterial, considerando os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e legais.

Buscou-se, através desse estudo:

- a) Elaborar e aplicar dois formatos de questionários: o primeiro para a atribuição de notas aos critérios delimitados para esse estudo; e o segundo questionário para a verificação dos anseios e restrições dos potenciais usuários com relação ao uso do efluente e, qual o valor-limite (preço) para o uso do mesmo;
- b) Criar um banco de dados com as informações coletadas dos potenciais usuários, em uma plataforma de armazenamento padrão do Sistema de Informações Geográficas (SIG) escolhido para este trabalho;
- c) Avaliar as características qualitativas do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Piçarrão;
- d) Classificar as opções para o reúso industrial de água em torno da ETE Piçarrão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

3.1 Reúso de Água.

3.1.1. A Escassez de Água.

A água atualmente é considerada um bem finito, precioso, de valores inestimáveis, que deve ser conservada e protegida. Já consideram-na como a causa de conflitos futuros internacionais em razão da sua disputa.

Grande parte da população atual possui estimativas de crescimento muito maiores em locais onde ocorre escassez. No oriente médio, nove entre quatorze países vivem essa condição, seis dos quais devem duplicar a população dentro de 25 anos. Aproximadamente 40% da população mundial vivem em bacias hidrográficas compartilhadas por dois ou mais países, freqüentemente em litígio, como a Índia e Bangladesh por causa do Ganges, o México e os Estados Unidos por causa do Colorado, e a República Eslovaca e a Hungria por causa do Danúbio (Santos e Mancuso, 2003).

O Brasil tem uma posição privilegiada perante a maioria dos países quanto ao seu volume de recursos hídricos. Porém mais de 73% da água doce disponível no país encontram-se na bacia Amazônica, que é habitada por menos de 5% da população e, apenas 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 95% da população (Setti *et al*, 2001).

Na atualidade brasileira é evidente o crescimento dos conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos. Exemplos, em grande escala, podem ser

observados na bacia do rio São Francisco, onde as projeções de demanda de água para a irrigação, navegação, para o projeto de transposição, abastecimento humano e de animais e para a manutenção dos atuais aproveitamentos hidrelétricos mostram-se preocupantes quanto à disponibilidade de água do rio (Setti *et al*, 2001).

O principal sistema produtor de água potável para a Região Metropolitana de São Paulo é o Sistema Cantareira, que entrou em operação no início da década de 1970. O mesmo é responsável por 57% do abastecimento público na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (UGRHI 6). É constituído por reservatórios localizados nas cabeceiras dos Rios Atibaia, Atibainha, Cachoeira e Jaguari, formadores do Rio Piracicaba. Por esse complexo, a UGRHI das Bacias do Piracicaba, Jundiaí e Capivari transferem à Bacia do Alto Tietê uma vazão de 33 m³/s, através do reservatório Paiva Castro, na Bacia do Rio Juqueri, de onde as águas são encaminhadas para ETA Guaraú (CBH - CPJ, 2000).

À medida que a relação entre a disponibilidade hídrica e demanda vai diminuindo, a probabilidade do surgimento de conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos, bem como o surgimento de estresse ambiental, vai se tornando mais acentuada. (Mierzwa, 2002).

Em julho de 1997, a SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A.) – empresa municipal da cidade de Campinas/SP – alertou a população para não ingerir a água proveniente do sistema de abastecimento público. A SANASA não conseguia garantir a qualidade do tratamento das águas do principal manancial da cidade, o rio Atibaia, responsável por 90% de todo abastecimento da cidade (Zuffo, 1998). Problema cuja solução demorou dois dias para ser contornado e foi decorrente da floração de algas causadoras de odor e sabor ocasionado principalmente, pelo aporte de esgoto não tratado ao rio.

Como enfrentar a baixa relação oferta/demanda de água? A resposta passa invariavelmente pela necessidade de serem estabelecidas políticas adequadas e a implementação de sistemas de gestão efetivos, sendo o objetivo, a nível estratégico, alcançar o desenvolvimento sustentável.

Para aumentar a disponibilidade hídrica, o reúso de água constitui uma importante ferramenta de gestão. No entanto, representa um desafio atual e futuro por envolver a convergência de várias áreas tais como o governo, sociedade (risco a saúde) e órgãos ambientais (regulamentações). (Maron, 2006). Para confirmar esse desafio e a necessidade de coesão entre os envolvidos, acrescenta-se a afirmativa de Asano (2002), no qual define como base para a implantação do reúso de água: o tratamento seguro da água residuária, de acordo com normas de qualidade para a finalidade estipulada, a aceitação pública garantindo a sua saúde.

O reúso de águas residuárias atua como medida mitigadora da contaminação das águas subterrâneas e superficiais, por meio da redução da demanda por água dos mananciais. O efeito dessa última medida, a diminuição da água captada, deve ser avaliado por seu principal impacto agregado, que é a redução no consumo de energia elétrica necessário para recalque e transporte da água (Felizatto, 2001).

Deve-se ter cautela no uso dessa afirmação recorrente na literatura, pois dependendo das características das águas residuárias pode acarretar um efeito contrário à mitigação da contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Isso ocorre devido a um possível acúmulo de contaminantes resistentes ao tratamento convencional. Além do seu acúmulo podem originar outros compostos, devido a reações durante o seu reúso ocasionando efeitos agressivos ao meio, devido ao despejo dessa água reutilizada em um manancial local.

Apesar dessas possíveis ocorrências, não se pode evitar o reúso, bem como aproveitar as oportunidades de aplicá-lo, pois devido ao crescente consumo, tornou-se uma parte importante do uso racional da água.

No tocante a captação em novos mananciais, considerando a situação atual dos mesmos e a demanda crescente pelo recurso água, têm levado as indústrias a avaliar as possibilidades internas de reúso e a considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de efluentes tratados. Caso as companhias de saneamento produzam uma “água de utilidade” por meio de um efluente tratado secundário e distribuir por adutoras para um grupo significativo de grandes usuários, atualmente tornar-se-ia um grande mercado, principalmente se os preços forem inferiores aos da água potável.

Além do possível mercado existente no entorno das estações de tratamento de esgoto, Semura et al (2005), considera no caso específico da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o uso da água produzida em suas estações, um incentivo para a instalação de novas indústrias nas proximidades. Considerando que na maioria das cidades as estações de tratamento são alojadas em regiões periféricas, tornam-se incentivo para a instalação de novas estruturas produtivas, além das existentes inicialmente.

Na Região Metropolitana de São Paulo existe um grande potencial para uso de efluentes das estações de tratamento de esgoto em operação, para fins industriais. A estação de tratamento de esgoto de Barueri poderia abastecer, com efluentes tratados, uma área industrial relativamente importante, distribuída em Barueri, Carapicuíba, Osasco, e o setor industrial, ao longo do Rio Cotia, nas imediações da rodovia Raposo Tavares. Da mesma maneira, a estação de Suzano poderia abastecer indústrias concentradas nas regiões de Poá, Suzano e, eventualmente, de Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes (Hespanhol, 2001).

Para o desenvolvimento do reúso, ocorreu o aprimoramento da tecnologia das operações físicas, químicas e biológicas no processamento de água e águas residuárias durante o início do século XX, especificamente a partir de 1960, chamado como o período da Recuperação, Reciclagem e Reúso das Águas Residuárias (Felizatto, 2001).

No começo do século XX, iniciou-se o desenvolvimento de programas de reúso planejado de águas residuárias nos Estados Unidos. Em 1918, o estado da Califórnia foi o pioneiro na elaboração de regulamentos para a recuperação e o reúso de águas residuárias. No final de 1920, foram desenvolvidos os primeiros sistemas de reúso para abastecer a irrigação, nos estados do Arizona e Califórnia. Em 1940, foram aplicadas águas residuárias tratadas e cloradas em siderúrgicas, e a partir de 1960 foram desenvolvidos sistemas de reúso público urbano no Colorado e na Flórida (Felizatto, 2001).

No trato da questão escassez hídrica, diversos são os instrumentos, mecanismos e tecnologias a serem empregados. Porém, como o reúso de água, necessitam de estudos e investigações que auxiliem o emprego e a produção de resultados sanitários, ambientais e econômicos satisfatórios. A pesquisa auxilia órgãos públicos, comunidades e empresas na compreensão das suas necessidades, bem como no desenvolvimento de novas tecnologias e ferramentas.

3.1.2 Definições.

Baseado na literatura, a terminologia usada para o reúso de água é muito ampla e por isso, podem ocorrer distorções na sua definição, bem como na caracterização de cada categoria do reúso. Considerando essa afirmação, para efeito ilustrativo, realizam-se abaixo, duas citações de fontes confiáveis. No entanto, a primeira desenvolve sobre o tema, definições simplificadas e, a segunda trata o tema de uma forma mais detalhada.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1973), existem as seguintes categorias:

_ Reúso Indireto: quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;

_ Reúso Direto: trata-se do uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável.

_ Reciclagem interna: é o reúso da água internamente em instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Lavrador Filho (1987), apud Mancuso e Brega Filho, sugere um detalhamento maior em relação às categorias de reúso de água.

_ Reúso de água: é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas.

_ Reúso indireto não planejado de água: ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Trata-se de um subproduto não intencional da descarga de montante.

_ Reúso indireto planejado de água: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados de forma planejada nos corpos d'água superficiais ou subterrâneos, para serem utilizados a jusante em sua forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.

_ Reúso planejado de água: ocorre quando o reúso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta.

Para padronizar os termos usados nesse trabalho, será considerada a abordagem do autor Lavrador Filho (1987).

3.1.3 Modalidades

Além da definição do termo reúso, bem como as definições em relação a cada categoria do reúso, é possível classificá-lo de acordo com o fim (modalidade) a que se destina. Felizatto (2001) admite a seguinte classificação:

_ Reúso agrícola ou na agricultura: É o uso de águas recuperadas na irrigação para a agricultura de sustento ou produção de forrageira e/ou para a dessedentação de animais.

_ Reúso industrial: É o uso de águas residuárias recuperadas (quando a recuperação se faz necessária) para alimentação de torres de resfriamento, caldeiras, trocadores de calor, água de processamento, construção civil e outros fins industriais menos exigentes em qualidade de água.

_ Reúso recreativo e/ou público: É o uso de águas residuárias recuperadas para a irrigação de parques, jardins, lagos ornamentais e/ou recreativos, postos de serviço para lavagem de veículos, paradas de ônibus, ruas, avenidas, etc.

_ Reúso doméstico: É o uso de águas residuárias recuperadas para irrigação de jardins residenciais, lavagem de carros, áreas verdes e pisos, e para descarga de vasos sanitários. Automaticamente fica implícita a existência de um "sistema dual" de abastecimento público de água, empregado em muitas cidades, em que há duas redes, uma para água potável e outra para água de menor qualidade e para outros usos.

_ Reúso para manutenção de vazões mínimas de cursos de água: Trata-se do uso planejado de águas residuárias recuperadas para garantir vazões mínimas para diluição de poluentes em corpos de água receptores.

_ Reúso em aquicultura: É o uso de águas residuárias recuperadas para alimentação de tanques destinados à produção de peixes e outros organismos aquáticos, objetivando a produção de alimentos e/ou energia da biomassa produzida.

_ Reúso para recarga de aquíferos: É o uso de águas residuárias recuperado para suplementar ou o nível do aquífero. A recarga permite a redução dos custos de bombeamento, e pode ser feita por injeção pressurizada ou através do processo de infiltração rápida.

3.1.4 Critérios de Qualidade de Água e Legislação.

No âmbito internacional, inúmeros países e organizações desenvolveram padrões, normas para a aplicação do reúso de água, considerando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

Em 1986, a agência ambiental da China emitiu a política técnica de controle a poluição das águas (revisada em 1996), a qual inclui recomendações relativas ao reúso de água (Pinjing *et al.*, 2001):

- ✓ O fortalecimento do gerenciamento do recurso de água e o reúso, estimando a exploração desses recursos;
- ✓ Promover o reúso planejado e a recuperação das águas residuárias municipais, especialmente na região norte da China;
- ✓ Considerar o reúso e a recuperação das águas residuárias, durante o planejamento e construção de sistemas de tratamento de esgoto municipais;
- ✓ Estabelecer padrões restritos de qualidade para o reúso de águas residuárias;

Os critérios chineses pertinentes ao reúso são muito mais rigorosos que as diretrizes indicadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1989), mas não se comparados às diretrizes da agência de proteção ambiental norte-americana (EPA, 1992) (Pinjing *et al.*, 2001). De acordo com essa afirmação, pode-se considerar a diretriz americana, a mais restritiva. Para efeito ilustrativo, a tabela 3.1 demonstra alguns parâmetros usados pela EPA em várias aplicações do reúso.

Tabela 3.1 – Delimitação de critérios norte-americanos para algumas aplicações do reúso de águas residuárias - USEPA.

Aplicações	Parâmetros
Reúso Urbano - Irrestrito	DBO: < 10 mg/l; Turbidez: < 2 NTU; Coliformes Fecais: Não detectável/100 ml; Cloro Residual: 1 mg/l; pH: entre 6 e 9.
Reúso Urbano - Restrito	DBO: < 30 mg/l; Sólidos Solúveis Totais: < 30 mg/l; Coliformes Fecais: < 200 mg/l; Cloro Residual: 1 mg/l; pH: entre 6 e 9.
Uso Recreacional – Irrestrito	DBO: < 10 mg/l; Turbidez: < 2 NTU; Coliformes Fecais: Não detectável/100 ml; Cloro Residual: 1 mg/l pH: entre 6 e 9.
Uso Recreacional – Restrito	DBO: < 30 mg/l; Sólidos Solúveis Totais: < 30 mg/l; Coliformes Fecais: < 200 mg/l; Cloro Residual: 1 mg/l; pH: entre 6 e 9.
Industrial	DBO: < 30 mg/l; Sólidos Solúveis Totais: < 30 mg/l; Coliformes Fecais: < 200 mg/l.

Fonte: Adaptado de Hermanowicz e Asano, 1999.

Considerando dentre as várias finalidades de reúso, na Itália, os aspectos legislativos representam os principais obstáculos no desenvolvimento de irrigação com água residuária municipal. Restrições microbiológicas são excessivas se comparadas com as diretrizes emitidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 1989). A tabela

3.2 delimita uma comparação entre os parâmetros microbiológicos adotados em algumas regiões italianas com o padrão nacional e da OMS, no caso da irrigação com água residuária municipal.

Tabela 3.2 - Padrões microbiológicos para irrigação com água residuária municipal. Comparação entre a norma regional com o padrão nacional (Norma Italiana de proteção à água) e da OMS.

	Coliformes Totais (NMP/100 ml) ⁽¹⁾	Coliformes Fecais (NMP/100 ml)	Streptococcus Fecal (NMP/100 ml)	Ovos Nematodos
OMS	Não estabelecido	1000 ⁽²⁾	Não estabelecido	1
Itália	2 ⁽²⁾ , 20 ⁽³⁾	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido
Sicília	3000 ⁽²⁾	1000 ⁽²⁾	Não estabelecido	1
Emilia Romana	2 ⁽²⁾ , 20 ⁽³⁾	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido
Puglia	2 ⁽²⁾ , 10 ⁽³⁾	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido

(1) – refere-se ao menor valor de sete dias de amostra consecutivos; (2) – irrigação irrestrita; (3) – irrigação restrita.

Fonte: Adaptado de Barbagallo *et al.*, 2001.

Por outro lado, a legislação italiana inclui padrões de qualidade para a água residuária que freqüentemente são desconsideradas no caso de água superficial usada para a agricultura e recreação (Indelicato *et al.*, 1996). Recentemente o Governo Siciliano tem autorizado e financiado, com o apoio da União Européia, os projetos de reúso de água residuária de Palermo (em uma primeira fase estarão com 28,000 m³/dia de água residuária tratada) e Gela (onde duas estações de tratamento serão integradas com reservatórios de armazenamento para uma capacidade total 5 milhões de m³). Esses projetos experimentais confirmaram a presença de efeitos ambientais positivos e

realçaram a viabilidade sazonal dessa prática em larga escala, sem contar que contribuem para a estabilização das águas residuárias. O desenvolvimento dessas práticas de irrigação requer revisão da legislação atual. Segundo o autor, deveriam ser emitidas normas mais realistas, baseado nos resultados recentes dos trabalhos de pesquisa, evitando assim o reúso descontrolado tão comum no interior do sul da Itália (Barbagallo *et al.*, 2001).

No Brasil, é recomendável que os governos estadual e federal iniciem processos de gestão para estabelecer bases políticas legais e institucionais para o reúso de água, tanto em relação aos aspectos associados diretamente ao uso de efluentes como aos planos estaduais ou nacionais de recursos hídricos. Linhas de responsabilidade e princípios de alocação de custos devem ser estabelecidas entre os diversos setores envolvidos, ou seja, entre as empresas responsáveis pela coleta e tratamento de esgotos, os usuários que se beneficiarão dos sistemas de reúso e o Estado, ao qual compete o suprimento adequado de água e a proteção do meio ambiente e da saúde pública (Leite, 2003).

No dia 25 de novembro de 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), aprovou a resolução nº 54, na qual estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentam e estimulam a prática de reúso direto não potável de água em todo o território nacional, exceto a recarga de aquíferos. As modalidades citadas foram as seguintes: reúso para fins urbanos; reúso para fins agrícolas e florestais; reúso para fins ambientais; reúso para fins industriais e reúso na aqüicultura (Brasil, 2005).

Na introdução desse documento é relatada alguma consideração em relação à diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Nações Unidas – ONU, segundo a qual, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior, a não ser que haja grande disponibilidade. Cita também a Agenda 21, afirmando a importância na aplicação do reúso como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos.

A Resolução nº 54, trata-se apenas de um documento inicial abordando o tema reúso; no entanto, encarrega os órgãos integrantes do SINGREH (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos), sobre a avaliação dos efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática do reúso, bem como a delimitação de instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso.

A ausência de regulamentação específica pode acarretar conseqüências indesejáveis como (Rodrigues, 2005):

- ✓ riscos a saúde pública;
- ✓ riscos de contaminação do meio ambiente;
- ✓ redução na disponibilidade hídrica, decorrente da redução das descargas de efluentes;
- ✓ conflitos com empresas responsáveis por abastecimento de água;
- ✓ inadequação ou violação às leis correlatas (tais como a outorga e de licenciamento);
- ✓ dificuldade de autorização por parte de órgãos ambientais.

À medida que aumentam as práticas dessa ferramenta no país, é possível adaptar normas e experiências internacionais, já consagradas, para a realidade brasileira. Deste modo, o padrão adotado no Brasil deverá resguardar as características regionais, respeitando as possibilidades e limitações para a aplicação do reúso.

3.1.5 Saúde Pública

Na abordagem do reúso contra a escassez de água, deve-se considerar a saúde pública que, pode ser responsável pelo sucesso ou fracasso de qualquer programa relacionado com esse tema.

Baseado na definição de saúde pública (Terris,1992): “a arte e a ciência de prevenir a doença e a incapacidade, prolongar a vida e promover a saúde física e mental mediante os esforços organizados da comunidade”, não será viável apoiar-se em uma alternativa para os conflitos de água atuais, sem garantias para a saúde de todos os envolvidos, diretos ou indiretamente. Pois a água, se não for bem administrada, torna-se um veículo de transmissão de doenças.

Segundo Blum (2003), a adequação da água a determinados usos exige um conhecimento suficiente sobre suas características e seus efeitos, tendo-se em vista os usos pretendidos ou praticados. Resumindo, um programa de reúso não deve representar riscos sanitários, acarretar prejuízos ao meio e atender aos padrões estipulados para cada finalidade.

Priorizando os riscos sanitários é possível estabelecer, em uma primeira avaliação, uma regra seqüencial de modalidades de reúso, por ordem crescente de riscos envolvidos, apresentado na figura 3.1.

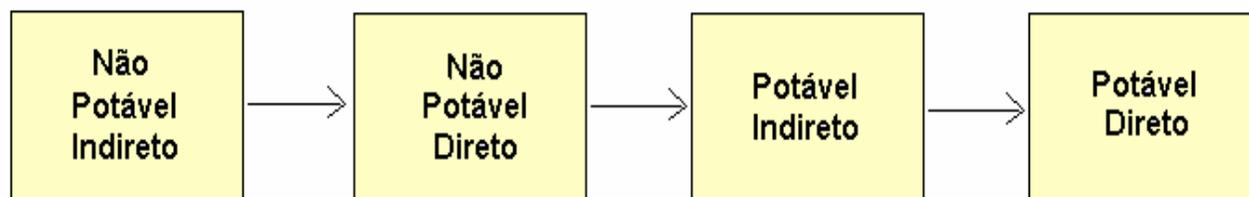


Figura 3.1 – Ordem crescente de riscos sanitários. (Adaptado Blum, 2003).

Diversos países e regiões onde a prática do reúso é comum, existem critérios e padrões com o intuito de garantir a segurança dos usuários. Pois o esgoto (constituído de substâncias químicas orgânicas, inorgânicas e microorganismos patogênicos) pode

representar um importante risco sanitário. A tabela 3.3 exemplifica, de forma resumida, a relação entre os riscos associados a cada modalidade de reúso.

Tabela 3.3 – Relação entre o tipo de reúso e os riscos à saúde associados.

Formas de Reúso	Riscos a saúde
Agrícola	Contaminação de consumidores de alimentos contaminados com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas; Contaminação direta dos trabalhadores; Contaminação do público por aerossóis; Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas, ou que sejam criados em lagoas contaminadas.
Industrial	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso; Se utilizada como água de processo, pode haver contaminação de produtos comestíveis; Contaminação direta dos trabalhadores.
Recreacional	Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos e nariz; Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosas, devido aos efluentes industriais; Contaminação direta dos trabalhadores.
Recarga de aquífero	Contaminação de aquíferos utilizados como fonte de água potável. Contaminação direta dos trabalhadores.
Reúso urbano não potável	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso; Contato com a água recuperada utilizada para irrigação de parques e jardins ou lavagem de ruas; Contaminação direta dos trabalhadores.
Reúso potável	Ingestão de contaminantes biológicos e químicos; Contaminação direta dos trabalhadores.

Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2005 *apud* Lavrador, 1987.

Uma série de doenças pode ser associada à água, seja em decorrência de sua contaminação por excretas humanas ou de outros animais ou pela presença de substâncias químicas nocivas à saúde humana. (Cantúcio, 2007).

Águas contaminadas podem funcionar como pólo de dispersão de doenças de veiculação hídrica, direta ou indiretamente, originando perdas econômicas, a curto e longo prazo.

Em decorrência desse risco, deve-se em qualquer projeto, resguardar a saúde controlando a ocorrência de microorganismos patogênicos. Para avaliar os limites aceitáveis de microorganismos são usados, de forma indireta, os organismos indicadores. A tabela 3.4 define alguns exemplos de limites especificados para os indicadores de contaminação microbiológica, bem como o tipo de tratamento e monitoramento mínimo indicado para vários tipos de reúso, visando a proteção a saúde.

Tabela 3.4 - Critérios de proteção contra microorganismos patogênicos em reúso de água.

Tipo de Reúso	Requisitos Mínimos de segurança bacteriológica para a água tratada		
	Padrões	Monitoramento	Tratamento
Urbano	Coliformes Fecais: ausentes	diário	Secundário + Filtração + Desinfecção
	Turbidez.: máx. 2 UNT	contínuo	
	Cloro Residual Livre: mín. 1 mg/l	contínuo	
Agrícola para irrigação de plantas não comestíveis	Coliformes Fecais: máx. 200/100 mL.	diário	Secundário + Desinfecção
	Cloro Residual Livre: mín. 1 mg/l	contínuo	
Recreacional, para enchimento de lagos paisagísticos	Coliformes Fecais: máx. 200/100 mL	diário	Secundário + Desinfecção
	Cloro Residual Livre: mín. 1 mg/l	contínuo	

Tabela 3.4 - Critérios de proteção contra microorganismos patogênicos em reúso de água (Continuação).

Industrial, para resfriamento sem recirculação	Coliformes Fecais: máx. 200/100 mL	diário	Secundário + Desinfecção
	Cloro Residual Livre: mín. 1 mg/l	contínuo	
Industrial, para resfriamento com recirculação.	Variáveis, dependendo da taxa de recirculação.	Coliformes Fecais: diário	Secundário + Desinfecção. Pode ser necessário incluir coagulação química e filtração
		Cloro Residual Livre: contínuo	
Industrial, para outros usos.	Depende dos tipos de uso		

Fonte: Adaptado Blum, 2003.

Vale ressaltar que apesar da existência de microorganismos na água, o desenvolvimento de doenças depende de alguns fatores: o nível de contato; a dose infectiva (nº de organismos necessários para iniciar a infecção); a patogenicidade do microorganismo e a resistência do indivíduo às doenças.

3.1.6 Aspectos Técnicos, Sociais, Econômicos e Ambientais

Devido à fragilidade dos recursos naturais, torna-se necessário uma análise mais ampla que, simplesmente, a tradicional técnico-econômica. Para isso deve-se ter como base em qualquer aplicação de reúso, todos os aspectos envolvidos: técnicos, sociais, ambientais e econômicos.

Os aspectos técnicos viabilizam o reúso em virtude das tecnologias existentes, tanto para o tratamento das águas residuárias, bem como para o seu manuseio. Nessa discussão pode-se acrescentar a possibilidade de monitoramento e avaliação dos projetos de reúso de água, baseado em programas e experiências em nível

internacional. No entanto, ainda existe a necessidade de um número maior de profissionais qualificados nesse campo.

Os aspectos sociais podem ser considerados, por exemplo, em relação à geração de novos empregos, devido à ampliação de negócios e a implantação de novas indústrias. Isso pode ocorrer em virtude de garantias locais em relação à disponibilidade de água, decorrente de uma gestão equilibrada desse recurso. Outro fator social positivo é o acesso à água potável, de um número maior de pessoas da comunidade local, em virtude do uso de águas de menor qualidade para fins menos nobres que o consumo humano.

O aspecto ambiental pode ser relacionado à preservação dos mananciais, evitando o uso de forma abusiva das águas superficiais e subterrâneas já utilizados, bem como a exploração de novos para atender às demandas. Com a reutilização evita-se a retirada de água cada vez maior, por exemplo pelas indústrias, preservando-a em relação aos aspectos qualitativos e quantitativos, para o abastecimento público.

No entanto, deve-se ter cautela em relação ao uso das águas residuárias, em processos industriais, devido ao número de vezes de reutilização no mesmo sistema. Sem o devido controle, pode ocasionar o acúmulo de contaminantes nocivos, bem como a origem de novos compostos, despejados futuramente de forma concentrada em um corpo d'água.

Com relação aos aspectos econômicos, algumas considerações sobre o reúso são necessárias, como por exemplo, na implantação de redes de distribuição de água de reúso: os custos de sistemas duplos de distribuição; dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas (com risco à saúde pública).

Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de captação de novos mananciais para abastecimento público. Além disso, deve-se

considerar a tarifa de água potável cada vez mais elevada, em virtude da maior necessidade de insumos químicos e energia elétrica para garantir a sua qualidade.

3.1.7 Aplicações em Nível Nacional e Internacional.

O reúso, atualmente, é considerado como uma alternativa importante para atender as demandas menos restritivas quanto à qualidade da água. Além disso, possui um grande potencial a ser explorado. Para ilustrar essa afirmação, exemplos brasileiros e internacionais, são aqui descritos.

Em relação às experiências brasileiras, algumas merecem destaque. Como a Estação Experimental Jesus Netto, da Sabesp, que ocupa uma área de 12.300 m² às margens do rio Tamandateí, no bairro do Ipiranga, no município de São Paulo. Foi inaugurada em 1934 como estação experimental e trata 60l/s de esgotos sanitários por meio de dois sistemas de tratamento que operam em paralelo, um por lodos ativados e outro por reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), seguido de filtro biológico. Tratando-se de uma estação experimental e de um verdadeiro centro de treinamento, a estação possui também, em escala reduzida, os processos de lagoa facultativa, adensador, digestor, tanque de acúmulo de lodo, queimadores de gás, leito de secagem, filtro prensa e um laboratório de esgoto para controle dos parâmetros de tratamento. O reúso de água na ETE Jesus Netto foi a primeira iniciativa da Sabesp nesse campo desenvolvida além da escala piloto, com a aplicação em escala real e compromisso de continuidade formalizado com clientes externos (Filho, 2003).

Dentro desse contexto, Zan (2006) apresenta uma pesquisa baseada em dados de escala real, da estação de condicionamento para reúso de água (ECR), que usa como recurso hídrico o efluente biologicamente tratado em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) domésticos e industriais, em uma indústria do setor automobilístico. Nesse sistema, a partir do ponto de saída do efluente secundário, uma determinada parte do volume é bombeada para uma unidade de filtração ascendente em areia, seguida de uma unidade constituída de membranas de Ultrafiltração (UF). O

permeado da UF é bombeado a um reservatório de onde é distribuído aos pontos de consumo como água para processos diversos, através de tubulações independentes da linha de água potável.

A motivação para essa pesquisa foi o fato de que uma categoria de partículas, sólidos dissolvidos, não são eliminados pelos processos convencionais de tratamento, retornando aos pontos de consumo. De acordo com a taxa de recirculação do sistema, ocasionaria o aumento dessas partículas, influenciando diretamente na qualidade da água de reúso. Esse fato foi comprovado pela pesquisa. No entanto, o autor defende que a empresa deve analisar a viabilidade de medidas de produção mais limpa para a eficiência técnica do sistema de reúso. De acordo com uma análise comparativa, a água potável não consumida pela indústria, durante os 2,5 anos de consumo de água de reúso, seria suficiente para abastecer uma cidade de, aproximadamente, 36.000 habitantes, durante 3 meses. Além disso, evitaram-se o lançamento de 444.638 m³ de efluente tratado e 3,3 toneladas de DBO ao meio ambiente.

A SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A - Campinas) utiliza água proveniente de uma ETA piloto de reúso localizada na ETE Santa Rosa para o abastecimento dos caminhões de hidrojateamento para a desobstrução de redes de esgoto. Durante o ano de 2005 (Janeiro a Maio) a ETA produziu em média cerca de 100 m³ de água.

Outra iniciativa da empresa foi a abertura para os estudos realizados por Tosetto (2005), na análise da eficiência do tratamento terciário do efluente da estação de Tratamento Samambaia, no município de Campinas-SP, para fins de reúso em ambiente urbano. O sistema avaliado era composto das etapas de coagulação, pré-floculação em meio granular, filtração e desinfecção com radiação ultravioleta. Dentre os resultados obtidos nesse estudo, conclui-se que o efluente terciário produzido pelo tratamento proposto, ainda representaria risco a saúde pública considerando os parâmetros microbiológicos avaliados (Coliformes Totais, *E. coli* e ovos de helmintos) e,

portanto, não poderia ser aplicado em reúso urbano, como irrigação de parques e jardins, limpeza urbana, lavagem de veículos, combate a incêndio, entre outros.

Morelli (2005), pesquisou e detalhou formas de reúso de água para lavagem de veículos. Os dados relativos aos sistemas de tratamento e reúso dos efluentes da lavagem dos veículos são provenientes de uma empresa de transporte de passageiros e de alguns postos de serviços coletados em visitas técnicas efetuadas na cidade de São Paulo. O autor realizou também um levantamento sobre as vantagens e desvantagens, a viabilidade técnica e econômica de seu emprego. Sendo a lavagem de veículos uma das grandes fontes consumidoras de água potável para fins que não necessitam deste nível de qualidade, torna-se importantíssimo o estudo de formas de racionalizar sua utilização, colaborando-se assim com a preservação dos nossos mananciais. Pelo estudo foi demonstrada a possibilidade de reúso das águas utilizadas nos postos de lavagem de automóveis e nas empresas de transporte. As tecnologias usadas no tratamento para a recirculação (floculação e sedimentação, floculação e flotação e por último, processos de degradação biológica), resultaram em uma rápida amortização dos investimentos e adequação quanto aos aspectos legais envolvidos.

Londe (2002) avaliou o emprego da filtração lenta após sistema de leitos cultivados para a reutilização da água descartada no meio rural, ou em irrigação local ou em outras atividades agrícolas. O sistema piloto localizava-se na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Esse trabalho avaliou seu comportamento quando submetido a diferentes valores de taxas de filtração, em função da qualidade da água do afluente ao filtro lento. O mesmo tinha como meio filtrante areia grossa de construção civil passada por peneira de 1 mm e mantas sintéticas não tecidas. Para os ensaios realizados com taxa de filtração igual a $3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, o filtro lento reduziu, em média, em 64% a turbidez, 38% a cor, 62% os sólidos em suspensão totais, em 92,57% para *E. coli* e em 85,61% os coliformes totais. Nos ensaios com taxa de filtração igual a $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, a redução em média foi de 72% para turbidez, 44% para cor, 67% para sólidos em suspensão totais, 83,87% para *E. coli* e 82,90% para coliformes totais. A autora afirmou que apesar do bom desempenho

do filtro lento estudado, seria recomendáveis a desinfecção e reaeração antes do reaproveitamento do efluente.

Santos (2000) et al realizaram uma pesquisa para verificar a viabilidade do reúso de água no Distrito Federal (DF). A partir da análise dos seguintes parâmetros: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), SS (Sólidos em Suspensão), NTK (Nitrogênio Total Kjeldahl) e PT (Fósforo Total), foram avaliadas quinze estações de tratamento de esgoto (ETE) em operação. Os resultados indicaram que, em geral, seria necessário adequar as águas residuárias aos critérios de qualidade, de acordo com as formas de reúso para as quais se pretende utilizá-las. Os autores definem esse estudo como uma visão geral da qualidade da água residuária tratada no Distrito Federal, sendo necessário um estudo mais detalhado. Constatou-se que a oferta de água residuária tratada de algumas estações de tratamento de esgoto é capaz de suprir a demanda de algumas áreas, considerando as demandas hídricas para irrigação nas bacias hidrográficas consideradas. Por outro lado, verificou-se que em algumas bacias havia oferta de efluente, mas não havia pontos de consumo.

O levantamento das pesquisas e aplicações em escala real, notadamente quanto ao reúso de esgoto sanitário tratado no Brasil, mostrou que o mesmo é incipiente entre as companhias de saneamento. A seguir são apresentados trabalhos da literatura internacional considerando experiências positivas sobre o tema reúso.

Higgins *et al. apud* Exall (2004), fizeram um levantamento dos usuários e os interessados no reúso em Queensland, Austrália, para determinar as preocupações em relação à qualidade de água e outras informações pertinentes à pesquisa. Os entrevistados representavam clubes de esporte, indústrias, agricultura, grupos ambientais, moradores residenciais. Aproximadamente 79% dos entrevistados demonstraram preocupações com a qualidade de água, devido a aspectos microbiológicos, salinidade, nutrientes e matéria orgânica. Porém, só 33% dos entrevistados recomendaram uma pesquisa adicional em aspectos de qualidade da água, programas de educação, monitoramento, com o intuito amenizar as restrições.

Aproximadamente 52% dos interessados e 19% dos usuários atuais, planejam ampliar o uso desse recurso, e 30% dos entrevistados, que não usam a água de reúso pretendem começar dentro de 5 anos. Os estudos adicionais identificados pela pesquisa incluíram: a qualidade; no tocante a aspectos microbiológicos e orgânicos, nutrientes e salinidade; saúde e segurança, processo de tratamento; a delimitação dos potenciais usos e fatores econômicos.

Embora existam muitas possibilidades de reúso de água, os mais significativos são: urbano, agrícola, industrial e o reúso associado à recarga artificial de aquífero. Para a prática de qualquer tipo é necessário avaliar as características da região ou do local a que se destina, através dos requisitos mínimos de qualidade (parâmetros físico – químico e microbiológicos) para cada finalidade.

Considerando as várias práticas de reúso, Bixio et. al., 2006, compara o reúso praticado na Califórnia e Japão. O reúso de água dentro do país japonês é direcionado prioritariamente para a finalidade urbana, em contraste total, com a maioria das estruturas de reúso encontradas pelo mundo. A Califórnia (EUA), baseado na estimativa mundial, também usa como principal finalidade para a água de reúso a irrigação na agricultura,. Para exemplificar essa afirmação, 68% da água total de reúso na Califórnia são para o uso agrícola e irrigação de paisagem. Em contrapartida, no Japão apenas 16% da água de reúso gerada no país é direcionada para a agricultura.

Ogoshi et al (2001), realizaram um levantamento e identificaram mais de 200 projetos de reúso de água, muitos em fase de planejamento avançado. Demonstra um grande avanço para o reúso na Europa, se comparado com o início de 1990, onde aplicação dessa ferramenta era limitada a alguns casos, principalmente quando o usuário estava relativamente próximo a uma estação de tratamento de esgoto. Baseado nos resultados dessa pesquisa, pode-se dizer que os tipos de reúso mais usados na Europa são os seguintes: (1) agrícola; (2) industrial; (3) usos urbanos, recreativos e ambientais, inclusive recarga de aquífero; e (4) combinações dos tipos anteriores. A

figura 3.2 apresenta as finalidades de reúso, e as suas participações nos países europeus.

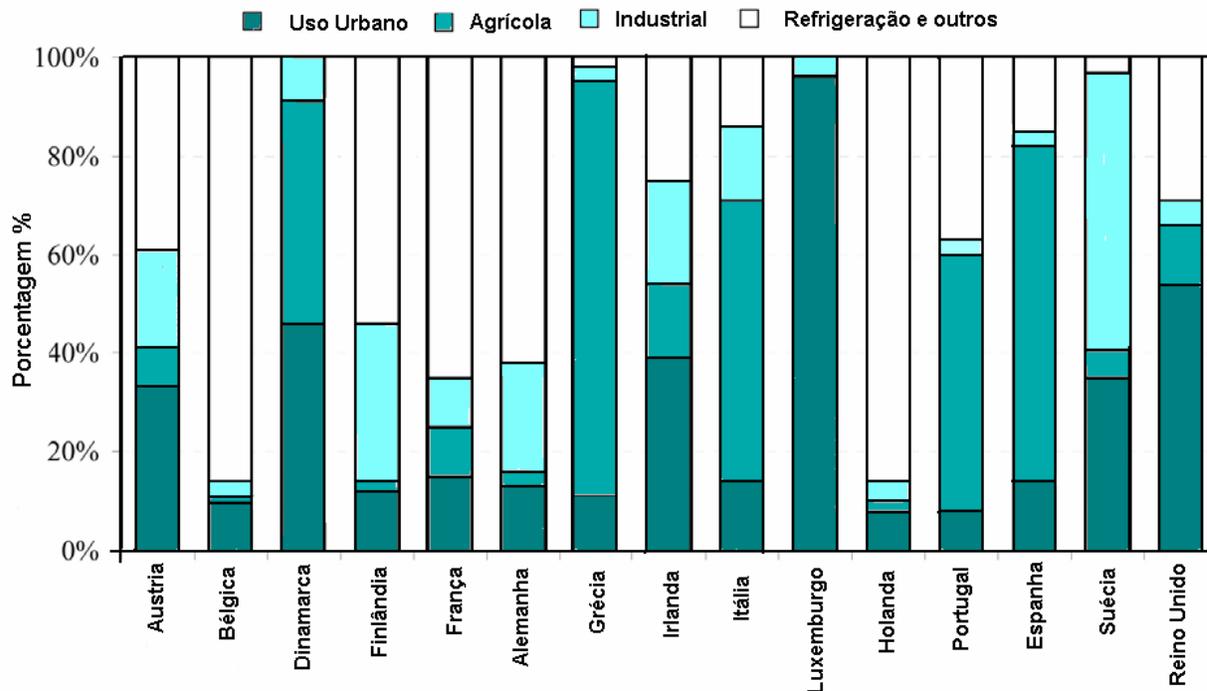


Figura 3.2 - Delimitação dos tipos de reúso na Europa (adaptado Ogoshi et al., 2001).

Hermanowicz, et al. (2001), apresentam um projeto próspero de recuperação e reúso de água na área da baía de São Francisco nos Estados Unidos. O planejamento e especialmente a análise da demanda foram cruciais para o desenvolvimento desse projeto. Durante os dez primeiros meses de operação, de maio/1998 até fevereiro/1999, foi entregue a água recuperada a dez clientes externos, dentre os 61 identificados durante o processo. As projeções de demanda de água inicial incluíram um número razoável de pequenos clientes ($1000 < \text{usuários} < 5000 \text{ m}^3/\text{ano}$ cada). A demanda de água anual dos dez clientes conectados era de $2.63 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$, equivalente a 19% do potencial máximo dos 61 clientes. Os clientes foram classificados em entidades públicas (escolas, parques municipais, edifícios governamentais), residenciais e empreendimentos comerciais (hotéis, supermercados, parques empresariais, campos de golfe, cemitérios). A Figura 3.3 mostra que as entidades públicas e comerciais eram dominantes, dentre todos os potenciais clientes e os atualmente conectados.

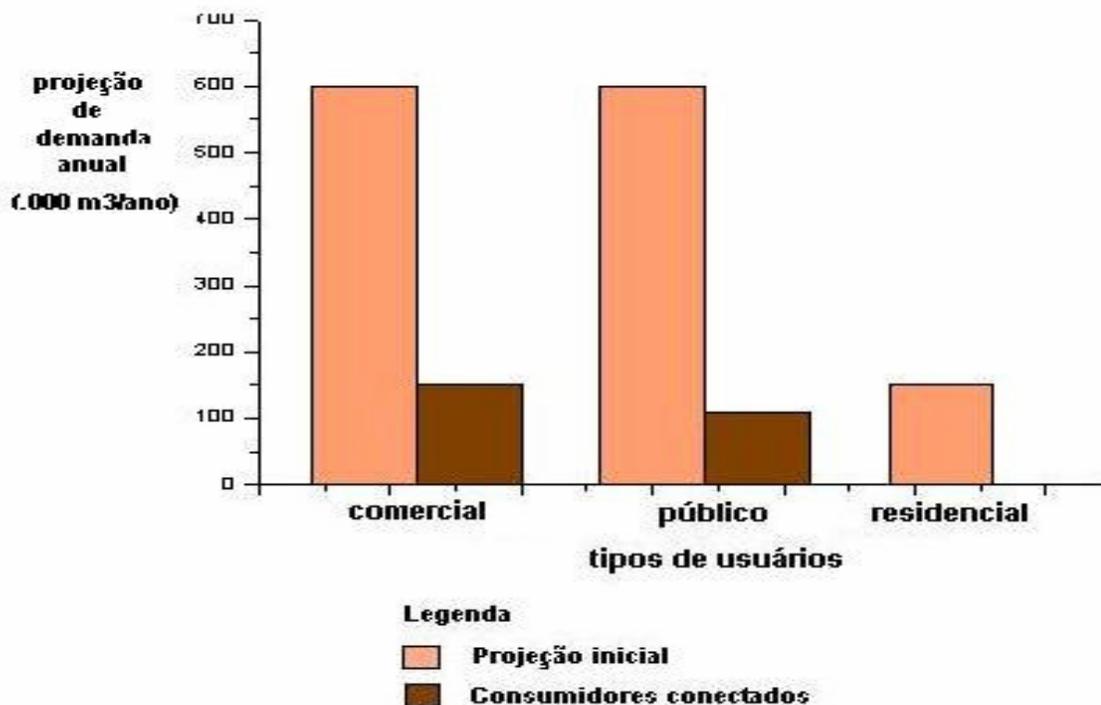


Figura 3.3- Os tipos de clientes para a água recuperada em São Francisco, EUA. (adaptado Hermanowicz, et al., 2001).

Durante a operação, foi difícil desagregar os custos e o consumo de energia, mas tal esforço deve ser feito para a realização de estimativas em diferentes partes do projeto. Mas a renda obtida com os clientes externos deve ser suficiente para cobrir os custos de energia associados ao tratamento e a distribuição de água recuperada para todos os propósitos.

Jordânia, entre outros países, já inclui o reaproveitamento do esgoto como parte do seu orçamento de investimentos em água. Bakir apud Santos e Mancuso (2003), propõe que o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos nos países do MENA só poderá ser alcançado em conjunto com o gerenciamento quantitativo e qualitativo dos esgotos, focalizando-se de maneira holística o escasso volume de água disponível.

Segundo Friedler (2001), Israel usa atualmente mais que 65% da produção de esgoto doméstico tratado do país para a finalidade do reúso, e pretende reaproveitar na próxima década mais que 90%. Nesse país além do uso na agricultura, são realizados projetos para que o efluente tratado seja usado também na recuperação de rios poluídos com baixa vazão.

Diversas cidades do Japão, entre as quais Oita, Aomori e Tokio, estão fazendo uso de esgoto tratado ou de outras águas de baixa qualidade, para fins urbanos não potáveis, proporcionando uma economia significativa dos escassos recursos hídricos localmente disponíveis. Em Fukuoka, uma cidade com aproximadamente 1,2 milhões de habitantes, situada no sudoeste do Japão, diversos setores operam com rede dupla de distribuição de água, uma das quais com esgotos domésticos tratados em nível terciário (lodos ativados, desinfecção com cloro em primeiro estágio, filtração, ozonização, desinfecção com cloro em segunda estágio), para uso em descarga de toaletes em edifícios residenciais. Esse efluente tratado é também utilizado para outros fins, incluindo irrigação de árvores em áreas urbanas, para lavagem de gases, e alguns outros usos industriais, tais como resfriamento e desodorização. (Hespanhol, 2001).

No caso de Tóquio, o sistema mais apropriado para a recuperação de água residuária em cada área, foi avaliado por meio de um modelo de balanço hídrico juntamente com dados geográficos detalhados, obtidos por meio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). O foco desse trabalho foi a parte central da cidade, com uma área total de 612 Km², e uma população de aproximadamente 7,8 milhões. Na Figura 3.4, encontram-se destacado os quatro esquemas avaliados para a recuperação de água residuária (Aramaki *et al*, 2001).

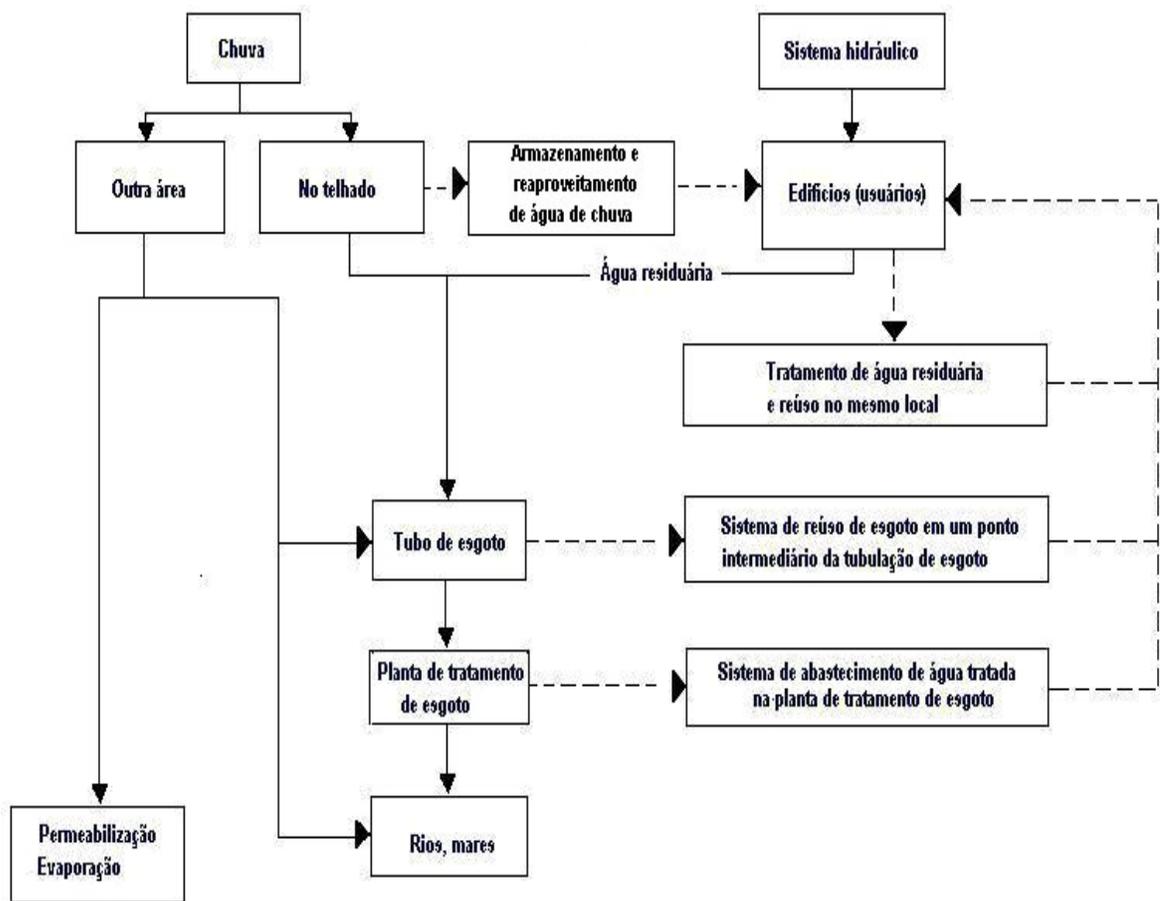


Figura 3.4 – Projetos de sistemas de reúso de água residuária (adaptado de Aramaki *et al*, 2001).

Os custos de cada possibilidade de sistema em cada área foram o aspecto limitante na escolha. Quando os custos das opções estudadas superavam os gastos com os sistemas já existentes, as opções eram descartadas. Analisando de uma forma geral os resultados obtidos nesse estudo, pode-se observar que no caso dos sistemas instalados em edifícios comerciais, as participações do reúso de água residuária foram de 320.000 m³/d, substituindo 7% do abastecimento convencional. Desse volume de água residuária, metade seria fornecido pelo sistema de “reaproveitamento de água de chuva com seu armazenamento” e um terço pelo “sistema de tratamento de água residuária e reúso local”. No caso em que foram considerados os edifícios residenciais, o volume fornecido por estes sistemas foi de 693.000 m³/d, substituindo 15% do

abastecimento de água convencional. Esta porcentagem é consideravelmente alta, e os autores acreditam que um sistema de reúso de água residuária adequado mostrou-se importante em Tóquio.

A Índia, um dos países mais populosos do mundo, também é um dos que sofrem com a falta de água. O reúso utilizado em grandes edifícios comerciais, em torno de 25 andares em Bombay, tem por objetivo complementar o sistema de ar condicionado dos mesmos. O esgoto bruto que vem dos apartamentos é conduzido ao processo de tratamento, constituído dos seguintes passos: gradeamento, aeração prolongada, decantação, filtro de areia e cloração. Os efluentes tratados, livres de cheiro, são bombeados para o reservatório superior do prédio, de onde é distribuído para o sistema de ar condicionado (Leite, 2003).

A segunda maior área de Chipre, com aproximadamente 200.000 habitantes, possui o sistema de reúso de água residuária de Limassol, que está em operação desde 1995. Esse projeto tem demonstrado na prática que a água residuária doméstica é um recurso valioso que pode ser usado não somente para o combate à escassez de água, como também para melhorar e manter o ambiente que constantemente sofre pressões e violações. Papaiacovou (2001), afirma que a demanda de água não será satisfeita apenas com a água residuária tratada. Assim, se ocorrer uma combinação de água fresca natural, efluente tratado e água desalinizada, será possível um custo substancialmente reduzido no uso dos recursos naturais, comparados com custo médio da água na economia nacional.

Já em Creta, o consumo de água é menor que 7% da precipitação anual. Porém, em muitos casos há um desequilíbrio severo de água devido à distribuição regional e temporal da precipitação. Esta situação piora durante os meses de verão quando ocorre um aumento na demanda, devido à agricultura irrigada e ao turismo na região. Outro fator importante é que grande parte da precipitação anual ocorre nas áreas montanhosas ocidentais e, transportar essa água para o resto da ilha torna-se difícil devido a limitações técnicas e econômicas. Baseado nisso, elaborou-se um plano

alternativo para a administração do recurso água integrada com as instalações municipais de tratamento de efluentes (ETE). Este estudo revelou que um gerenciamento adequado do reúso de efluentes das ETE existentes em Creta definiria uma economia de 5.1% de água potável. De acordo com os autores, essa porcentagem pode aumentar substancialmente com o aumento de instalações de tratamento de efluentes em funcionamento (Tsagarakis *et al*, 2004).

A região árabe¹, constituída por 22 países ocupando uma área total de aproximadamente 14,2 milhões de Km², possui 5% da população mundial. No entanto, encontra-se localizada em regiões áridas e semi-áridas, com menos de 1% dos recursos de água renováveis do mundo. As terras agrícolas irrigadas no mundo árabe utilizam, em média, 70% do total da água disponível, e 30% das terras cultivadas dependem das águas da chuva. Outro fator importante, demonstrado na figura, é o aumento das áreas não irrigadas, entre 1990 e 1998 (Figura 3.5).

Considerando o perfil demonstrado, o reúso de água residuária torna-se uma fonte importante, no entanto, apenas 50% de áreas urbanas na região árabe possuem sistema de coleta de águas residuárias adequados. Mesmo assim, os autores acreditam que o interesse no reúso de água está aumentando na região árabe devido a seguintes razões:

- ✓ O interesse crescente em tratamento da água residuária para proteger o ambiente;
- ✓ A escassez de recursos de água convencionais na região;
- ✓ O custo decrescente de tratamento de águas residuárias em comparação com o custo de demais alternativas (por exemplo, a dessalinização).

¹ Nesse artigo a região árabe refere-se aos seguintes países: Jordânia, Síria, Líbano, Cisjordânia e Faixa de Gaza (Palestina), Iraque, Mauritânia, Marrocos, Argélia, Tunísia, Líbia, Arábia Saudita, Kuwait, Bahrain, Qatar, Emirados Árabes Unidos, Oman, Yemen, Egito, Sudão, Somália e Djibouti.

Tais fatores são considerados na análise de custo/benefício enfatizando a viabilidade econômica do reúso de água (Hamoda, 2004).

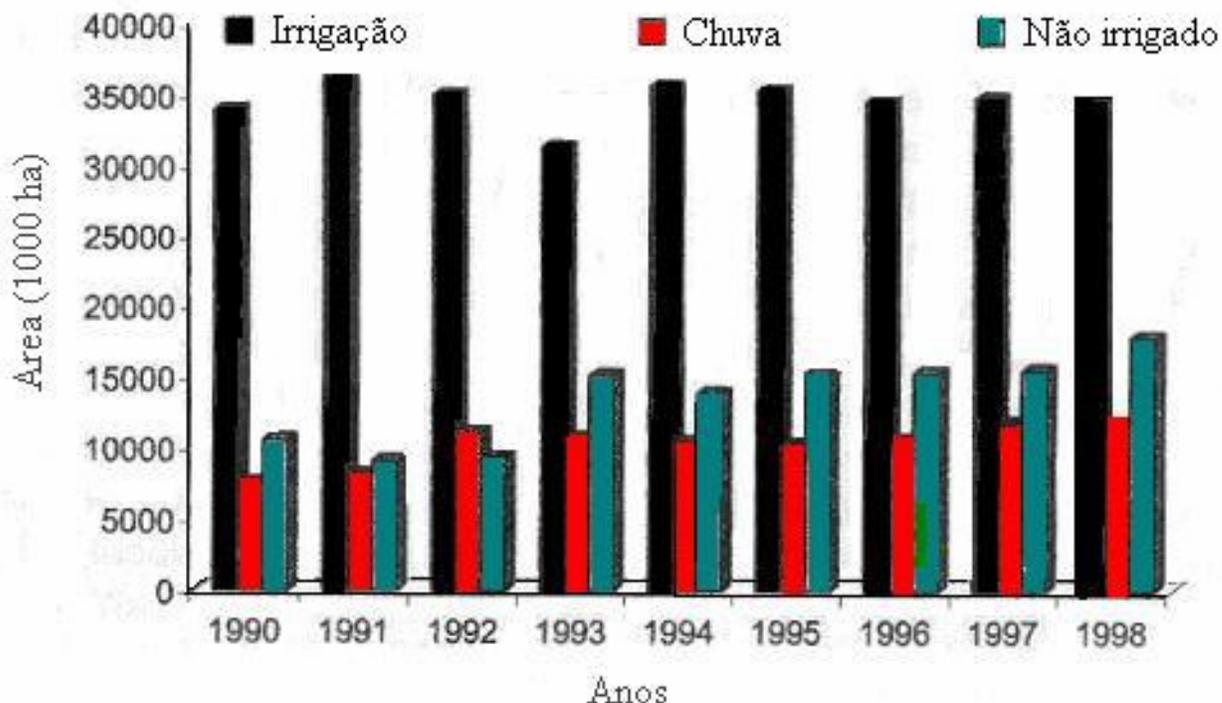


Figura 3.5 – As condições das terras cultivadas na região árabe, durante o período de 1990-1998. (Adaptado de Hamoda, 2004).

O Egito já consome a totalidade dos seus recursos hídricos. A agricultura é o maior usuário de água, em torno de 87%, já a indústria e os usos domésticos consomem aproximadamente 7% e 6%, respectivamente. Devido a essa situação, existe um grande interesse no processo de dessalinização e o reaproveitamento das águas de drenagem para diferentes propósitos. Ahmed (2002) apresenta um Sistema Desenvolvido de Apoio a Decisão, no qual analisou a reutilização de água de drenagem agrícola para várias aplicações. A partir das características iniciais da água de drenagem, esse sistema, seria capaz de definir um esquema de tratamento, indicando as estimativas de custos correspondentes para a sua utilização em propósitos específicos. Além dos aspectos econômicos, são considerados os aspectos técnicos e ambientais. A figura 3.6 apresenta as principais etapas desse sistema (Ahmed *et al*, 2002).

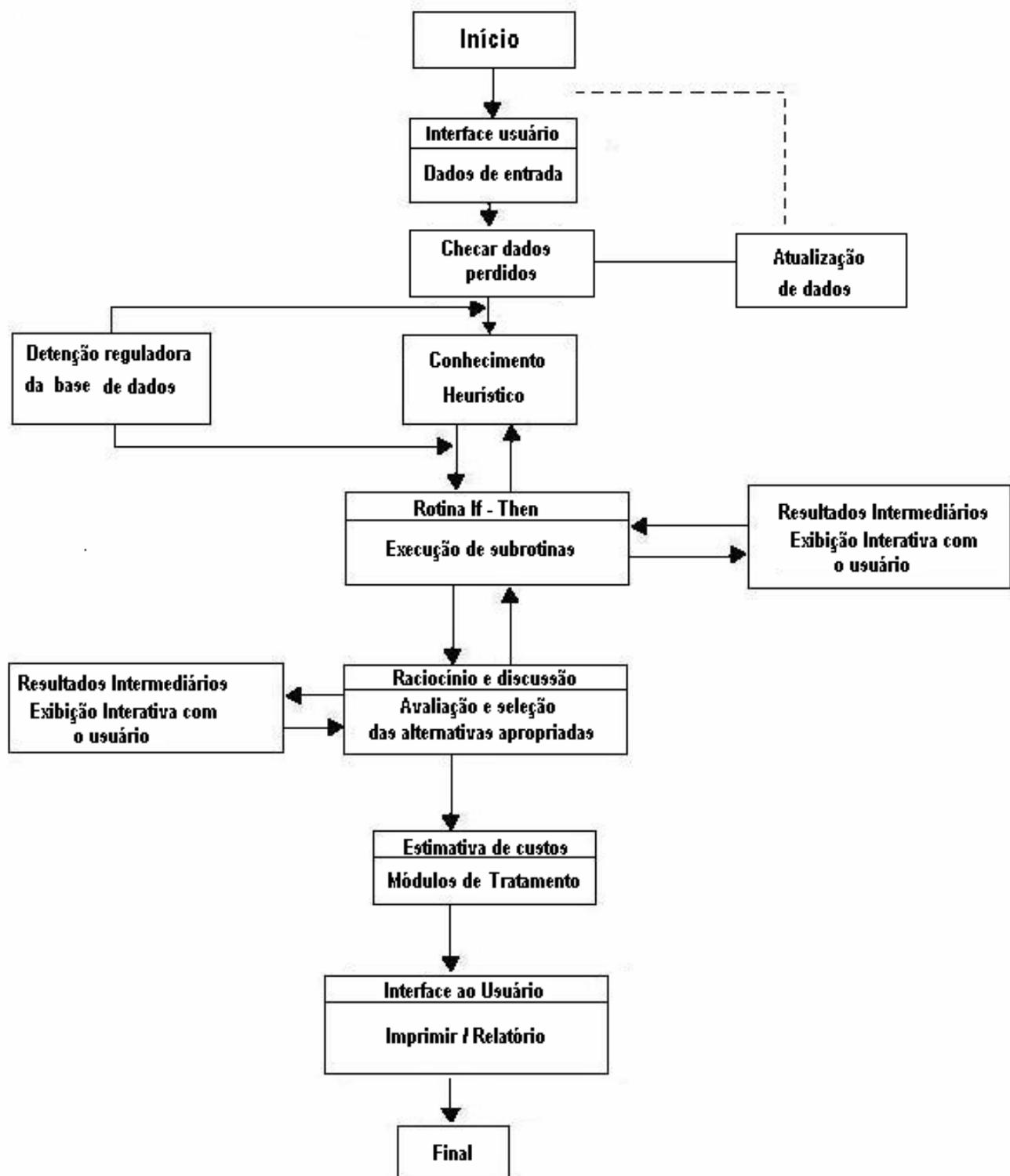


Figura 3.6 – Síntese de suporte à decisão para a reutilização de água de drenagem agrícola. (adaptado de Ahmed *et al*, 2002).

Para avaliar a eficiência desse Sistema de Suporte a Decisão, foram especificados dois estudos de caso independentes, de acordo com as características da água de drenagem agrícola. No estudo de caso 1, onde a DBO e os sólidos dissolvidos eram relativamente baixos, a seqüência de tratamento adotada foi a seguinte: remoção de areia, equalização, tratamento químico, filtro biológico, decantação secundária, cloração, filtração em areia, adsorção em carvão ativado, eletrodialise, osmose reversa. De acordo com esse estudo, a unidade de osmose reversa foi adicionada para tratar a “salmoura” do estágio anterior, com o intuito de reduzir o custo de tratamento de 1 m³ de U\$0,64 para U\$0,52 e uma água com ótima qualidade. No estudo de caso 2, devido a DBO mais alta, a seqüência foi a seguinte: remoção de areia, equalização, tratamento químico, lodos ativados, cloração, filtração areia, adsorção em carvão ativado, osmose reversa, osmose reversa secundária. Também, devido ao conteúdo de sólidos dissolvidos relativamente mais alto, a osmose reversa foi o esquema de dessalinização selecionado. O custo de tratamento para obter uma água de boa qualidade foi de, aproximadamente, U\$0,64/m³. De acordo com os resultados desse trabalho, os autores identificam esse sistema como uma importante ferramenta de suporte a tomada de decisão para planejamento integrado (Ahmed *et al*, 2002).

Considerando as várias modalidades de reúso, o potável direto é considerado uma modalidade muito arriscada, por causa dos riscos sanitários. Apesar disso existe o caso de Windhoek (Namíbia) em que, desde de 1968, foram conduzidas pesquisas extensivas em reúso potável direto. De acordo com a literatura, esse é primeiro caso divulgado tecnicamente, onde as águas recuperadas foram utilizadas com êxito para o abastecimento de água potável desse município (Felizatto, 2001).

Outro país que demonstrou essa alternativa como sendo válida foi o Canadá. O interesse pelo reúso surgiu pelo menos há 25 anos, quando a Canadá Mortgage e Housing Corporation (CMHC) patrocinaram um dos primeiros e mais amplos projetos canadenses neste assunto (Canviro Consultants Ltda and MacLaren Engineers Inc. 1984) Durante esse projeto, concluíram que o reúso era tecnologicamente possível

para praticamente todos os propósitos, inclusive para o abastecimento de água potável. (Exall *et al*, 2004).

Os casos relatados internacionalmente demonstraram o grande potencial do reúso tanto para países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. Constatou-se que existe tecnologia para adequar a qualidade da água às várias finalidades de reúso, sendo que o custo pode tornar-se relativamente acessível dependendo das condições locais. Em algumas situações, mesmo a um custo ainda alto, o reúso foi a solução para o atendimento à demanda, potável ou não potável.

A seguir serão descritas técnicas e ferramentas aplicadas no planejamento e gerenciamento de projetos de engenharia, bem como de outras áreas, e que serão utilizadas no presente trabalho.

3.2 Análise Multicritério

Em qualquer projeto de engenharia não é mais permitida análise simplista, considerando apenas a minimização do custo. A conscientização sobre a fragilidade dos recursos naturais, exige uma postura mais responsável em qualquer situação, englobando além dos custos, aspectos ambientais, sociais, técnicos, entre outros.

Observa-se, que a realidade é por si própria multidimensional e a sua percepção pluridisciplinar. A análise de decisão de um único objetivo e a sua otimização, sujeita a um conjunto de restrições, não passa de um caso particular entre as situações comuns em que estão presentes os múltiplos objetivos ou critérios de decisão (Zuffo, 1998).

De acordo com Bana e Costa (1995), a tomada de decisão pode ser definida de forma simples como um esforço para resolver o dilema dos objetivos conflituosos, cuja presença impede a existência da “solução ótima” e conduz à procura da “solução de melhor compromisso”. Daí, a grande importância dos métodos multicritérios ou multiobjetivos como instrumentos de apoio à tomada de decisões. Desta forma, pode-se

auxiliar o decisor a determinar as vantagens e desvantagens comparativas e, selecionar a solução mais satisfatória.

As técnicas multicritério fazem parte da classe de métodos/técnicas, de diferentes inspirações científicas, que têm como objetivo propiciar a seleção de uma ou várias soluções para um problema apresentado ou promover uma classificação entre um rol de alternativas. No âmbito de um processo decisório dito "racional", Pearce e Markandya (1989) identificam seis grandes "famílias" para essa classe de métodos/técnicas: a análise custo/benefício, a análise custo/efetividade, a análise risco/benefício, a análise decisória, o estudo de impacto ambiental e a análise multicritério (Netto et al, 2000).

Existem duas escolas básicas de análise multicritério, a europeia e a americana. A primeira adota o modelo construtivista, que durante o processo decisório, constrói um modelo mais ou menos formalizado que permite a evolução do processo de apoio à decisão em concordância com os objetivos e os sistemas de valores dos atores (Venturine, 2003). Já no caso da americana, são consideradas técnicas objetivas, na qual se define um ideal baseado em hipóteses normativas, o qual por meio de prescrições, almeja a maior aproximação possível desse ideal (Alves, 2003).

Existem muitos métodos de análise multicritério, além de encontrá-los na literatura classificados de várias formas. A classificação adotada neste trabalho será a de Pardalos et al (1995), citada nos trabalhos de Zuffo (1998) e Alves (2003), que definem os métodos em quatro classes.

Classe I – Métodos baseados na programação matemática multiobjetivo.

Pertencem a essa classe os métodos interativos e os métodos baseados na distância, que na impossibilidade de atingir a solução ótima (conhecida como a solução de melhor compromisso) procuram a solução mais próxima do ideal. Nessa classe

pode-se incluir o CGT (Cooperative Game Theory) e o CP (Compromise Programming) por usar o conceito de distância métrica entre os dois pontos.

Classe II – Métodos baseados na teoria da utilidade multiatributo (MAUT).

São métodos que consistem em modelar as preferências do decisor em função de valor. Podem representar as certezas como as incertezas do decisor, por meio de uma função de utilidade, em que é assumida a validade do modelo de atividade aditiva. Alguns exemplos dessa classe: MAUT, AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e *Expert Choice*.

Classe III - Métodos baseados nas relações hierárquicas.

Refere-se a métodos que não incluem em sua estrutura de construção as preferências do tomador de decisão, definidos por meio de uma função. Os métodos que ilustram essa classe são a Família Electre (*Elimination et Coix Traduisant la Réalité*) e o Promethee.

Classe IV – Métodos baseados na preferência de desagregação.

São métodos baseados na análise da desagregação, freqüentemente utilizados para a modelação das preferências do decisor, que pode ser um indivíduo ou um grupo, utilizando-se da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT). Difere da família dos métodos MAUT porque seus parâmetros são indiretamente estimados e também porque o problema principal passou a ser a estimação de uma função utilidade aditiva. Para exemplificar, o UTA (Utility Additive) e o Método de Ishikawa, fazem parte dessa classe.

Baseado no vasto material encontrado na literatura, em relação ao grande número de métodos existentes e às várias classificações, pode-se afirmar que a

seleção do método depende do problema particular considerado, das preferências do tomador de decisão e de muitos outros fatores (Francisco, 2006).

A análise multicritério é caracterizada por um conjunto de opções explicitamente definidas através das suas valorações, segundo os vários critérios. O resultado da fase de análise dessas opções concretiza-se em uma “matriz multicritério de avaliação” ou “Payoff” (Fig. 3.7), que pode ser explicitada, como visto em Bana e Costa (1988), apud Alves (2003), da seguinte forma:

Sejam definidos: O conjunto das opções:

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad (3.2.1)$$

O conjunto dos critérios de avaliação:

$$F = \{c_1, c_2, \dots, c_n\} \quad (3.2.2)$$

e, o valor da opção a_i , segundo o critério c_j :

$$c_j(a_i) \quad (3.2.3)$$

Considerando-se que $c_j(a_k) > c_j(a_h)$, então a_k é melhor que a_h segundo o critério c_j , sendo a_k e a_h duas quaisquer opções de A .

Figura 3.7 : Demonstração de uma Matriz de avaliação (*Payoff*).

	c ₁	...	c _j	...	c _m
a ₁	c ₁ (a ₁)	...	c _j (a ₁)	...	c _m (a ₁)
.	.		.		.
.	.		.		.
.	.		.		.
a _i	c ₁ (a _i)	...	c _j (a _i)	...	c _m (a _i)
.	.		.		.
.	.		.		.
.	.		.		.
a _n	c ₁ (a _n)	...	c _j (a _n)	...	c _m (a _n)

Fonte: BANA e COSTA ,1995

3.2.1 Método Compromise Programming – CP.

Segundo ZUFFO (1998), o método Programação de Compromisso (CP) procura minimizar a distância de todos os pontos possíveis de ocorrer em relação a um determinado ponto selecionado pelo decisor, caracterizado como “ponto ideal”. A demonstração matemática desse problema é apresentada a seguir:

Uma solução ideal é definida pela maximização da função f_i , onde todos os seus valores são máximos e é chamado de “vetor ideal”. A distância é medida pela família métrica l_s , definida pela equação abaixo:

$$l_s(x) = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i^s \left| \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_{i,w}} \right|^s \right)^{1/s}$$

3.1

onde:

α_i - são os pesos atribuídos;

$f_{i,w}$ - é o pior valor obtido para o critério i ;

$f_i(x)$ - resultado da implementação da decisão x com respeito ao critério i ;

f_i^* - é o melhor valor obtido para o critério i ;

S - trata-se de uma proporcionalidade aplicada aos desvios, sendo $1 \leq S \leq \infty$.

$I_s(x)$ - é a distância entre a solução obtida com o cenário x e a solução ideal.

3.2.2. Método Cooperative Game Theory - CGT.

No método Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT), a solução ideal é aquela que maximiza a distância de um determinado ponto de nível mínimo, onde a medida de distância utilizada é a geométrica (GERSHON & DUCKSTEIN, 1983, apud ZUFFO et al., 2002). A função da distância utilizada é dada por:

$$I_s(X) = \prod_{i=1}^n |f_i(X) - f_i^*|^{\alpha_i}$$

3.2

onde:

α_i - pesos atribuídos a cada um dos parâmetros;

f_i^* - é o pior valor obtido para o parâmetro i ;

$f_{i(x)}$ - é o valor do parâmetro i na posição x .

$I_s(x)$ = distância entre a solução obtida com o cenário x e a solução ideal.

3.2.3 Aplicações das Técnicas Multicritério

As técnicas de avaliação multicritério podem auxiliar na inclusão de inúmeros aspectos nos processos de tomada de decisão na obtenção da solução de melhor compromisso. Além dessa flexibilidade, pode ser aplicada em projetos e pesquisas de várias áreas. A seguir, apresentam-se alguns exemplos de aplicação dessas técnicas.

Gonçalves *et al* (2003), combinaram a pesquisa operacional e a análise multicritério como instrumento de decisão para os participantes do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Curu do estado do Ceará. De acordo com os autores, vários fatores

tornam esse processo decisório complexo, como o atendimento ao uso múltiplo das águas, a subjetividade de alguns agentes envolvidos, as incertezas dos eventos hidrológicos, dos processos econômicos, sociais e ambientais, como também a consideração de aspectos de difícil mensuração, como o bem estar social, a preservação do ambiente, as questões culturais e estéticas, e a consideração dos aspectos econômicos. Foi desenvolvido, então, um sistema de apoio à decisão que engloba duas técnicas multicritérios (Electre I e a Programação de Compromisso – CP) que foram aplicados e comparados em um estudo de caso, para suporte à decisão ao Comitê da Bacia do Curu. O objetivo dessa aplicação foi o desenvolvimento sustentável, e o atendimento às necessidades múltiplas do uso das águas.

Alves (2003), propõe uma nova estratégia metodológica de planejamento de recursos hídricos, podendo auxiliar assim a resolução de problemas de tomada de decisão, relativos a localização e a definição de tecnologia para Estações de Tratamento de Esgoto. Na etapa inicial deste estudo identificou-se, por meio de um Sistema de Informações Geográficas, os sítios potenciais para a implantação de uma ETE na área de estudo delimitada pelo município de Paulínia. Os Métodos de Auxílio Multicritério à Decisão (MCDA) aplicados nesse trabalho (CP, CGT e o Promethee) apresentaram um caráter científico e, ao mesmo tempo, subjetivo e amplo, trazendo em seu bojo a capacidade de incorporar todas as características consideradas importante para a abordagem sistematizada de problemas de planejamento como, por exemplo, custos de implantação e operação, confiabilidade e simplicidade do sistema além da avaliação de problemas ambientais (ruídos, aerossóis e maus odores).

Venturine (2003) desenvolveu uma metodologia de análise multicriterial para uso na etapa de planejamento da reabilitação de sistemas de abastecimento de água. Durante algumas visitas realizadas pela autora a empresas de saneamento, constatou-se que os sistemas apresentavam progressiva deterioração físico-operacional. Considerando esse fato, as empresas ofereciam serviços de baixa qualidade além da necessidade de investimentos cada vez maiores para a reabilitação dos sistemas de abastecimento. A metodologia adotada nesse estudo utilizava um modelo de simulação

hidráulica (SPERTS) e métodos multicriteriais (Método de Programação de compromisso – CP, Electre II, VIP e o AHP), no estudo e hierarquização de alternativas técnicas. A metodologia mostrou-se apropriada na resolução do problema de planejamento da reabilitação de sistemas de abastecimento de água, garantindo consistência no processo de decisão dentre as opções de reabilitação.

Francisco (2006) realizou um trabalho que aplicou dois métodos multicriteriais para a seleção de uma sub-bacia hidrográfica para estudo de recuperação ambiental em APP (Área de Preservação Permanente), dentro da bacia do ribeirão das Anhumas, e para a identificação de APPs prioritárias para recuperação na sub-bacia selecionada. A bacia Anhumas foi dividida em sete sub-bacias para selecionar a bacia-piloto para o planejamento e priorização para recuperação. Durante a realização desse estudo, foram utilizados os métodos: Programação de Compromisso (CP) e o Cooperative Gamem Theory (CGT). Na segunda etapa, além do dois métodos, foi usada outra ferramenta, o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que fez com que essa análise fosse espacializada. A metodologia usada para inserção dos métodos multicriteriais em SIG mostrou a viabilidade de sua espacialização. Para o caso estudado, boa disponibilidade de recursos para implementar uma recuperação mais rápida e/ou necessidade de recuperação emergencial apontou para o uso do CP na análise. Por outro lado, para uma recuperação efetuada de forma gradual, quando não há problemas emergenciais de ordem ambiental na bacia ou quando há disponibilidade mais lenta de recursos pode indicar o método CGT como mais adequado.

3.3 Sistema de informações Geográficas – SIG.

Devido a sua ampla gama de aplicações, há diferentes formas de caracterizar os SIG's. Cada tipo de definição prioriza um aspecto distinto. O enfoque de banco de dados define SIG como um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) não convencional, geográfico, que garante o gerenciamento de dados geográficos. A abordagem "toolbox" considera SIG como sendo um conjunto de ferramentas e

algoritmos para manipulação de dados geográficos, tal como a produção de mapas (Fig. 3.8) (Cowen, 1990 apud Câmara, 1995).

O aspecto mais fundamental dos dados tratados em um SIG é a natureza dual da informação: um dado espacial ou dado geográfico possui uma localização expressa como coordenadas de um mapa e atributos descritivos representados num banco de dados convencional (Câmara Neto apud HARA, 1997). Pode assim representar as relações entre os diversos dados.

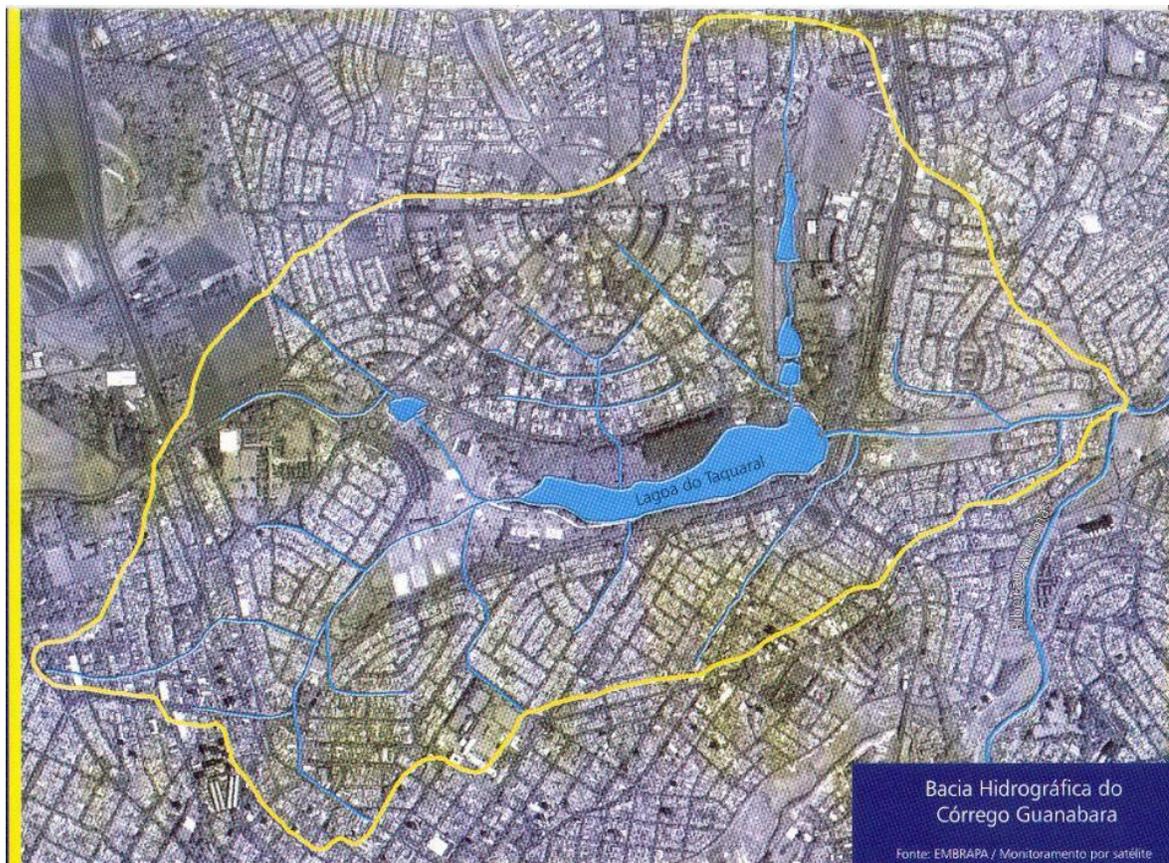


Figura 3.8 – Detalhamento da Bacia do Córrego Guanabara (Monitoramento por satélite). Fonte: SANASA, 2003b.

Segundo Goodchild apud Hara (1997), as aplicações de geoprocessamento lidam com dois grandes tipos de dados espaciais:

_ geo-campos: são variações espaciais contínuas. São usadas para grandezas distribuídas espacialmente, tais como tipo de solo, topografia e teor de minerais. Corresponderem, na prática, a dados temáticos, imagens e modelos numéricos de terreno; e

_ objetos geográficos (ou geo-objetos): são individualizáveis e têm identificação. Este tipo de dado tem atributos não espaciais, armazenados em um banco de dados convencional, e pode estar associado a várias representações gráficas. Alguns exemplos são: escolas, municípios e fazendas.

Os instrumentos computacionais do geoprocessamento, chamados de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Devido à sua ampla gama de aplicações, onde estão incluídos temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG (Assad, 1998):

- ✓ Como ferramenta para produção de mapas;
- ✓ Como suporte para análise espacial de fenômenos; ou
- ✓ Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial;

Segundo Silva (2000) os SIG vêm sendo muito utilizados em trabalhos de monitoramento ambiental, e em diversas áreas como no planejamento urbano e regional, no estudo de recursos terrestres, no controle de transportes, etc.

Considerando os recursos dessa ferramenta, Shandas et al (2003), propõem uma metodologia que utiliza um Sistema de Informação Geográfico (SIG) juntamente

com dados empíricos para analisar padrões de consumo de água com o objetivo de priorizar áreas de conservação de água dentro da Cidade de Seattle, Washington. Embora o método proposto tenha sido aplicado para uma cidade, Seattle, é prevista a sua aplicação para qualquer cidade.

Santos (2003) avaliou em uma área de vocação agrícola os sucessivos cenários nos últimos 40 anos, tendo como objetivo analisar os problemas ambientais decorrentes das transformações induzidas pela criação de grandes lagos. A identificação, quantificação e análise de mudanças de uso da terra na região de estudo foram baseadas na interpretação de uma seqüência de imagens Landsat, referentes aos municípios de Ilha Solteira, Itapura, Pereira Barreto, Andradina e Castilho. Para cada imagem foi gerado um mapa de uso e ocupação das terras. Sobre os mapas foram efetuadas operações algébricas em um ambiente SIG, identificando, localizando e quantificando as áreas de mudança. Por meio desse trabalho, verificou-se que a construção das usinas hidrelétricas inseriu a região em profundas transformações, principalmente pela migração da mão de obra do campo para a construção civil e impactos da obra sobre a paisagem local. Outros fatores somados como a perda de fertilidade do solo, carência de mercado consumidor e redução da disponibilidade de terras para arrendamento criaram um cenário atual que retrata o declínio da agricultura na região.

O SIG também contribui de forma eficaz no planejamento e gerenciamento das instalações e infra-estruturas relacionadas à questão da água. Erba *et al* (2004), desenvolveram um trabalho na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), localizada em São Leopoldo – RS, para estimar o uso descentralizado do consumo de água, definindo os gastos por atividade, utilizando ferramentas SIG, com o intuito de evitar as medições pontuais. Na Universidade, foram identificadas as seguintes atividades: manutenção; irrigação de jardins; lavagem de ruas e calçadas; sanitários; bares, dentre outros. Com o cruzamento de dados (quantidade de usuários com vínculo físico, distribuição de pessoas por sala, o seu tempo de permanência, índice especificado por utilização para sanitários, etc) permitiu avaliar, por exemplo, quais a

salas que estão subutilizadas e em que turno isso ocorre; os sanitários que são mais usados, e assim necessitam de manutenções periódicas mais freqüentes; ou, no caso da ocorrência de interdição de algum sanitário por motivo técnico, quais as ações devem ser tomadas para atender a nova distribuição de demanda.

As muitas vantagens do uso do SIG podem ser relacionadas à ampliação da capacidade da organização de dados do meio interno e externo de qualquer localidade, para qualquer tipo de atividade como: ambiental, urbano, área de transporte, redes de concessionárias e também em projetos de reúso de água.

Baseado no material descrito nesse capítulo, sobre casos que relatam a inexistência e o uso inadequado dos recursos naturais, verifica-se a necessidade cada vez maior do uso de alternativas para reverter esse quadro.

Considerando uma abordagem mais responsável é necessário evitar desperdícios e priorizar o uso da água potável para o consumo humano, reutilizando águas menos restritivas para finalidades menos nobres.

Para que o reúso se torne realidade, constatou-se que existem tecnologias tanto para a adequação das águas para as várias finalidades de reúso, como técnicas apropriadas para o planejamento e gerenciamento de qualquer projeto.

Entretanto, faz-se necessário um maior número de pesquisas sobre o tema, com o intuito de futuramente existir a cultura de reúso implantada em nível local e nacional, fundamentada em normas que resguardem as características regionais, respeitando as possibilidades e limitações para a aplicação do reúso.

4. METODOLOGIA

Com o intuito de verificar os potenciais usuários do reúso de água para fins industriais, em torno da estação de tratamento de esgoto (ETE) Piçarrão - considerando-se como área de estudo, a bacia de esgotamento da mesma – foi usada uma metodologia discriminada em etapas e fundamentada no uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) integrado à aplicação dos Métodos Multicriteriais: Compromise Programming (CP) e Cooperative Game Theory (CGT).

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Campinas localiza-se na porção centro-leste do Estado e, dista aproximadamente 100km da capital paulista, com área de 796 km², entre os meridianos 47°15'W e 46°45'W de longitude oeste e os paralelos 22°43'S e 23°05' de latitude sul (Serra, 2002).

Campinas está inserida na Região Metropolitana de Campinas (RMC) composta também pelos municípios: Americana, Arthur Nogueira, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio de Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), o Produto Interno Bruto (PIB) da RMC é de US\$ 46,2 bilhões, montante que equivale a uma renda per capita de US\$ 10,7 mil ao ano. No Brasil, essa renda gira na casa dos US\$ 3,5 mil (Semeghini, 2006).

Baseado nos dados do Censo de 2000, o município de Campinas abriga uma população de 969.396 habitantes, com uma taxa de urbanização de 98,33% (Serra, 2002). Nesse município, situa-se o setor de esgotamento do Piçarrão, foco do estudo de reúso para fins industriais. (Figura 4.1).

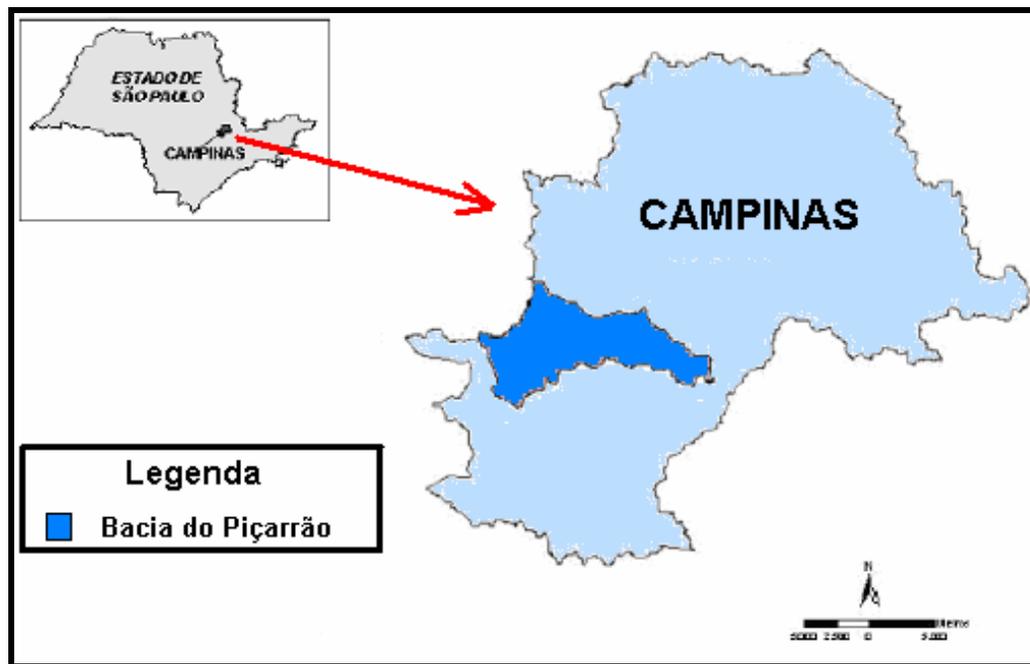


Figura 4.1: Localização da sub-bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão em relação ao município de Campinas (SP-Brasil). (Adaptado Mattos, 2005).

O córrego Piçarrão, que percorre uma das regiões mais urbanizadas de Campinas, é afluente do rio Capivari, um dos principais mananciais usados no abastecimento de água da cidade, que compõe juntamente com as Bacias dos rios Piracicaba e Jundiá a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) nº 5 aprovada para o Estado de São Paulo pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

A sub-bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão possui uma área de 65.342 m² e, sua nascente localiza-se ao leste da cidade e percorre o sentido leste-sudoeste, totalizando uma extensão de aproximadamente 21,7 Km (Figura 4.2).

O Córrego do Piçarrão percorre áreas intensamente urbanizadas com alto grau de ocupação humana e elevado índice de impermeabilização do solo, áreas com grandes vazios, com nenhuma ou rarefeita ocupação e, finalmente, áreas mais densamente ocupadas. Durante o seu percurso, o Córrego do Piçarrão recebe as contribuições de seus tributários, bem como resíduos trazidos pelo escoamento superficial das águas da chuva e lançamentos de efluentes industriais (Serra, 2002).

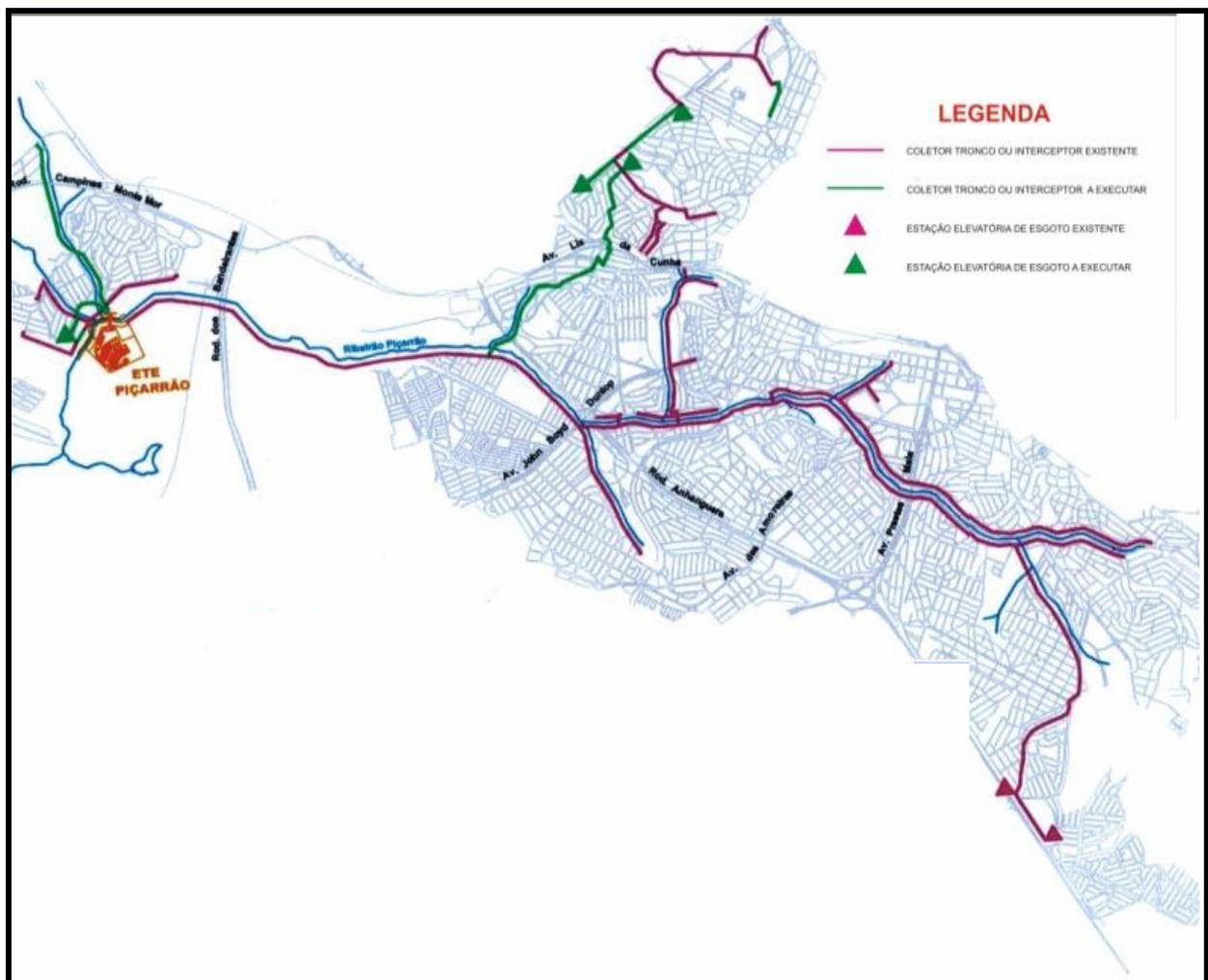


Figura 4.2 – Detalhamento do percurso da sub-bacia do Piçarrão no município de Campinas. (SANASA, 2006).

Na área densamente urbanizada evidenciam-se vários equipamentos urbanos como o Hospital Mário Gatti, o Hospital Infantil Álvaro Ribeiro, praça de esportes, cadeia pública, igrejas, Secretaria da Receita Federal, Apae, Sucen, o Hotel Vila Rica e o Senai.

Em 1948, a inauguração da rodovia Anhanguera, impulsionou o desenvolvimento da cidade, devido à instalação de indústrias ao longo da rodovia e atraiu a chegada de trabalhadores em busca de uma oportunidade. Essa imigração proporcionou a formação de periferias próximas aos possíveis locais de trabalho. Juntamente com essa transformação, estradas municipais foram transformadas em vias radial-arteriais possibilitando a expansão dos loteamentos, seja para fins industriais ou habitacionais (Prefeitura Municipal de Campinas - PMC, 1996 apud Mattos, 2005).

Baseado em uma lista de consumidores tipo industrial do setor de esgotamento do Piçarrão, material disponibilizado pela SANASA, identificaram-se aproximadamente 50 indústrias de pequeno, médio e grande porte. Destacam-se vários ramos de atuação como, por exemplo, construção civil, metalúrgica, siderúrgica, equipamentos óticos, móveis, confecção, marmoraria, frigoríficos, laticínios, doces, fertilizantes, produtos alimentícios, telefonia, dentre outros.

Dentro desse contexto, foi oficialmente inaugurada em março de 2005, a ETE Piçarrão responsável pela despoluição do córrego. Baseado nos dados obtidos durante o ano de 2006, a vazão média recebida (vazões do afluente igual a do efluente) pela estação de tratamento é de 320 L/s. A tabela 4.1 representa esses dados.

Tabela 4.1 - Vazões Médias Mensais da ETE Piçarrão – Ano 2006.

Período	Vazão Média em L/s
Janeiro	312
Fevereiro	324
Março	337
Abril	341
Maiο	322
Junho	311
Julho	310
Agosto	306
Setembro	306
Outubro	313
Novembro	300

Pela tabela 4.2, no ano de 2005 atenderia 202.873 habitantes e estipulava como previsão para o ano 2020, atender 221.130 habitantes (SANASA, 2003a). Considerando a vazão atual da ETE (baseada na média dos valores de janeiro a novembro de 2006 -Tabela 4.1) em torno dos 320l/s, pode-se afirmar que foram atendidos 127.269 habitantes, o que corresponde a 63% do estimado para o ano anterior.

Tabela 4.2 – Previsões de população atendida e vazões da ETE Piçarrão.

Ano	População Atendida (hab)	Vazões (L/s)			
		Média	Máxima Diária	Máxima Horária	Mínima
2005	202.873	459	534	760	271
2010	208.785	487	567	805	286
2020	221.130	556	651	934	319

Fonte: SANASA, 2003a.

O sistema de tratamento adotado na ETE é de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) seguido de Lodos Ativados Convencional. É constituída pelas seguintes unidades:

- ✓ Estação elevatória de esgoto bruto, com duas grades grosseiras mecanizadas;
- ✓ Tratamento preliminar composto por duas grades finas mecanizadas, uma calha Parshal para a medição de vazão do esgoto bruto e duas caixas de areia mecanizadas;
- ✓ 32 reatores (4 módulos de 8 reatores), com sistema de queima de gases e quatro sistemas de controle de odores;
- ✓ Sistema de Lodos Ativados, formado por três tanques de aeração com ar difuso, casa de sopradores para fornecer ar comprimido aos tanques de aeração, três flotadores, quatro elevatórias de recirculação de lodo, casa de saturadores para fornecer a mistura (água e ar), e polímero para os flotadores, e uma elevatória de lodo excedente;
- ✓ Sistema de pós-aeração formado por uma calha Parshal para a medição da vazão do efluente final, seguido de uma escada hidráulica para a aeração do efluente;
- ✓ Casa de desidratação para desidratar o lodo excedente produzido pela ETE, antes de seu envio para a disposição final.

O tratamento preliminar consiste na remoção de sólidos grosseiros e areia, por meio das grades (grosseiras e finas) e em seguida, o esgoto passa por uma calha Parshal destinada à medição de vazão afluente. Depois de verificada a vazão, o esgoto é encaminhado aos reatores RAFA onde a maior parte da matéria orgânica é decomposta por processo anaeróbio (Tempo de Detenção Hidráulica - TDH – dia de

maior consumo igual a 9,4 horas e TDH – hora de maior consumo igual a 6,5 horas.). Em seguida o efluente é direcionado aos tanques de aeração (TDH igual a 6 horas e Idade do lodo igual a 10 dias), com o intuito de decompor por processo aeróbio, a matéria orgânica remanescente. Depois dessa etapa o esgoto tratado segue para os três flotores circulares associados em paralelo. Nessas unidades, ocorre a separação das fases líquida e sólida resultantes do tanque de aeração, por meio da injeção da mistura de água e ar preparada nos saturadores. O lodo flotado é continuamente removido das superfícies por raspadores e dividido para dois destinos diferentes: a maior parcela retorna aos tanques de aeração e a parcela menor, que representa o excesso de massa biológica gerada pela atividade de reprodução dos microorganismos, é descartada para a saída das caixas de areia, onde sofre digestão nos reatores RAFA. Após essa digestão, o lodo excedente é descartado dos RAFA e então encaminhados, por gravidade, para a casa de desidratação (realizada por meio de uma centrífuga, com capacidade de desidratar 14,3 m³/h). A fase líquida é coletada por vertedores situados na periferia da unidade e encaminhada por gravidade para o canal de saída final e pós-aeração. A figura 4.3 apresenta o fluxograma simplificado do processo de tratamento da ETE Piçarrão.

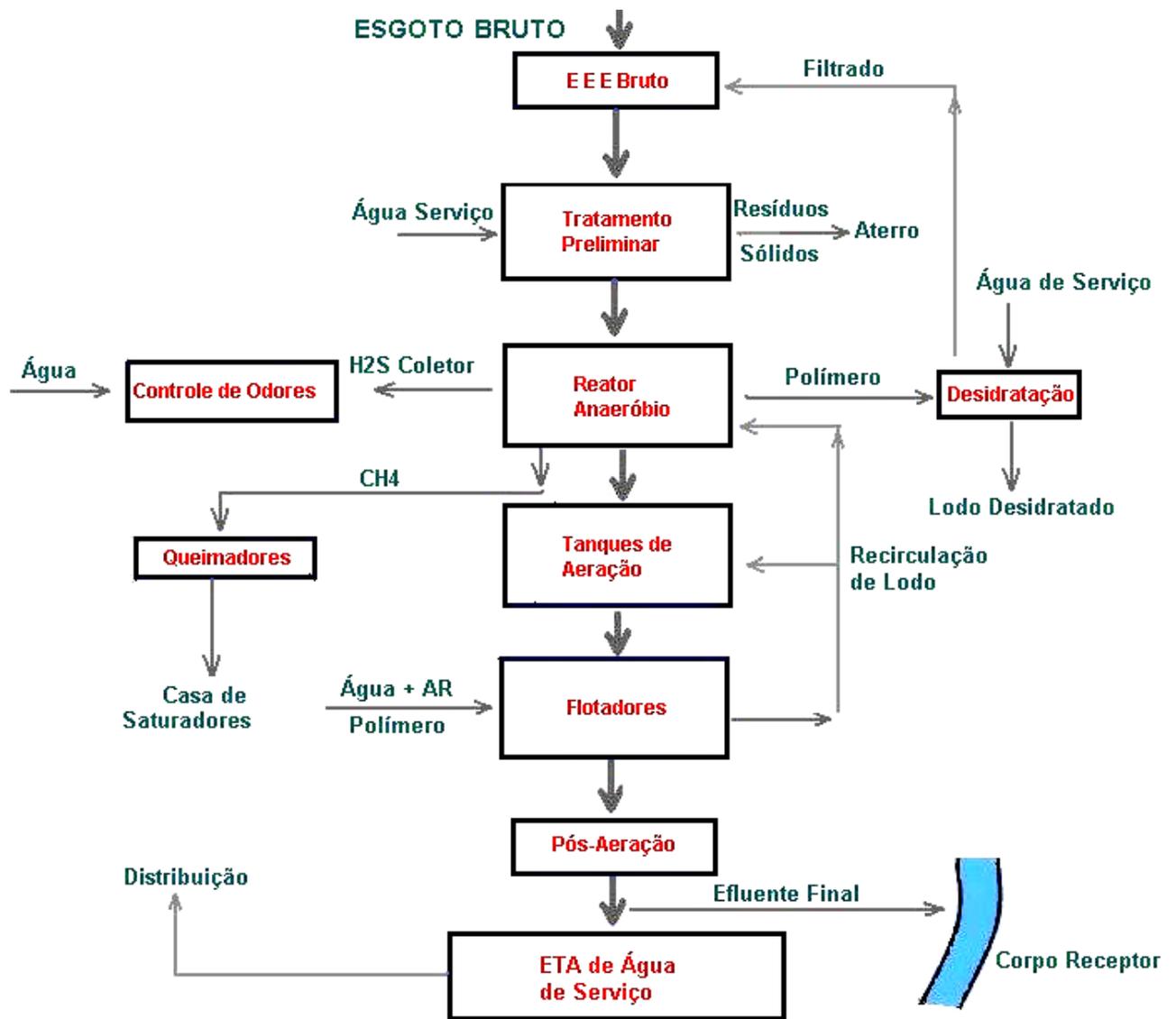


Figura 4.3- Fluxograma do processo de tratamento da ETE Piçarrão.

Fonte: SANASA (2003b).

A ETA de água de serviço, trata-se de uma iniciativa futura da SANASA. Isso é confirmado por meio da atualização da página eletrônica que apresenta a ETE Piçarrão com um novo fluxograma mencionando, após o efluente tratado, um desvio para água de reúso para fins industriais. Durante as visitas realizadas, identificou-se que a água de serviço será usada para as seguintes finalidades: lavagem de pátios e para a casa de saturadores. Na casa de saturadores a água de serviço será misturada com o ar e

usada nos flotores. Portanto inicialmente, nos banheiros, escritórios, a água disponível para o uso será a água potável.

4.2 Levantamento de informações.

Nessa etapa foram armazenadas informações consideradas pertinentes para identificar e caracterizar os potenciais usuários de água de reúso em torno da ETE Piçarrão.

Dentre as atividades desenvolvidas, encontra-se a realização de visitas a ETE, com o intuito de melhor conhecer este potencial fornecedor da água de reúso para os usuários industriais. Durante as visitas, foi feito levantamento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados e controlados pela própria estação de tratamento. Uma listagem foi disponibilizada, mensalmente, baseado em acordo de cooperação entre a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Unicamp e a SANASA.

De acordo com essas características avaliou-se qualitativamente o efluente tratado para cada modalidade de reúso, além do uso industrial. Isso foi necessário porque o padrão usado para o despejo do efluente tratado no corpo receptor é diferente dos critérios para as várias opções industriais de reúso, tendo em vista que ainda não existe a cultura do reúso implantada no planejamento e gerenciamento de qualquer ETE.

Considerando o potencial usuário, foi realizado o levantamento das indústrias no entorno da ETE, de acordo com uma lista de consumidores industriais do setor de esgotamento do Piçarrão. Esse material foi disponibilizado pela SANASA. Dentre todos os consumidores industriais, tendo sido priorizado inicialmente o grande consumidor (têxtil, metalúrgica, química, construção civil, etc.) em que o reúso torna-se uma alternativa interessante. De uma forma geral, as principais aplicações nas indústrias consideradas seriam:

- ✓ Sistemas de resfriamento e caldeiras;
- ✓ Lavagem de peças;
- ✓ Limpeza de banheiros e pátios;
- ✓ Reserva para combate a incêndio;
- ✓ Descargas de sanitários;
- ✓ Linhas de produção.

Para caracterizar a possibilidade de reúso, levantaram-se normas e padrões para verificar a adequação do efluente tratado para os possíveis usos. Como não existe nenhuma norma brasileira que trate sobre o tema, delimitando limites para cada modalidade, foram consideradas as normas internacionais.

4.3 Elaboração e definição dos critérios.

Para que fosse possível verificar a potencialidade de reúso do efluente tratado para fins industriais, de forma subjetiva, foram delimitados 13 critérios com o intuito de englobar os aspectos técnicos, ambientais, econômicos e legais.

Na caracterização dos 13 critérios, foi realizado um levantamento na literatura sobre os diversos critérios usados em vários estudos, considerando os aspectos ambientais, técnicos, econômicos e legais. Como um respaldo a essa caracterização, foram realizadas entrevistas com profissionais e professores da área ambiental e recursos hídricos. Durante as entrevistas questionaram-se quais critérios seriam pertinentes para a aplicação do reúso de uma água proveniente de uma estação de tratamento de esgoto para a modalidade industrial. Depois de cruzar essas informações foram delimitados os 13 critérios e encaminhados a outros profissionais que já tinham utilizado os métodos multicritérios, com o intuito de verificar a sua coerência. Após esse retorno, seguiram-se as outras etapas da pesquisa.

Baseado nesse procedimento, os critérios adotados nessa pesquisa foram os seguintes:

Distância: Refere-se à distância existente entre o fornecedor (Estação de tratamento de esgoto) e o usuário (potencial usuário).

Qualidade do efluente tratado: Atendimento aos padrões físico-químicos e bacteriológicos necessários para determinado uso (por exemplo, irrigação de áreas verdes, lavagem de peças, processos industriais, dentre outros).

Disponibilidade de água de reúso: Refere-se ao fornecimento adequado (oferta da água de reúso) perante as necessidades do usuário (demanda).

Mão de obra especializada: Refere-se aos cuidados necessários (treinamento, equipamentos de segurança, etc...), tanto no manuseio quanto no transporte.

Riscos (Toxicidade): Considera os riscos devido o uso da água de reúso. (Nesse critério pretende-se abordar as possíveis doenças de veiculação hídrica (saúde pública)).

Necessidade de Pós-tratamento: Considera a necessidade de adequação do tratamento já existente na ETE para um determinado uso (finalidade).

Benefícios Ambientais: Baseado em duas relações: padrões normativos para a reutilização e para o despejo do efluente em mananciais pretendem-se avaliar a contribuição para o meio ambiente.

Aceitabilidade: Expressa o grau de sacrifício ou abertura para o uso de uma nova fonte de recurso hídrico não potável para finalidades menos nobres.

Imagem: Preocupação com a projeção política ou de mercado por adotar o reúso de água. Nesse critério será considerada a vantagem existente por adotar o reúso (ferramenta que visa amenizar os impactos ao meio) como marketing ambiental para a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa em questão.

Confiabilidade: Expressa o grau de segurança no tratamento do efluente e conseqüentemente no uso da água de reúso.

Meio de transporte: Considera o grau de importância do transporte na implantação do reúso de água. Nesse critério pretende-se considerar os fatores (custos) envolvidos no meio usado (caminhão pipa ou rede de distribuição).

Custos Ambientais: Refere-se aos gastos referentes ao uso da água potável e o despejo do efluente no meio. Consideram a figura do usuário-pagador diante da necessidade de diminuir o consumo de água potável para fins menos nobres. Quanto maior o uso de efluente menor os gastos com tarifas do usuário-pagador.

Custos com Manutenção e Monitoramento: Refere-se aos custos necessários para a manutenção do sistema de reúso e para o monitoramento da água residuária, garantindo a eficiência do reúso.

4.4 Elaboração dos questionários.

Foi elaborado um modelo de questionário 1 (Anexo A), e encaminhado a pesquisadores que atuam na área, agentes decisores das empresas de saneamento e organizações não governamentais. No corpo desse questionário foram descritos os critérios por meio de uma lista, no qual o entrevistado atribuiu valores (pesos) dentro de um intervalo pré-estabelecido (escala de desempenho), considerando um valor máximo (10) e mínimo (1) de prioridades. Esse questionário foi aplicado aos entrevistados perante uma identificação adequada, com informações referentes ao trabalho de pesquisa juntamente com a finalidade desse levantamento. O meio usado para a

aplicação do questionário foi o eletrônico, no entanto foi realizado um contato por telefone e pessoalmente para a eliminação de qualquer dúvida. Importante ressaltar que os profissionais procurados para a aplicação do questionário não participaram da etapa de pesquisa e definição dos 13 critérios.

- ✓ Fontes de abastecimento de água (caminhão, manancial, poço ou rede de distribuição);
- ✓ Tipo de esgotamento sanitário (ligações de águas pluviais, redes de esgoto, fossa séptica, etc);
- ✓ Estação de Tratamento de Efluente interna;
- ✓ Matéria prima utilizada nos processos de fabricação;
- ✓ Produtos químicos utilizados;
- ✓ Processo de Fabricação;
- ✓ Consumo de água potável mensal;

No modelo 2, também foram abordados no questionário aplicado quais seriam os anseios e restrições dos potenciais usuários com relação ao uso do efluente (riscos, qualidade, garantias de abastecimento). No tocante a comercialização, pretendeu-se verificar de acordo com as suas despesas com a água potável, qual seria o valor limite (preço) para que usassem o efluente tratado nos seus processos.

4.5 Elaboração do banco de dados.

As informações coletadas foram organizadas na forma de um banco de dados, sobre uma plataforma de armazenamento padrão do MAPINFO, Sistema de Informações Geográficas escolhido para este trabalho. Por meio do uso dessa ferramenta, foram realizados o cruzamento de informações e a geração de mapas indispensáveis para a visualização da região. Isso foi importante para a determinação das distâncias existente entre os potenciais usuários (indústria têxtil, metalúrgica, química, construção civil, etc.) e o fornecedor da água de reúso (ETE Piçarrão).

O uso de um banco de dados, permite o acompanhamento do projeto na atualização de informações e na localização de novos potenciais usuários. Com o uso de uma ferramenta desse porte, amplia-se a possibilidade de estudos no cruzamento e geração de novos cenários, além do uso específico feito nesta pesquisa. Um exemplo dessa diversidade, seria futuramente depois de implantado a cultura do reúso na região, por meio de contratos já em prática entre usuários e fornecedores, estudar a implantação de redes de distribuição de água de reúso (devidamente identificadas).

4.6 Classificação dos Potenciais Usuários

Nessa etapa, dentro de um ambiente multicriterial, procedeu-se um estudo de classificação das opções industriais para o reúso de água em torno da ETE Piçarrão. Para a aplicação da análise multicritério foram delimitadas as opções valoradas segundo os critérios e os seus pesos resultando em uma “matriz multicritério de avaliação” ou “Payoff” (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Exemplo da Matriz Multicritério – Payoff.

Critérios	Alternativas - Potenciais Usuários								
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9
Distância									
Qualidade do Efluente Tratado									
Disponibilidade de água de reúso									
Mão de obra Especializada									
Riscos (Toxicidade)									
Necessidade de Pós-tratamento									
Benefícios Ambientais									
Aceitabilidade									
Imagem									
Confiabilidade									
Meio de transporte									
Custos Ambientais									
Custos com Manutenção e monitoramento									

Depois da construção da matriz Payoff, foram aplicados os métodos multicriteriais usados nesse estudo: Compromise Programming e o Cooperative Game Theory. Esses métodos foram selecionados devido a sua fácil aplicação, não dependendo de programas e licenças. Outro fator considerado foram as várias citações na literatura em diferentes estudos e abordagens similares, comprovando a sua eficiência.

4.6.1 – Método Compromise Programming (CP).

O método CP caracteriza-se em estabelecer uma solução satisfatória, por meio de um conceito métrico. Denomina-se solução satisfatória ou de compromisso, a alternativa que estiver mais próxima da solução ideal. A solução ideal é inatingível, pois uma alternativa deverá alcançar todos os objetivos ou metas delimitadas para uma análise.

Portanto o cálculo baseado no conceito da distância métrica, segue a equação 4.1:

$$l_s(x) = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i^s \left| \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_{i,w}} \right|^s \right)^{1/s}$$

4.1

onde:

α_i - são os pesos atribuídos;

$f_{i,w}$ - é o pior valor obtido para o critério i ;

$f_{i(x)}$ - resultado da implementação da decisão x com respeito ao critério i ;

f_i^* - é o melhor valor obtido para o critério i ;

S - trata-se de uma proporcionalidade aplicada aos desvios, sendo $1 \leq S \leq \infty$. Neste trabalho foi escolhido o valor $S = 1$, de forma a manter todos os desvios de f_i^* proporcionais às suas magnitudes;

$l_s(x)$ - é a distância entre a solução obtida com o cenário x e a solução ideal.

4.6.2 – Método Cooperative Game Theory (CGT).

O método CGT analisa as alternativas de uma maneira diferente do CP. A medida utilizada é a geométrica, no entanto a melhor solução é obtida pela maximização da distância em relação a algum ponto “Status Quo” de nível mínimo. A função de distância utilizada neste método é dada por:

$$l_s(X) = \prod_{i=1}^n |f_i(X) - f_i^*|^{\alpha_i}$$

4.2

onde:

a_i - pesos atribuídos a cada um dos parâmetros;

f_i^* - é o pior valor obtido para o parâmetro i ;

$f_{i(x)}$ - é o valor do parâmetro i na posição x .

$I_s(x)$ = distância entre a solução obtida com o cenário x e a solução ideal.

Com a aplicação desses métodos realizou-se a classificação das opções para a potencialidade do reúso de água em torno da ETE Piçarrão.

5. Resultados e Discussões.

Baseado na metodologia adotada nessa pesquisa, neste capítulo descreve-se a avaliação, por meio dos métodos multicriteriais e os critérios adotados, de quais seriam os potenciais usuários industriais do reúso de água proveniente da ETE Piçarrão.

Para que isso fosse possível, levantaram-se todas as variáveis usadas na estação para o controle do efluente bruto e tratado. De acordo com a disponibilidade de dados, verificaram-se as aplicações da água de reúso, em várias modalidades, além do uso industrial. Outro aspecto avaliado foi a estabilidade do processo de tratamento.

Além dessa análise, foram avaliadas as notas atribuídas aos critérios, baseado no retorno dos questionários enviados aos pesquisadores que atuam na área, agentes decisores das empresas de saneamento e organizações não governamentais. Outra análise foi em relação às informações disponibilizadas pelas indústrias do setor de esgotamento Piçarrão, por meio dos questionários respondidos.

5.1 Análise dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da ETE Piçarrão.

Com o intuito de verificar o enquadramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, foi realizada uma avaliação dos mesmos para o uso do efluente tratado em sistemas/processos de reúso de água. Isso é necessário porque o padrão de lançamento exigido para o despejo do efluente no corpo d' água é diferente do requerido para as várias modalidades de reúso.

No entanto deve-se ressaltar que a ETE Piçarrão foi inaugurada oficialmente em março de 2005 e que, portanto, trata-se de uma estação nova que precisou de um período de funcionamento para atingir o regime de estabilidade. Devido a esse fato, algumas variáveis não estavam de acordo com os limites exigidos pelo CONAMA 357/05, que estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e pelos padrões da USEPA (norma internacional), para as várias modalidades de reúso.

Após um período de funcionamento da ETE, foi possível identificar a eficiência do processo de tratamento, caracterizado pelo acompanhamento dos dados disponibilizados pela mesma. Além da maior eficiência, a necessidade de obter a renovação da licença de operação da estação, perante a Cetesb, estimulou alterações na planilha de resultados de análises físico-químicas e microbiológicas utilizada na ETE. Essa afirmação é baseada no acréscimo de sete variáveis controladas (Temperatura, Ácidos Voláteis, DQO solúvel, óleos/ graxas, Oxigênio Dissolvido, Surfactantes e Coliformes Totais). Inicialmente a planilha de análises constava as seguintes variáveis: pH, Cor, Turbidez, Alcalinidade, DBO, DBO solúvel, DQO, Fosfato Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio K. Total, Nitrogênio Nitrato, Nitrogênio Nitrito, Sólidos Totais, Sólidos Totais Fixos, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Dissolvidos, Sólidos em Suspensão Totais, Sólidos em Suspensão Fixos, Sólidos em Suspensão Voláteis, Sólidos Sedimentáveis, Sulfato, Sulfeto e Coliformes Termotolerantes.

Apesar da planilha apresentar 23 variáveis, nem todas eram avaliadas e algumas, nem disponibilizavam de análises que proporcionava um acompanhamento

entre o comportamento do esgoto bruto e tratado. No entanto, nos anexos D e E, encontram-se todos os dados disponibilizados pela ETE, na forma de tabela, com o cálculo dos valores médios e desvios-padrão.

De acordo com os dados disponibilizados mensalmente, foram identificadas as variáveis (pH, DBO, Nitrogênio Amoniacal e Sólidos em Suspensão Totais) que dispunham de um número maior de dados. Além disso foram priorizados àqueles que contribuiriam para avaliar o processo de tratamento, bem como as aplicações da água proveniente do esgoto tratado.

5.1.1 Avaliação dos dados - período seco e chuvoso.

Esse estudo foi dividido em período seco (abril - setembro) e chuvoso (dezembro - março). A divisão na análise almejou a identificação de alterações no esgoto bruto, na eficiência do processo de tratamento e, conseqüentemente, nas características do efluente tratado ocasionadas pelas alterações climáticas.

O pH é uma importante variável de análise em diversas etapas de tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle de corrosividade e remoção de dureza). O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois com a decomposição, muitos ácidos são produzidos.

Analisando as Figuras 5.1 e 5.2, observam-se decréscimos significativos no valor do pH para o esgoto tratado (E.T.), a partir da coleta nº 23 na figura 5.1 e na coleta nº3 na figura 5.2 (dia 07/09/05 e 22/05/2006 respectivamente - anexo D). De acordo com informações obtidas na estação de tratamento, esse fato é devido ao processo de nitrificação ocorrido nos tanque de aeração. Analisando o comportamento de um outro parâmetro, o Nitrogênio Amoniacal (dados – fig. 5.7 e 5.8), verifica-se uma diminuição considerável no mesmo período, o que pode comprovar a ocorrência da nitrificação.

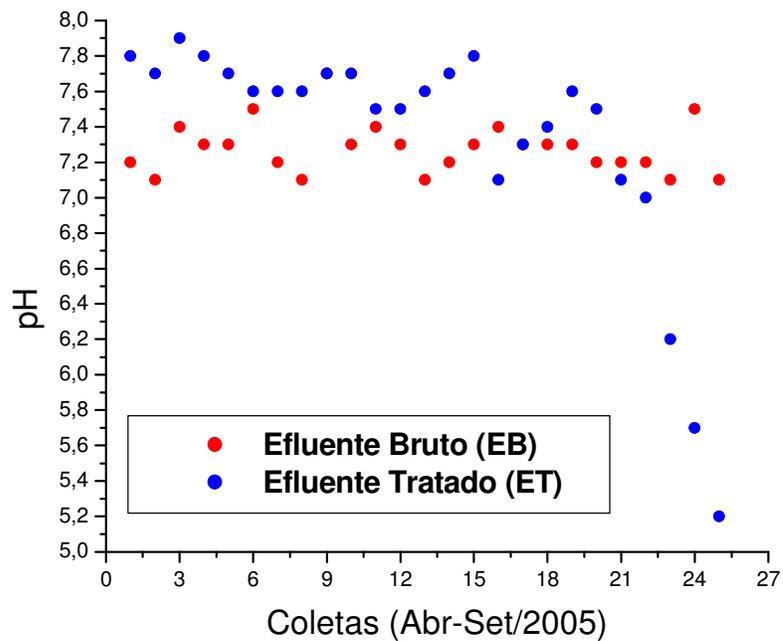


Figura 5.1 – Valores de pH nas amostras coletadas no período seco de 2005.

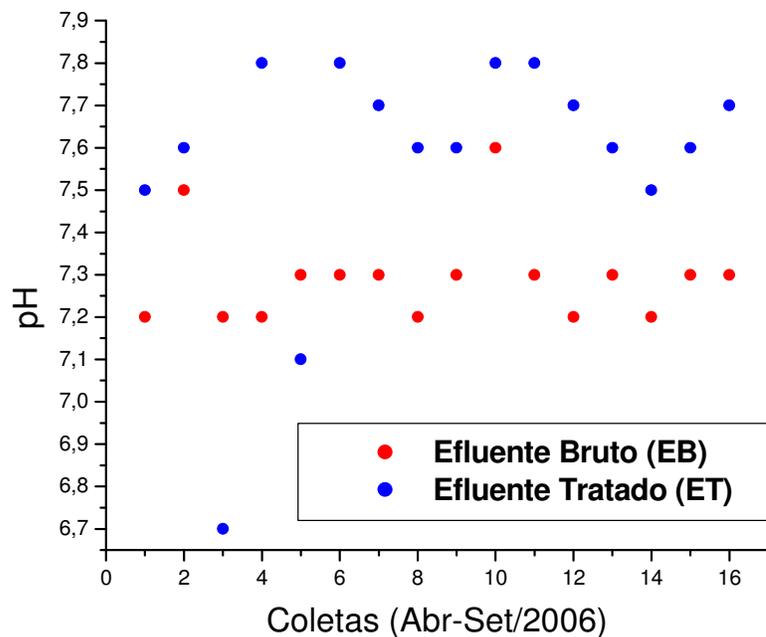


Figura 5.2 – Valores de pH nas amostras coletadas no período seco de 2006

Considerando o período seco no ano 2005 e 2006, o valor do pH apresentou como medianas 7.6 e 7.8, respectivamente, ambos situados na faixa de 5 a 9, intervalo

exigido pela Resolução nº 357 do CONAMA para o lançamento dos efluentes nos corpos de água. No período chuvoso (Figura 5.3), o valor do pH apresentou mediana igual a 7.5, mantendo-se no intervalo aceitável. Portanto, independente do período (seco e chuvoso) o valor do pH esteve de acordo com a norma vigente.

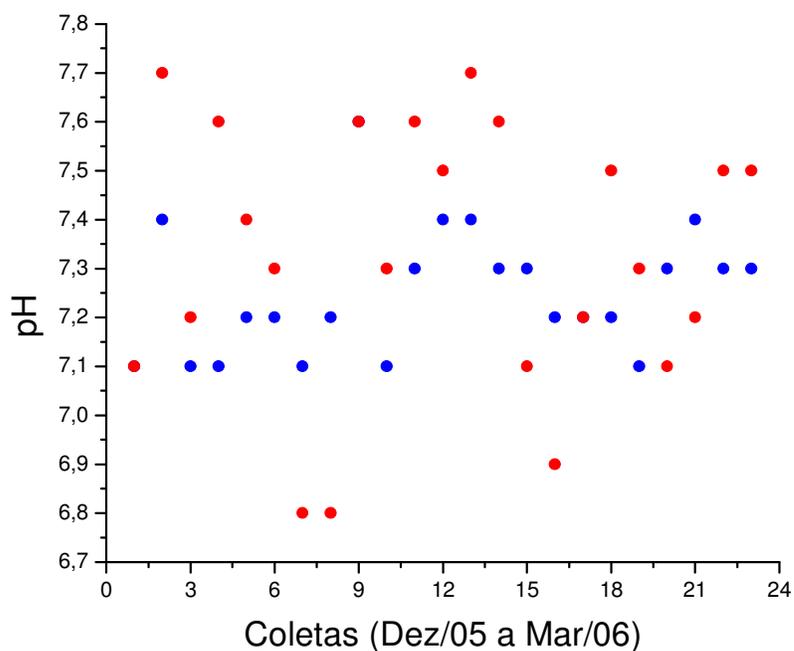


Figura 5.3 –Valores de pH nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/05 a mar/06.

Analisando os valores de pH, baseado nas diretrizes da USEPA (anexo C), pode-se afirmar que estaria de acordo para várias finalidades: reúso urbano, irrigação de áreas de acesso restrito ao público, agrícola para irrigação de culturas consumidas cruas, de culturas consumidas cozidas, recreacional, industrial e para resfriamento sem recirculação.

De acordo com a análise desse parâmetro, pode-se considerar o uso desse efluente para outras finalidades industriais, como por exemplo: química, cimento, têxtil (tingimento) e na laminação de ferro e aço a quente e a frio (Baseado em dados de pH disponibilizados por Nemerow e Dasgupta apud CIRRA).

Utilizam-se normalmente métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor. Nesta linha, existe a categoria de medição de consumo de oxigênio, na qual enquadra-se a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Outra importância dessa variável, é a avaliação da eficiência do sistema de tratamento.

Em virtude da inauguração da estação ter sido relativamente recente, o processo de tratamento ainda não determinava valores eficientes de remoção da matéria orgânica, se considerado o período seco de 2005. Esse comentário se faz necessário, devido à análise dos valores de DBO do esgoto bruto (E.B.) nos períodos, chuvosos (Dez-Mar) e seco (2005), que não sofreram uma alteração significativa no intervalo de valores.

A partir da coleta nº 18 da figura 5.4 observa-se um decréscimo nos valores de DBO do esgoto tratado. Esta condição mantém-se nos períodos seguintes, em que os valores do parâmetro permanecem abaixo de 20 e 30 mg/L, respectivamente. Outra característica que comprova a eficiência de remoção de matéria orgânica do sistema: o aumento nos valores de DBO no esgoto bruto do período seco de 2006, comparado aos períodos anteriores.

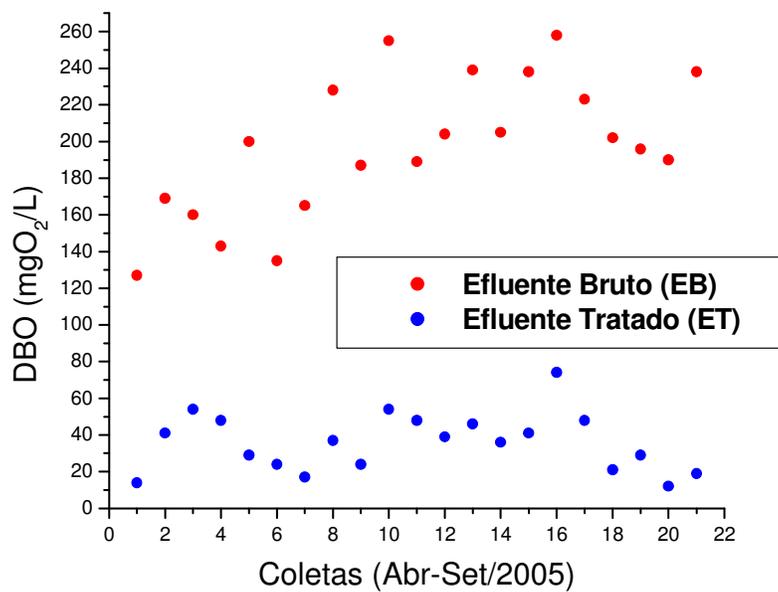


Figura 5.4 – Valores de DBO nas amostras coletadas no período seco de 2005.

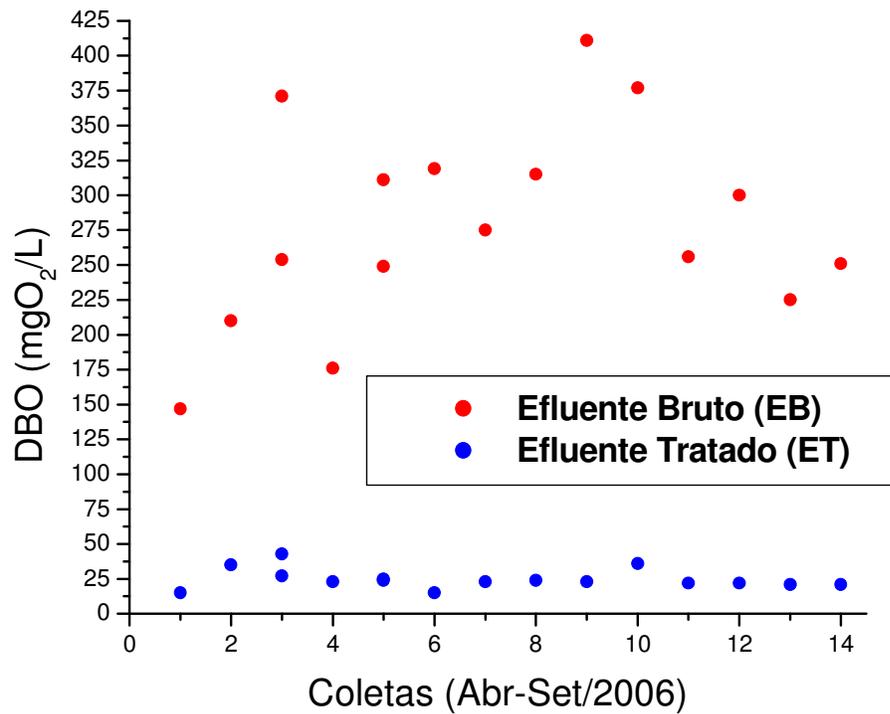


Figura 5.5 – Valores de DBO nas amostras coletadas no período seco de 2006.

Além de comprovar a eficiência do sistema da estação de tratamento deve-se considerar o aspecto técnico da remoção da matéria orgânica, pois valores elevados de DBO (DBO >25 mg/l) devem ser controlados para evitar o desenvolvimento de microorganismos.

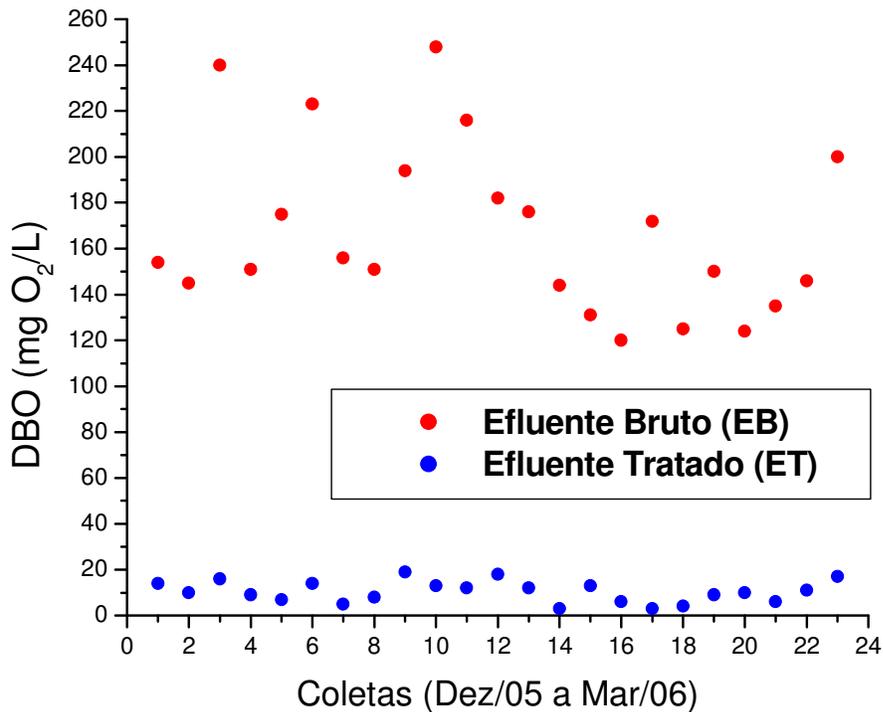


Figura 5.6 – Valores de DBO nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/ 05 a mar/06.

Considerando os dados referentes ao período chuvoso (anexo E), no qual o valor médio de DBO é igual a 10 mgO₂/L, o efluente tratado seria apropriado para os seguintes tipos de reúso: urbano, recreacional (contato direto), agrícolas para irrigação de culturas consumidas cruas e cozidas e, industriais, para resfriamento sem recirculação. No caso de aplicação industrial com recirculação, os parâmetros são variáveis de acordo com a taxa de recirculação.

Observando os dados do período seco de 2006, o valor médio de DBO é igual a 26,7 mgO₂/L e, portanto, esse efluente tratado seria apropriado para as seguintes formas de reúso: irrigação de áreas de acesso restrito ao público, agrícola para irrigação de culturas consumidas cozidas, agrícolas para irrigação de culturas não

comestíveis, paisagísticos (sem contato com o público) e industrial para resfriamento sem reciculação.

A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição e, conseqüentemente, o ambiente está pobre em oxigênio. Observando a figura 5.7 e 5.8, verifica-se a partir da coleta nº 12 e na nº3 respectivamente, o decréscimo nos valores do Nitrogênio Amoniacal. Comparando com o decréscimo do pH observado nas figura 5.1 e 5.2. pode-se estabelecer uma correlação entre os gráficos, confirmando a ocorrência do processo de nitrificação já citado.

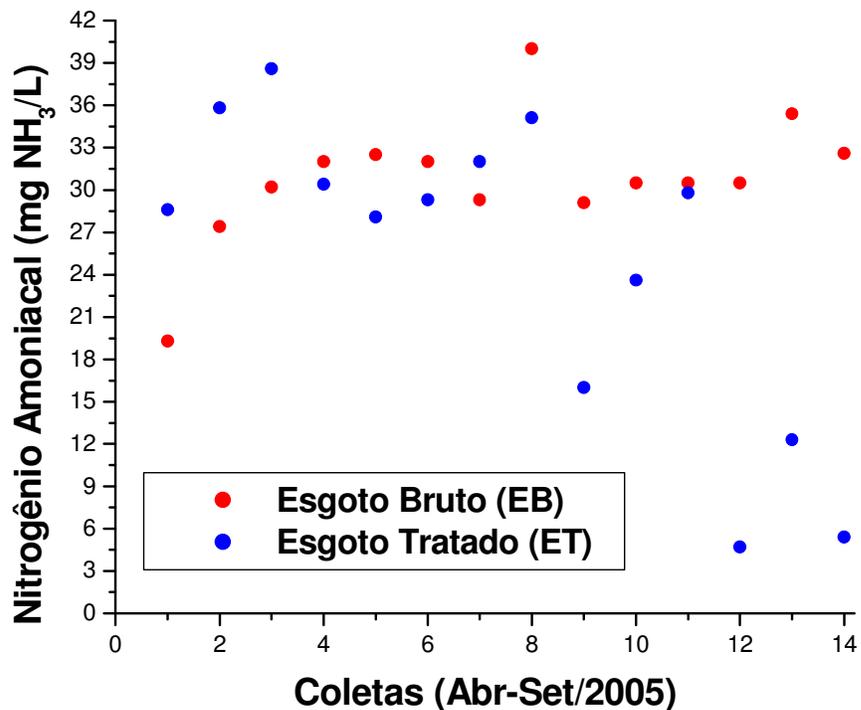


Figura 5.7– Valores de Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas no período seco de 2005.

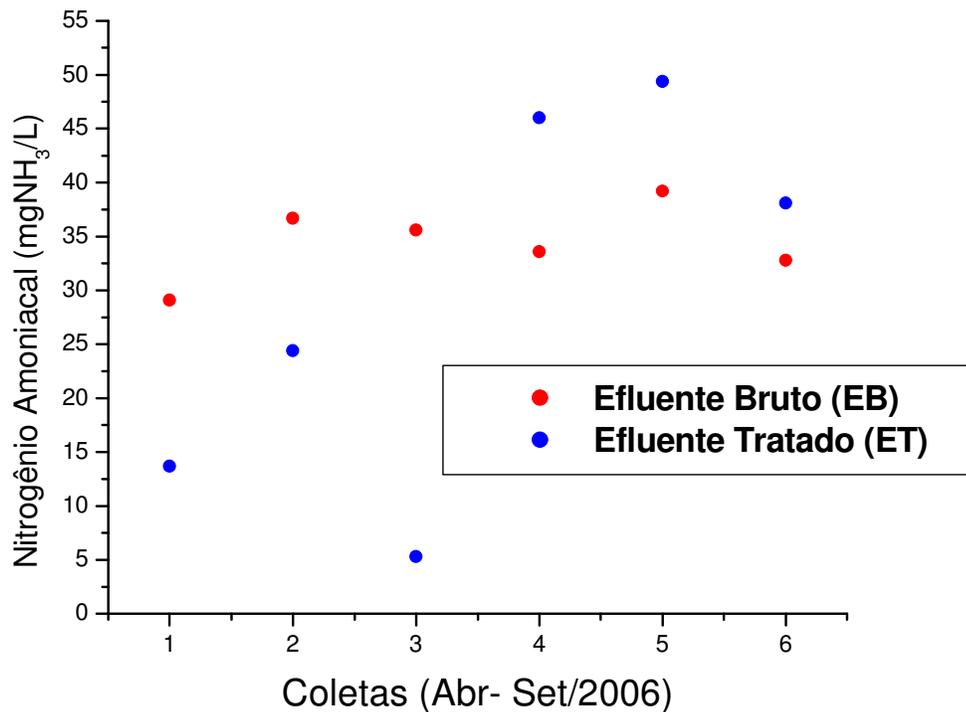


Figura 5.8– Valores de Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas no período seco de 2006.

De acordo com a Resolução nº357/05 do CONAMA, os valores médios do Nitrogênio Amoniacal, durante o período seco de 2005 e 2006 (25,7 e 27 mgNH₃/L respectivamente) excedem o valor limite (20,0 mgNH₃/L) para o despejo desse efluente tratado no corpo receptor. Já no período chuvoso, o valor médio de todos os meses é igual a 13,2 mgNH₃/L, valor inferior ao máximo recomendado para o despejo do efluente.

Além de verificar o comportamento do Nitrogênio Amoniacal almejando o despejo do efluente da ETE, foi verificado o processo de nitrificação que, baseada em informações obtidas na estação de tratamento, ocorreu nos tanque de aeração. Essa variável não foi considerada na avaliação de reúso.

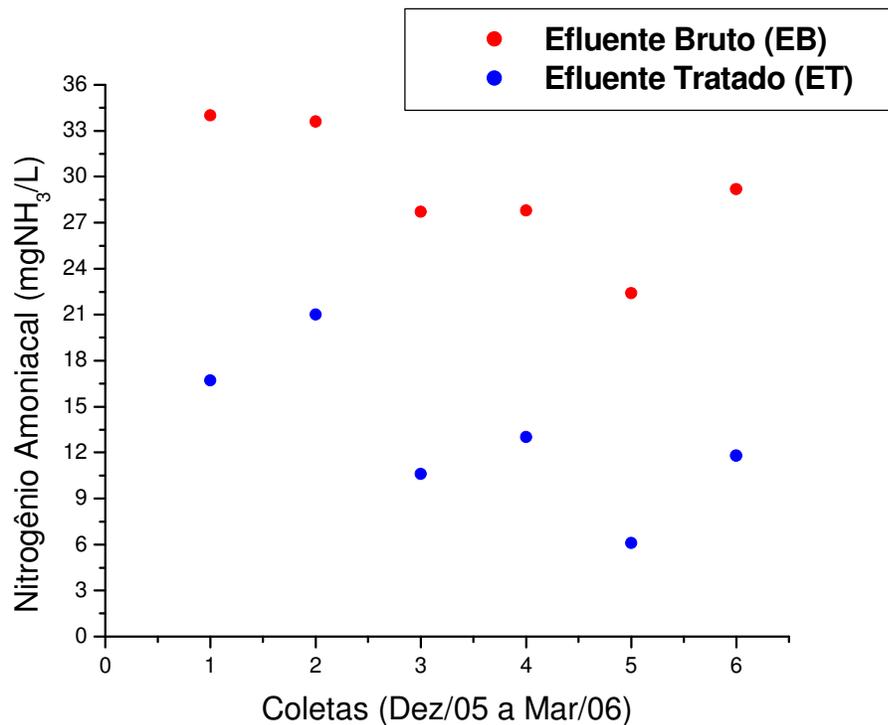


Figura 5.9 – Valores de Nitrogênio Amoniacal nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/05 a mar/06.

A presença de concentrações elevadas de sólidos pode levar ao desenvolvimento de maus odores, devido à degradação. Resumidamente, todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos (Sperling, 1996) e, baseado nos comentários de Semura et al (2005), concentrações elevadas de sólidos, podem ocasionar o desenvolvimento de microorganismos e outros vetores transmissores de doenças, por se tornar fonte de alimento (substrato).

Os Sólidos Totais (ST) são constituídos por dois tipos de sólidos: Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e Sólidos em Suspensão Totais (SST). Considerando inicialmente os SST, durante os meses de abril, maio e junho (Figura 5.10), ocorreram oscilações nos valores de SST no esgoto tratado. No dia 26 de abril /2005 (referente à coleta nº3 na figura 5.10), foi registrado 76 mg/L de sólidos em suspensão; no entanto, após esse pico, observaram-se valores inferiores a 40 mg/l. O declínio nos valores de

SST no efluente tratado é comprovado pela análise das figuras 5.12 (Período Chuvoso) e 5.11 (referente ao período seco de 2006). A média dos valores do período seco equivale a 34 mg/L um pouco acima do permitido pela USEPA (30 mg/l) no tocante ao reúso para as seguintes finalidades: Irrigação de áreas de acesso restrito ao público, agricultura para irrigação de cultura consumida cozidas, agricultura para irrigação de culturas não comestíveis, paisagística, industrial (para resfriamento sem recirculação) e ambiental.

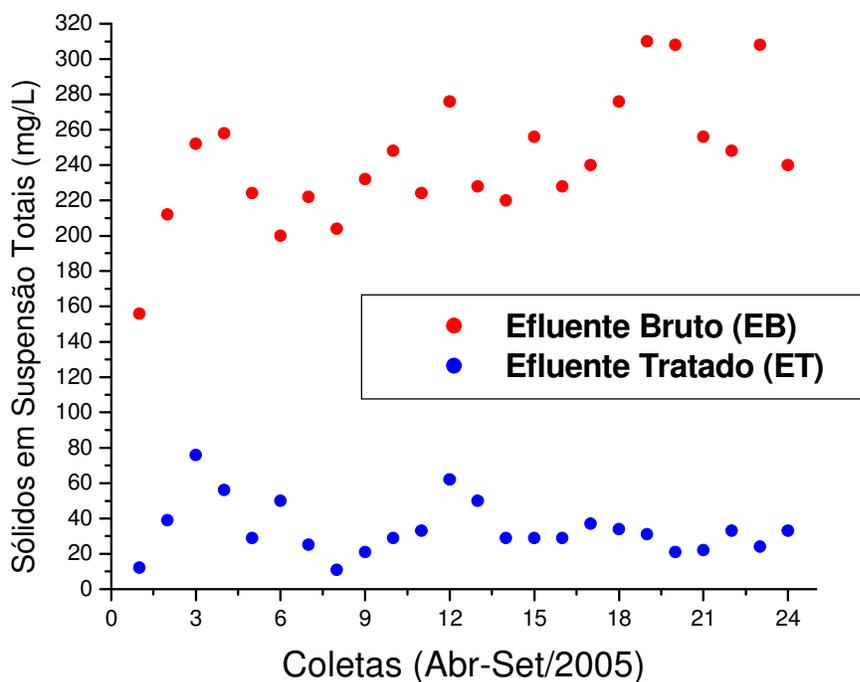


Figura 5.10– Valores de Sólidos em Suspensão Total nas amostras coletadas no período seco de 2005.

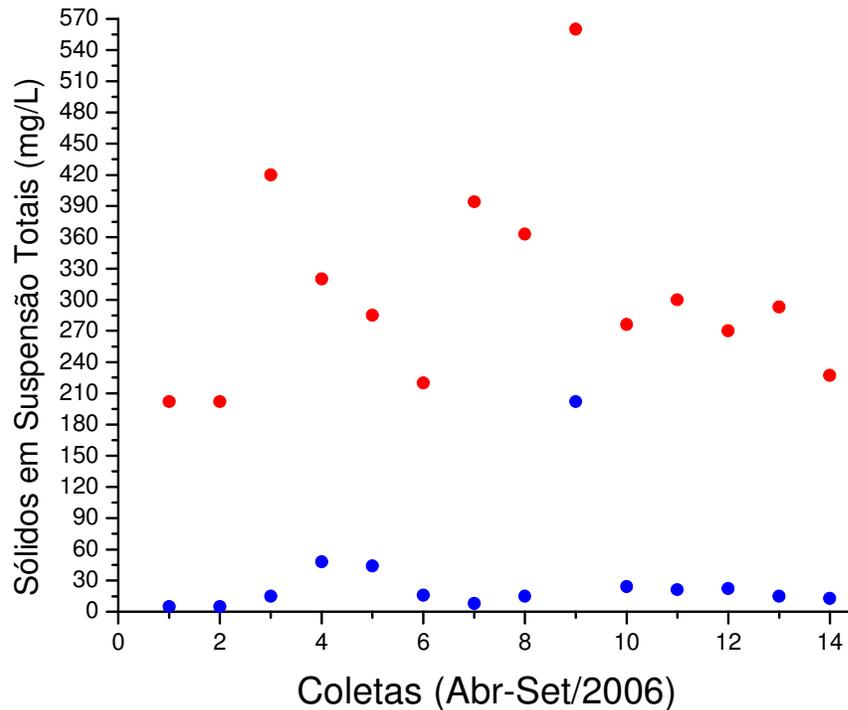


Figura 5.11– Valores de Sólidos em Suspensão Total nas amostras coletadas no período seco de 2006.

No período chuvoso (Fig. 5.12), o valor médio de SST foi igual a 11,7 mg/L e, baseado nesse valor pode-se usar esse afluente para os seguintes tipos de reúso: Irrigação de áreas de acesso restrito ao público, agrícola para irrigação de culturas consumidas cozidas, agrícolas para irrigação de culturas não comestíveis, paisagísticos (sem contato com o público) e industrial, para resfriamento sem recirculação.

Já no caso de indústrias do ramo químico e têxtil não é possível o uso desse efluente de forma imediata, pois o limite recomendado para os SST é de 5 mg/L. No caso das indústrias de cimento, o limite é de 500 mg/L, tornando o uso desse efluente apropriado (Baseado em dados de SST disponibilizados por Nemerow e Dasgupta apud CIRRA, 2004).

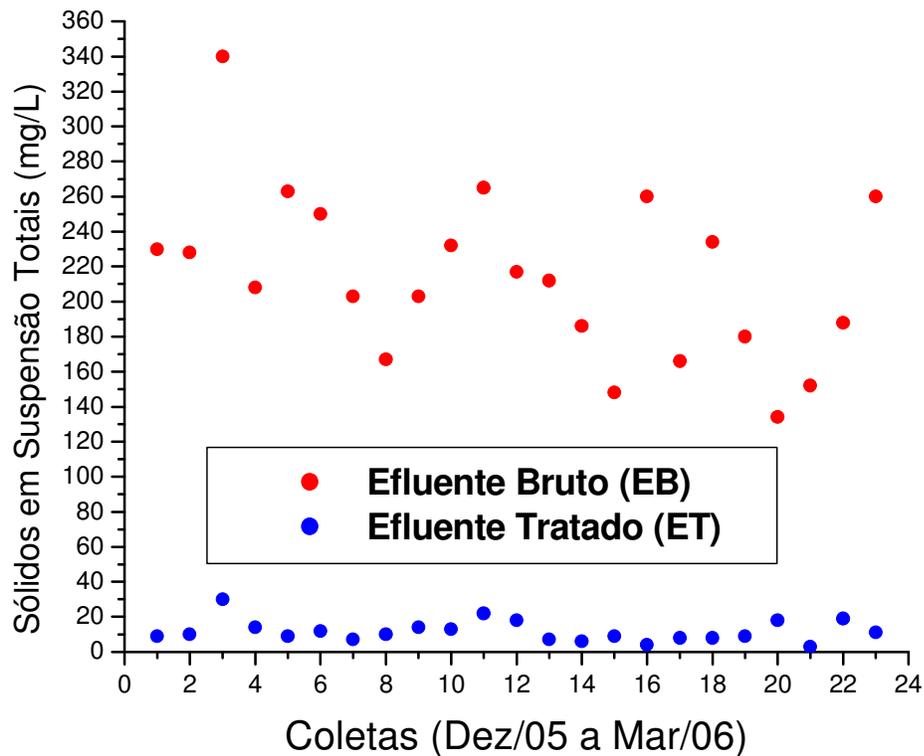


Figura 5.12 – Valores de Sólidos em Suspensão Total nas amostras coletadas no período chuvoso de dez/05 a mar/06.

A outra parcela dos Sólidos Totais, os SDT, também são utilizados como uma variável importante na identificação de aplicações potenciais para o reúso. A sua importância baseia-se na possibilidade de aumento de sua concentração à medida que o reúso do efluente é efetuado. Isso ocorre devido a uma carga adicional de sais incorporada, por meio de evaporação da água ou pela adição de compostos químicos, durante os processos de produção.

A evolução da concentração de SDT em um sistema onde a prática de reúso é utilizada pode ser obtida por meio de um balanço de massa, com base nos dados disponíveis sobre demanda de água, perda por evaporação e efluentes lançados para o meio ambiente. Uma vez obtida a carga de SDT incorporada ao sistema, deve-se avaliar a variação da concentração de SDT no efluente e na água de reúso em função

da fração de efluente que é recirculada, o que também é realizado por meio de um balanço de massa. Por meio deste balanço de massa é feita a distinção entre os processos que utilizam água industrial ou potável daqueles processos que irão utilizar a água de reúso (CIRRA, 2004).

Em relação aos parâmetros microbiológicos, as tabelas 5.1 e 5.2 representam por meio dos dados disponibilizados entre fevereiro e agosto de 2006, a remoção dos coliformes termotolerantes e totais pelo sistema de tratamento. O grupo coliformes é usado para indicar, de forma indireta, a potencialidade de uma água conter microrganismos patogênicos, notadamente de origem fecal.

Analisando os valores da tabela 5.2, baseado nas diretrizes da USEPA (Anexo C), pode-se afirmar que não seria possível a aplicação desse efluente para os seguintes tipos de reúso: Agrícola para irrigação de culturas não comestíveis, paisagístico, industrial para resfriamento sem recirculação e ambiental. Para essas finalidades o padrão limite seria de $2 \times 10^2 / 100$ mL e, em outros casos (o reúso urbano, recreacional, etc) a norma é mais restritiva, pois requer a ausência total. Uma das interpretações para a grande restrição ao parâmetro coliforme, seria a garantia (teórica) da ausência de bactérias patogênicas.

Tabela 5.1 – Valores de Coliformes Totais (NMP/100ml).

Data	Efluente Bruto	Efluente Tratado
13/02/2006	$\geq 1,6 \times 10^{12}$	$2,3 \times 10^{04}$
01/03/2006	$3,5 \times 10^{11}$	$7,0 \times 10^{03}$
14/03/2006	$3,0 \times 10^{09}$	$9,0 \times 10^{04}$
27/03/2006	$\geq 1,6 \times 10^{11}$	$2,4 \times 10^{05}$
10/04/2006	$9,0 \times 10^{11}$	$3,0 \times 10^{04}$
24/04/2006	$3,0 \times 10^{12}$	$1,7 \times 10^{04}$
08/05/2006	$\geq 1,6 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{06}$
22/05/2006	$1,7 \times 10^{13}$	$1,7 \times 10^{04}$
12/06/2006	$\geq 1,6 \times 10^{14}$	$3,0 \times 10^{05}$
07/08/2006	$1,6 \times 10^{14}$	$1,1 \times 10^{05}$

Tabela 5.2 – Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml).

Data	Efluente Bruto	Efluente Tratado
13/02/2006	$2,2 \times 10^{12}$	$1,3 \times 10^{04}$
01/03/2006	$9,0 \times 10^{11}$	$2,6 \times 10^{03}$
14/03/2006	$8,0 \times 10^{09}$	$2,6 \times 10^{04}$
27/03/2006	$3,3 \times 10^{11}$	$1,4 \times 10^{05}$
10/04/2006	$9,0 \times 10^{11}$	$2,3 \times 10^{04}$
24/04/2006	$4,0 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{04}$
08/05/2006	$7,0 \times 10^{13}$	$5,0 \times 10^{06}$
22/05/2006	$1,1 \times 10^{13}$	$2,0 \times 10^{04}$
12/06/2006	$2,6 \times 10^{14}$	$2,3 \times 10^{05}$
07/08/2006	$2,6 \times 10^{14}$	$4,0 \times 10^{05}$

Considerando a divisão inicial (em período seco e chuvoso) com o propósito de identificar principalmente a eficiência do processo de tratamento, pode-se afirmar que a ETE Piçarrão cumpriu com o esperado, independente das condições climáticas. Baseado nas informações disponibilizadas durante as visitas à estação de tratamento, as únicas alterações significativas entre os períodos, foi o aumento da DBO não diluída no afluente no período seco (característica que pode alterar a porcentagem de eficiência na remoção de DBO no efluente final) e um acúmulo excedente de areia no período chuvoso.

A análise dos parâmetros: pH, DBO, Nitrogênio Amônia e SST demonstram uma evolução na estabilidade do processo de tratamento, conseqüentemente existe a possibilidade da aplicação do efluente tratado da ETE Piçarrão para o reúso. No entanto, para o uso efetivo do mesmo, será oportuna a desinfecção.

Além da desinfecção serão necessários os controles de outros parâmetros, de acordo com cada finalidade especificada. Como por exemplo, no caso da usinagem, em que é necessária a ausência de óleos e cloretos.

5.2 Levantamento dos potenciais usuários.

Foi realizado um levantamento dos potenciais usuários baseado na relação de consumidores industriais do setor de esgotamento da ETE Piçarrão (Anexo G), disponibilizado pela SANASA S/A. No entanto foi necessária uma verificação dos estabelecimentos, por meio do endereço contido na listagem e posteriormente a identificação dos telefones para contato. Para a obtenção de maiores informações, tais como: ramo de atuação, produtos fabricados, verificação dos dados de contato, etc sobre os potenciais usuários realizou-se uma pesquisa na Internet para verificar a existência de páginas eletrônicas. De acordo com a listagem de consumidores, 28 (desconsiderando 3 empresas que não foram localizadas) estabelecimentos receberam o questionário, no qual destacam-se os seguintes perfis:

- _ Indústria metalúrgica;
- _ Fabricação de cabos telefônicos;
- _ Produção e comercialização de produtos químicos;
- _ Usinagem de pequeno e médio porte;
- _ Impressão em polietileno e papel;
- _ Tecelagem e tinturaria;
- _ Laminados Termoplásticos;
- _ Fabricação de lajes treliçadas;
- _ Concreto.

Por meio do uso do Mapinfo, realizou-se o cruzamento das informações e a geração de mapas indispensáveis para a visualização da região. A figura 5.13 representa a localização dos potenciais usuários selecionados a partir da relação de consumidores industriais do setor de esgotamento da ETE Piçarrão.

Tal figura representa de forma ilustrativa, como se pode visualizar a região contribuindo para uma análise atual, bem como no acompanhamento da mesma, na atualização de informações no banco de dados. Outra utilidade para esse recurso, seria futuramente depois de implantado a prática do reúso na região, por meio de contratos entre usuários e fornecedor, a implantação de redes de distribuição de água de reúso (devidamente identificadas) e na identificação de novos potenciais usuários.

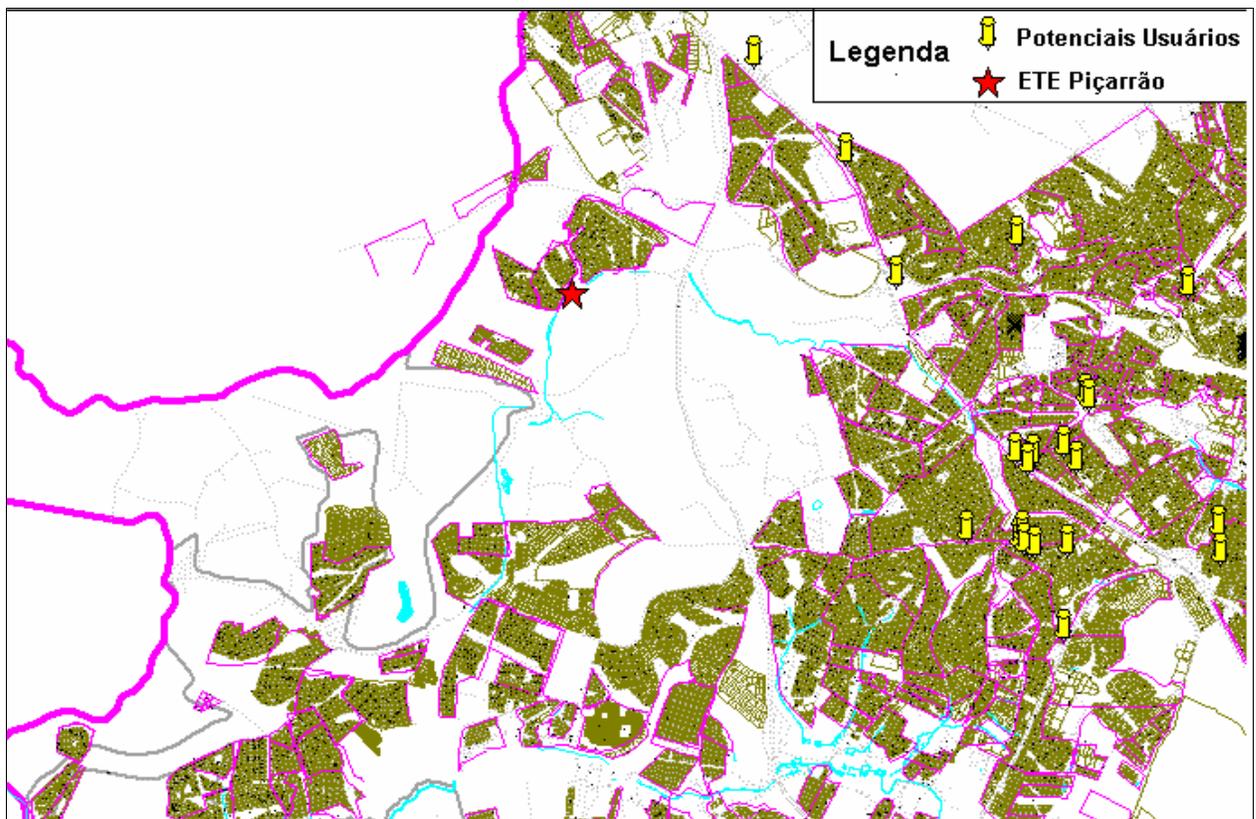


Figura 5.13 – Localização dos Potenciais Usuários em relação a ETE Piçarrão. (Escala: 1cm – 1,075Km).

No início desse trabalho admitiu-se uma pré - escolha das opções por meio de um critério de restrição, que nesse caso seria a distância. No entanto considerando a região de estudo, o próprio setor de esgotamento, e a incerteza de quantos aceitariam participar da pesquisa, foram adotadas como opções todas as empresas que retornaram o questionário para a avaliação com todos os critérios. Portanto, não foi definido nenhum valor específico e limitante para a distância.

5.3 Aplicação e avaliação dos questionários.

5.3.1 Questionário 1 - Atribuição de pesos aos critérios.

De acordo com a metodologia adotada, o modelo 1 (Anexo A) foi elaborado para definir os pesos que seriam atribuídos aos 13 critérios usados na avaliação multicritério. Esse modelo foi distribuído entre 47 pesquisadores e profissionais da área de saneamento ambiental. Dentre os enviados, retornaram 30 o que representa 63,8% do total distribuído.

O questionário disponibilizava um espaço onde cada entrevistado realizou sugestões e a sua avaliação crítica sobre o conteúdo do mesmo. As sugestões e críticas não foram empregadas na alteração do questionário em entrevistas futuras, com o intuito de evitar influência no resultado final. No entanto, são citadas abaixo, sínteses dos comentários.

Um dos entrevistados considerou que a água resultante do tratamento da ETE deveria ser destinada aos cursos d'água para a continuidade do tratamento por depuração natural. Uma nova captação, para finalidade menos nobre deveria ser a uma distância a ser estudada, sempre a jusante do despejo do efluente.

Em outra abordagem considerou que a captação direta do efluente, especialmente para fins industriais, um meio de aumentar a concentração de poluentes químicos orgânicos e inorgânicos, comprometendo o tratamento e/ou tornando não econômica a operação da ETE, levando-a a inviabilidade ou a uma gestão comprometedora.

Na avaliação de "Benefícios Ambientais" ocorreram posturas contraditórias: Na primeira afirmava-se que o quesito nunca é levado em conta, no mundo dos negócios. Já em uma segunda consideração: O papel do empresário/empreendedor da nova era, é entendido como muito importante, pois quem aderir a isso estaria se colocando em uma posição mais competitiva no mercado, mesmo com um grau de sacrifício, mas recompensador, com a economia com o uso de água menos nobre.

Outro comentário em relação aos benefícios ambientais considerou como principal aspecto positivo do reúso, a redução da demanda de água dos mananciais. Mas enfatizou que a redução de contaminação, nem sempre é válida, em virtude de alguns contaminantes transporem o tratamento. Neste caso, a concentração para o lançamento seria maior.

Outro fator considerado na pesquisa foi à importância de uma avaliação de mercado. Dando continuidade a sugestões econômicas, foi enfatizado por um dos entrevistados que os principais fatores a serem considerados num projeto de reúso são: tarifa (preço que a água será comercializada), garantia de fornecimento (segurança do comprador) e garantia de demanda (segurança do investidor). Finalizou afirmando que inúmeros negócios de reúso de água não têm acontecido pelo fato de não se ter chegado a um acordo sobre esses fatores.

Ocorreram preocupações em relação ao aspecto legislativo, no qual deveria exigir dos órgãos competentes a formulação de legislação ambiental brasileira direcionada para a classificação qualitativa dos efluentes a serem reusados, de acordo com o uso previsto.

Dentre os entrevistados, um deles fez referência à região, onde considerou importantíssima a disponibilidade de água de reúso. Além da bacia do Piçarrão adicionou o setor Anhumas que atravessa a região metropolitana de Campinas. Foram indicadas como uma grande possibilidade de reúso pelas indústrias, necessitando apenas a participação coordenada entre o poder público (fiscalização e controle da demanda – outorga) para a implantação de um programa que funcionasse a contento.

Para finalizar as sugestões: foi lembrada a possibilidade de recarga de aquífero; e a importância da mão de obra especializada, por ser considerada uma etapa a ser vencida no Brasil. O entrevistado considerou nesse item a educação ambiental e cursos como ferramentas importantes para alcançar um patamar aceitável.

No tocante a atribuição dos pesos aos 13 critérios, realizou-se uma avaliação no intuito de identificar quais seriam os critérios mais importantes para esse tipo de estudo. Para isso foram elaborados gráficos (figuras 5.14 a 5.26), em que é possível observar, na forma de porcentagem, a distribuição das notas no intervalo de 1 a 10 (estipulado no questionário). Além disso, baseado no trabalho de Venturine (2003), utilizou-se um grau de importância (Tabela 5.3) que divide em cinco intervalos os valores considerados pelos entrevistados.

O grau de importância contribui para definir com maior clareza quais são os critérios mais relevantes, pois de acordo com o critério adotado nos questionários torna-se difícil diferenciar notas muito próximas, como por exemplo 9 e 10, que são consideradas no senso comum como ótimos valores. Vale ressaltar que na determinação dos intervalos de pesos não foram considerados números inteiros.

Tabela 5.3 – Pesos Atribuídos X grau de importância.

Intervalo dos Pesos	Grau de importância
1,0 -2,0	Irrelevante
3,0 – 4,0	Pequena Importância
5,0 – 6,0	Importância Moderada
7,0 – 8,0	Importante
9,0 – 10,0	Muito Importante

Fonte: Venturine, 2003.

De acordo com os dados disponíveis, os critérios considerados Muito Importantes foram os seguintes: Qualidade do Efluente Tratado (80 % dos entrevistados atribuíram notas 9 e 10), Riscos (76,7% atribuíram notas 9 e 10), Confiabilidade (66,7 % atribuíram notas 9 e 10), Custos Ambientais (53,3 dos entrevistados atribuíram notas 9 e 10) e Custos com Manutenção e Monitoramento (50,0 % dos entrevistados atribuíram notas 9 e 10).

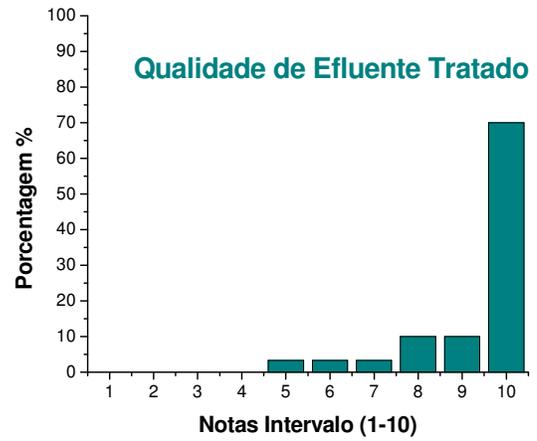
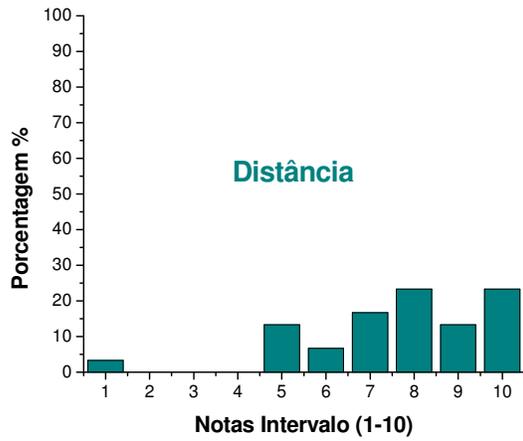
O critério Qualidade do Efluente Tratado e Riscos (Toxicidade) representam o receio e a cautela necessária para gerar novas opções para o efluente sem causar problemas futuros, com a contaminação e mau uso desse recurso.

Apesar da preocupação existente com os riscos e a qualidade do efluente existe a confiança nos serviços oferecidos pela empresa local, de acordo com os valores atribuídos ao critério Confiabilidade, conseqüentemente existe abertura para a água de reúso.

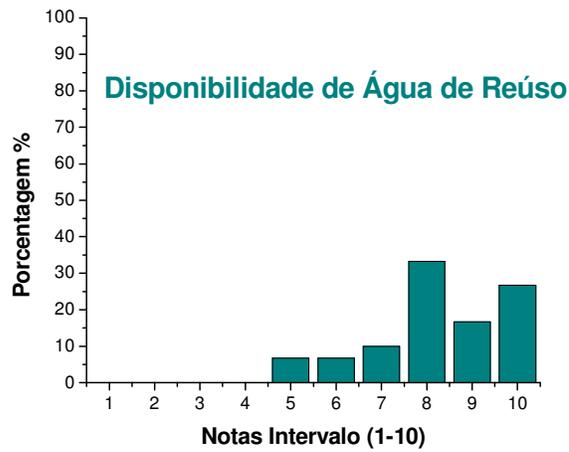
Em relação aos Custos Ambientais que considera a figura do usuário-pagador, demonstra a mudança atual em virtude das exigências ambientais e também pelas novas formas de cobrança. Além disso a necessidade de novos mananciais para suprir as demandas, localizados cada vez mais longe dos grandes centros e, as influências do homem, devido à falta de investimentos em coleta, tratamento e disposição final de esgoto, agravam a situação dos mananciais usados nos grandes centros para o seu abastecimento. Como conseqüência do descuido com o meio, a produção de água de boa qualidade cada vez mais cara, faz com que a relação descrita por esse critério seja considerada importante.

No caso dos Custos com monitoramento e manutenção, demonstra a preocupação na continuidade do uso desse recurso, pois o potencial usuário tem que evitar prejuízos e danos, tornando como primordiais os cuidados no uso do efluente tratado. Para esclarecer pode-se citar cuidados com a reservação após a entrega; o uso adequado à finalidade especificada inicialmente; monitoramento preventivo e corretivo dos equipamentos da linha de produção (ramo de atuação) e no manuseio pelos próprios funcionários, dentre outros.

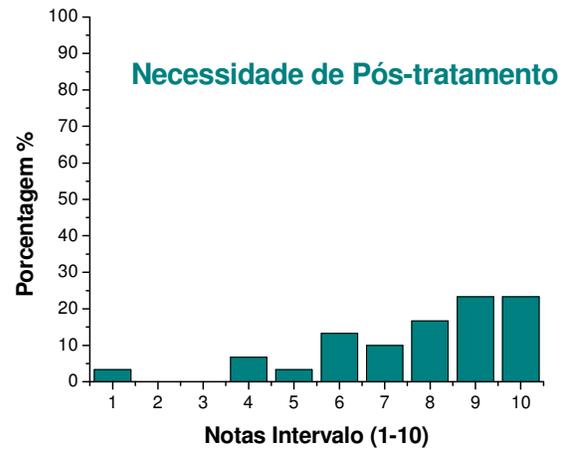
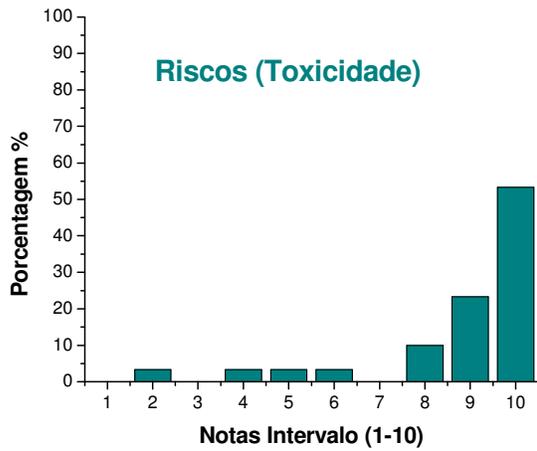
O comportamento dos gráficos demonstra além dos critérios já citados, a freqüência das notas atribuídas aos demais critérios avaliados nesse estudo de caso.



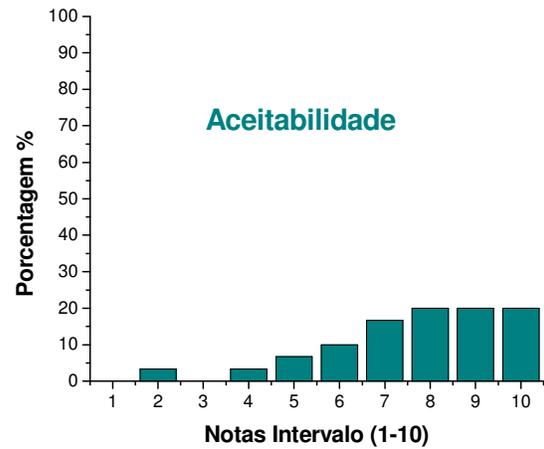
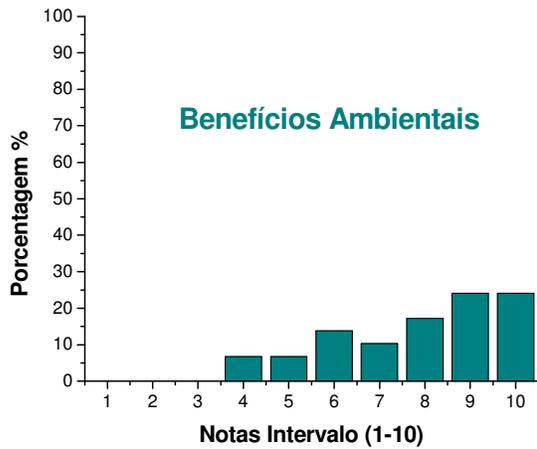
Figuras 5.14 e 5.15 - Análise de Frequência dos critérios Distância e Qualidade de Efluente Tratado, respectivamente.



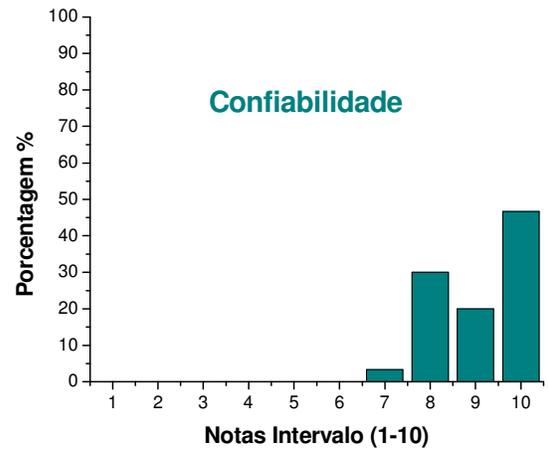
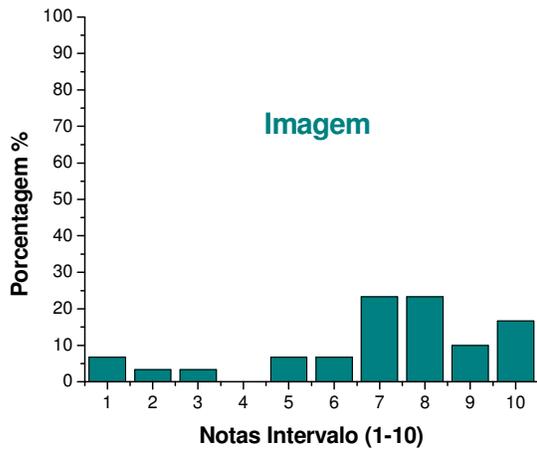
Figuras 5.16 e 5.17 - Análise de Frequência dos critérios Disponibilidade de água de reúso e Mão de Obra especializada, respectivamente.



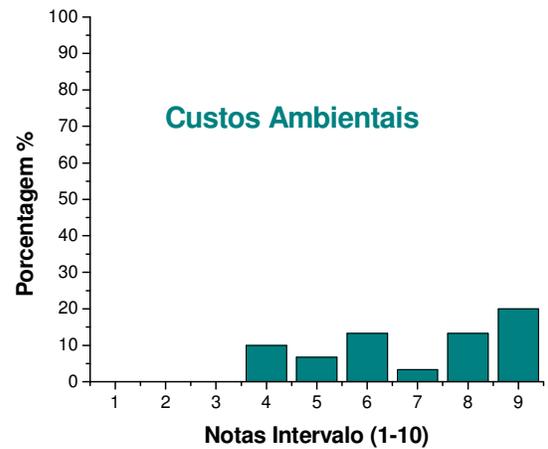
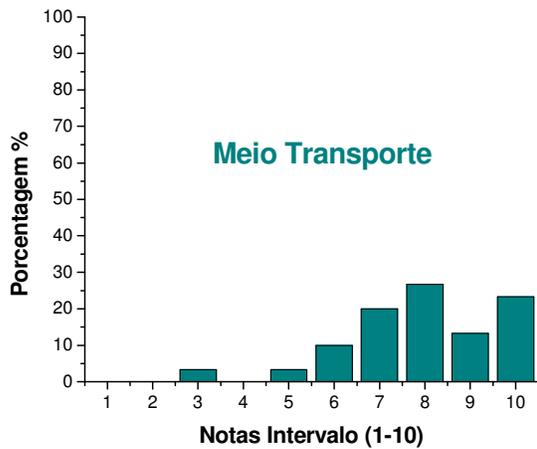
Figuras 5.18 e 5.19 - Análise de Freqüência dos critérios Riscos e Necessidade de Pós-Tratamento respectivamente.



Figuras 5.20 e 5.21 - Análise de Freqüência dos critérios Benefícios ambientais e Aceitabilidade, respectivamente.



Figuras 5.22 e 5.23 - Análise de Frequência dos critérios Imagem e Confiabilidade, respectivamente.



Figuras 5.24 e 5.25 - Análise de Frequência dos critérios Meio de transporte e Custos ambientais, respectivamente.

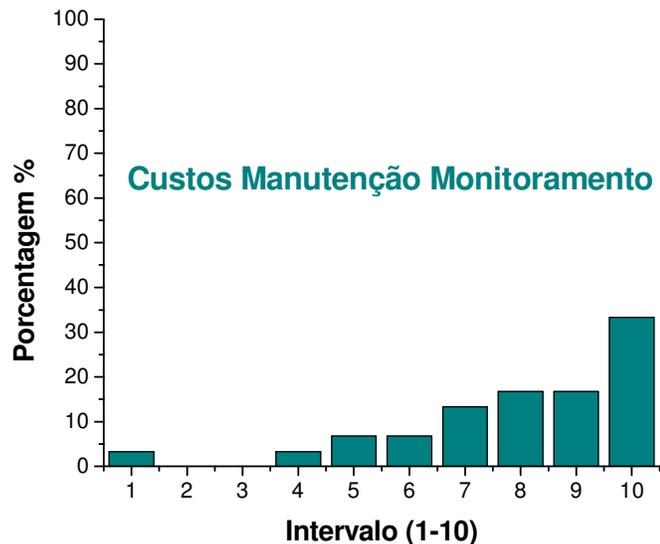


Figura 5.26 - Análise de Frequência do critério Custo de Manutenção e Monitoramento.

5.3.2 Questionário 2 – Perfil dos potenciais usuários.

A aplicação do questionário (Anexo B), entre os potenciais usuários foi realizada de várias maneiras: e-mail, telefone e correio. Em grande parte, o contato inicial foi por meio de uma ligação para identificar o funcionário que responderia as questões da pesquisa. O entrevistado recebia um ofício contendo a identificação e contatos do pesquisador, o instituto responsável pela pesquisa, informações e a relevância da pesquisa. Dentre as informações disponibilizadas ao entrevistado, foi enfatizado que essa pesquisa tinha caráter e finalidades estritamente científicas, e não existia nenhum vínculo desse trabalho com qualquer entidade ambiental.

Baseado em uma lista de consumidores industriais, do setor de esgotamento do Piçarrão, identificaram-se aproximadamente 50 indústrias de pequeno, médio e grande porte. Destacaram-se vários ramos de atuação como, por exemplo, construção civil, metalúrgica, siderúrgica, equipamentos óticos, móveis, confecção, marmoraria, frigoríficos, laticínios, doces, fertilizantes, produtos alimentícios, telefonia, dentre outros.

De acordo com esse material definiram-se 31 empresas, dentre as quais foram desconsideradas de imediato, as indústrias relacionadas à área alimentícia. Dentre as 31 empresas escolhidas inicialmente, 7 (22,6%) não retornaram o questionário; 9 (29%) responderam; 3 (9,7%) não foram localizadas pelas informações obtidas e 12 (38,7%) não aceitaram participar. Os 38,7% que não aceitaram participar da pesquisa deram as seguintes explicações:

_ No momento não era viável o uso de outro recurso além da água distribuída normalmente pela rede de distribuição (Caso ocorrido em 1 empresa);

_ Não se interessavam pelo tema (Caso ocorrido em 3 empresas);

_ Não podia considerar a pesquisa porque a empresa estava desativada (Caso ocorrido em 1 empresa);

_ A Diretoria da empresa não autorizou o funcionário em contribuir com a pesquisa respondendo as questões (Caso ocorrido em 1 empresa);

_ Argumentaram que o seu gasto com água era insignificante para se preocupar com o efluente tratado como alternativa para finalidades menos nobres (Caso ocorrido em 4 empresas).

_ Em virtude dos compromissos da empresa não teriam tempo para responder ao questionário (Caso ocorrido em 2 empresas).

O contato com as empresas da região estudada de Campinas, identificou que em grande parte, existia o desconhecimento do termo reúso de água. Com isso foi necessária a explicação dos objetivos desse estudo.

Por outro lado, dentro do grupo de empresas que retornaram os questionários, algumas já utilizam água pluvial. No entanto, não foi possível pela metodologia adotada,

verificar se existem controles qualitativos de acordo com os limites exigidos por alguma norma, para a sua aplicação nas finalidades divulgadas no questionário. Isso se aplica também nas situações onde as empresas afirmam já praticar reúso nas suas instalações.

5.4 Classificação das opções industriais – Aplicação dos Métodos Multicriteriais.

Por meio do questionário aplicado em 31 empresas escolhidas inicialmente no setor de esgotamento do Piçarrão, foram identificadas 9 opções para a verificação do reúso de água proveniente da estação de tratamento.

Cada perfil corresponde a um questionário aplicado e respondido pelas empresas do setor de esgotamento Piçarrão. De forma simplificada foram descritos abaixo os perfis de cada empresa avaliada nesse estudo, contendo principalmente as seguintes informações: serviços prestados por cada ramo de atuação, o consumo de água potável, a principal fonte de abastecimento e algumas informações consideradas pertinentes ou curiosas pela presente autora e divulgadas pelo questionário. O conteúdo completo de cada perfil, encontra-se disponível no anexo G.

Para o uso das informações obtidas pelo questionário, foi assegurado perante os contatos realizados que os nomes verdadeiros seriam mantidos em sigilo. Nesse caso cada empresa é identificada como um perfil, variando de 1 a 9, baseado na ordem de retorno dos questionários.

Perfil 1

Empresa de médio porte, com aproximadamente 50 funcionários. Desenvolvem serviços de usinagem e montagem de peças, máquinas e equipamentos. Manufaturam matérias primas de metais e polímeros por meio de máquinas diversas, como por exemplo, tornos, retíficas, dentre outras. O produto químico mais utilizado são os óleos solúveis, que depois são encaminhados para a incineração. Consomem 70 m³ de água

potável por mês e a sua fonte de abastecimento é a rede de distribuição. Atualmente não existe abertura para o uso do efluente tratado, devido às instalações da empresa ser alugada e não possuir uso significativo de água além de uso sanitário.

Perfil 2

Empresa de grande porte com aproximadamente 200 funcionários. Os produtos da empresa são laminados de PU e PVC e, o processo de fabricação é a cura térmica. A empresa consome 500 m³ de água potável por mês e a sua fonte de abastecimento é por meio de poços, caminhões e a rede de distribuição. Demonstra abertura para o uso de efluente tratado, em torno de 500m³, porque acreditam na racionalização do uso dos recursos hídricos. A principal restrição para a água de reúso é a ausência de óleo, e define como valor limite R\$ 3,50/m³ para o uso do efluente tratado.

Perfil 3

Empresa de médio porte com aproximadamente 76 funcionários. Os produtos dessa empresa são detergentes, acabamentos, impermeabilizantes, dentre outros. O seu processo de fabricação é baseado na adição e mistura das matérias primas nos reatores de fabricação. Dentre os produtos químicos utilizados estão os ácidos, solventes, essências, etc. A empresa consome 400 m³ de água potável por mês e a sua fonte de abastecimento é a rede de distribuição. Afirma possuir uma estação de tratamento de efluente interna e a prática de reúso. Define como valor limite R\$ 8,00/m³ para o uso do efluente tratado.

Perfil 4

Empresa de médio porte com aproximadamente 26 funcionários. Os principais produtos são massa simples (cal ou cimento), massa mista (cal e cimento), concreto normal, alto desempenho, pavimentação, dentre outros. O seu processo de fabricação consiste na adição de areia, pedra, cimento, cal emulsificante MBT 398 e água em um silo. Após a mistura são encaminhados aos caminhões betoneiras e transportado para as obras. O consumo mensal de água potável corresponde a 720 m³ e as suas fontes

de abastecimento são a rede de distribuição e poço. Afirma a prática do reúso para a limpeza principalmente do pátio e peças, e considera como fator limitante para o uso do efluente tratado o pH.

Perfil 5

Empresa de médio porte com aproximadamente 180 funcionários. Trabalham com usinagem de peças metálicas. O consumo mensal de água potável corresponde a aproximadamente, 300 m³. A sua fonte de abastecimento é a rede de distribuição e tanques coletores de água de chuva. Para a sua abertura em relação ao uso do efluente tratado considera importante à ausência de bactérias, por serem contaminantes potenciais no uso do óleo na usinagem. Afirma usar água pluvial para diversos fins. Define como valor limite para o uso do efluente tratado, qualquer proposta mais econômica em relação aos preços atuais da água potável.

Perfil 6

Empresa de pequeno porte com 25 funcionários. Os produtos oferecidos ao mercado são ferramentas de metal duro e o seu processo de fabricação consiste em usinagem. O consumo mensal de água potável corresponde a 60 m³ e a sua fonte de abastecimento é a rede de distribuição. Apesar de nunca ter pensado no reúso de efluente tratado demonstra abertura e, considera que para o seu uso é necessário à ausência de partículas sólidas. Define como valor limite para o uso do efluente tratado, uma diferença de 30% em relação ao preço pago pela água potável.

Perfil 7

Empresa de grande porte com aproximadamente 1000 funcionários. Os principais produtos ferramentas elétricas, sistemas de injeção à gasolina e motores de força motriz e, os processos de fabricação são: linhas de montagem pneumáticas, mecânicas e injetoras. Dentre os produtos químicos utilizados estão as resinas epóxi, ácidos, alcalinos e emulsões. O consumo mensal de água potável corresponde a 7000 m³ e as suas fontes de abastecimento são a rede de distribuição e rede particular de

manancial outorgado (água industrial). Considera que para o uso do efluente tratado nos processos de apoio (galvanização e resfriamento fabril) as principais características são: baixa dureza, ausência de matérias orgânicas, pH e condutividade elétrica na faixa de até 150 micro Siemens. Define como valor limite para o uso do efluente tratado, 60% do custo da água potável.

Perfil 8

Empresa de pequeno porte com 12 funcionários. Os produtos oferecidos ao mercado são laminados de PVC e o seu processo de fabricação é a espalmagem. Os produtos químicos utilizados são: DOP (dioctil phtalato), PVC e solvente (água raz). O consumo mensal de água potável corresponde a 100 m³ e as suas fontes de abastecimento são a rede de distribuição e caminhão. Afirma usar água pluvial nos sistemas de refrigeração e caldeira. Define como valor limite para o uso do efluente tratado, 30 a 40% do valor pago pela água tratada.

Perfil 9

Empresa de pequeno porte. Os produtos oferecidos ao mercado são vestimentas de segurança para frio, calor e proteção química. Nas instalações da empresa ocorrem resinagem, corte, costura, acabamento com fechamento de segurança e eventual tingimento de malha de algodão. Os produtos químicos utilizados são as resinas acrílicas. O consumo mensal de água potável corresponde a 80 m³ e a sua fonte de abastecimento é a rede de distribuição. Não demonstra abertura para o reúso do efluente tratado, por não considerar economicamente viável, no entanto, define uma estimativa de demanda de água de reúso de 30% do consumo atual e define como valor limite para o uso do efluente tratado, 50% da tarifa de água potável.

Na Figura 5.27 encontram-se delimitadas apenas as 9 empresas usadas no estudo de potencialidade de reúso de água para fins industriais, juntamente com um exemplo do formato do banco de dados gerado para cada perfil. Além disso foi

especificada a distância (Tabela 5.4) entre o potencial usuário e fornecedor de água de reúso (ETE Piçarrão).

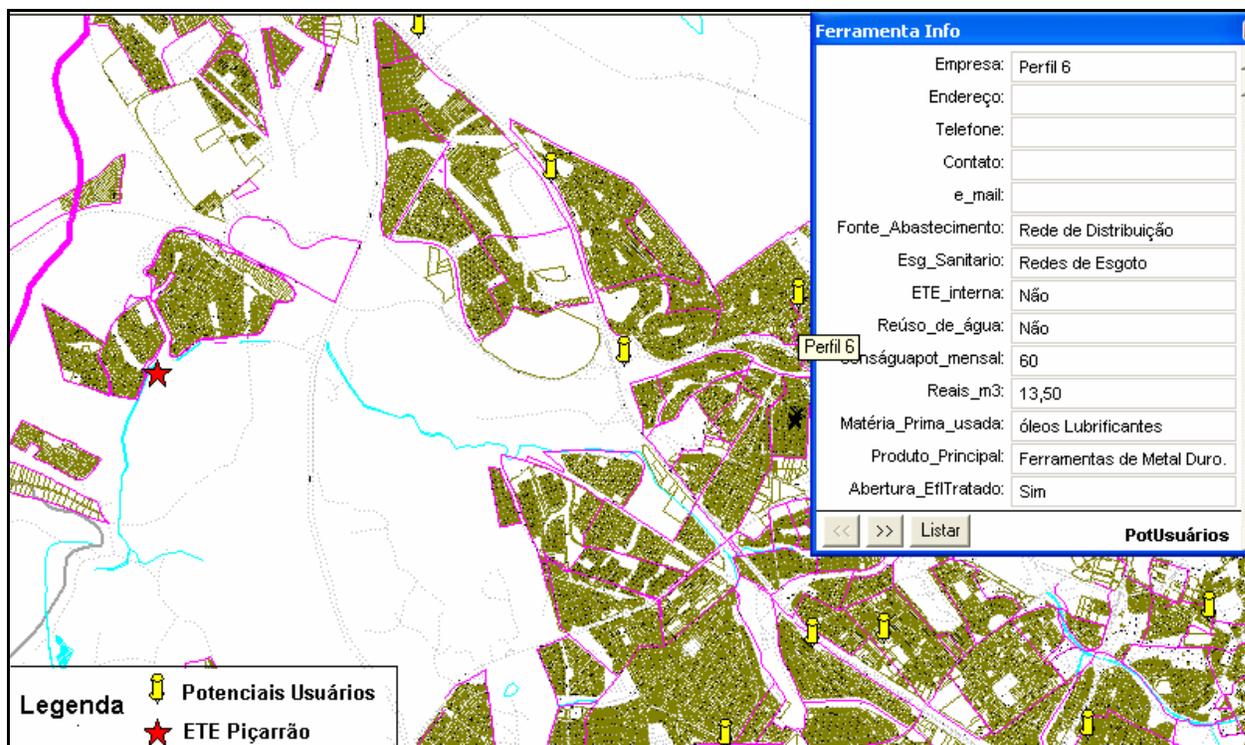


Figura 5.27 – Delimitação dos 9 perfis em relação a ETE Piçarrão. (Escala: 1 cm – 0,5375 Km).

Tabela 5.4 - Distância entre fornecedor e usuário.

Potenciais Usuários – Perfil industriais	Distância (Km)
Perfil 1	5,45
Perfil 2	3,95
Perfil 3	9,11
Perfil 4	4,05
Perfil 5	7,04
Perfil 6	5,90
Perfil 7	4,28
Perfil 8	9,88
Perfil 9	6,20

De acordo com o retorno dos questionários – modelo 1 (Anexo A), no qual os entrevistados atribuíram valores (pesos) aos critérios dentro de um intervalo pré-estabelecido (escala de desempenho de 1 a 10) e identificados os potenciais usuários, produziu-se a matriz multicritério de avaliação ou “PayOff” (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 – Matriz “PayOff”.

Critérios (Notas de 1 a 5)	Opções - Potenciais Usuários								
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9
Distância	3	5	1	5	3	4	5	1	3
Qualidade do Efluente Tratado	3	4	1	4	3	3	3	3	2
Disponibilidade de água de reúso	1	3	3	3	3	1	5	1	4
Mão de obra Especializada	3	3	2	3	3	3	3	3	3
Riscos (Toxicidade)	3	4	1	4	3	3	4	4	4
Necessidade de Pós-tratamento	3	4	1	4	3	3	3	3	2
Benefícios Ambientais	1	5	4	1	1	3	5	4	2
Aceitabilidade	1	5	5	5	3	5	5	5	1
Imagem	1	5	5	5	5	1	5	5	3
Confiabilidade	5	5	5	5	3	5	5	5	3
Meio de transporte	5	3	2	4	3	5	1	5	1
Custos Ambientais	1	4	4	1	1	3	4	5	5
Custos c/ Manutenção e Monitoramento	3	4	1	4	3	3	3	3	2

De posse da matriz “PayOff” iniciou-se a análise multicriterial pelos métodos CP e CGT para classificar as opções para o reúso de água proveniente da ETE Piçarrão. As notas atribuídas a cada critério, de acordo com a opinião dos entrevistados, são apresentadas no Anexo F.

Inicialmente foram discriminadas as classificações das opções industriais de acordo com os pesos atribuídas por cada entrevistado (Tabelas 5.6 e 5.7), sem nenhum tratamento. Com isso cada questionário - modelo1 (Atribuição de pesos aos critérios), foi considerado um cenário e, conseqüentemente foi respeitado o peso atribuído para critério. Essa análise foi realizada para verificar o comportamento de cada método nos 30 cenários.

Observando as tabelas 5.6 e 5.7, verifica-se que o comportamento do método CP é mais conservador em relação ao método CGT, baseado na pequena oscilação na classificação das opções industriais no CP. Como exemplo desse comportamento, verifica-se na tabela 5.6 a classificação do perfil 2 em primeiro lugar nos 30 cenários avaliados.

A seguir nas tabelas 5.8 e 5.9 foram realizados cálculos aplicando os métodos CP e CGT, considerando um valor médio aos pesos atribuídos para cada critério nos 30 questionários – modelo1. Após essa avaliação realizou-se a classificação dos potenciais usuários industriais em cada método multicriterial, discriminada no final dos cálculos nas tabelas 5.8 e 5.9.

Tabela 5.6 - Classificação dos perfis de acordo com as notas atribuídas aos 13 critérios pelos entrevistados – Método CP (2006).

Perfis Industriais	Entrevistados - Modelo Questionário 1																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Perfil 1	6º	7º	6º	7º	7º	7º	6º	6º	7º	7º	9º	7º	7º	7º	7º	7º	8º	7º	7º	8º	7º	7º	8º	7º	7º	7º	7º	6º	7º	6º	
Perfil 2	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	1º	
Perfil 3	8º	9º	9º	9º	9º	9º	8º	9º	9º	9º	6º	9º																			
Perfil 4	2º	3º	2º	3º	4º	3º	3º	3º	3º	3º	2º	3º	3º																		
Perfil 5	6º	6º	7º	6º	6º	6º	7º	7º	6º	6º	7º	6º	8º	6º	7º																
Perfil 6	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º	5º
Perfil 7	5º	2º	3º	2º																											
Perfil 8	5º	4º	3º	4º																											
Perfil 9	5º	8º	8º	8º	8º	8º	9º	8º	7º	8º	8º	7º	8º	8º	7º	8º	8º	8º	7º	8º	8º										

Tabela 5.7 – Classificação dos perfis de acordo com as notas atribuídas aos 13 critérios pelos entrevistados – Método CGT (2006).

Perfis Industriais	Entrevistados - Modelo Questionário 1																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Perfil 1	3º	8º	4º	9º	9º	9º	5º	9º	8º	9º	9º	8º	9º	8º	9º	9º	9º	9º	9º	6º	6º	9º	6º	7º	6º	6º	8º	4º	8º	8º
Perfil 2	5º	1º	6º	1º	1º	2º	2º	3º	1º	1º	2º	3º	3º	2º	1º	2º	2º	3º	2º	3º	2º	4º	3º	2º	2º	2º	3º	5º	1º	2º
Perfil 3	8º	6º	9º	5º	5º	7º	7º	6º	9º	5º	5º	6º	5º	7º	5º	4º	6º	5º	5º	8º	8º	5º	8º	8º	8º	9º	6º	8º	6º	5º
Perfil 4	6º	4º	5º	3º	4º	3º	6º	2º	2º	2º	4º	5º	4º	4º	4º	5º	4º	4º	4º	7º	1º	6º	7º	4º	7º	1º	2º	6º	2º	4º
Perfil 5	9º	9º	8º	8º	8º	8º	9º	8º	6º	7º	8º	9º	8º	9º	9º	8º	7º	6º	8º	9º	9º	8º	9º	9º	9º	8º	7º	9º	5º	7º
Perfil 6	2º	7º	3º	6º	6º	5º	4º	5º	7º	6º	7º	7º	7º	6º	7º	7º	8º	7º	7º	5º	5º	7º	5º	6º	4º	5º	5º	3º	7º	6º
Perfil 7	7º	2º	1º	2º	2º	1º	3º	1º	3º	3º	1º	1º	1º	1º	2º	1º	5º	2º	1º	1º	3º	2º	1º	1º	3º	3º	4º	7º	3º	3º
Perfil 8	1º	3º	2º	4º	3º	4º	1º	4º	4º	4º	3º	2º	2º	3º	3º	3º	1º	1º	3º	2º	4º	1º	2º	3º	1º	4º	1º	1º	4º	1º
Perfil 9	4º	5º	8º	7º	7º	6º	8º	7º	5º	8º	6º	4º	6º	5º	6º	6º	3º	8º	6º	4º	7º	3º	4º	5º	5º	7º	9º	2º	9º	9º

Tabela 5.8 –Classificação dos perfis industriais de acordo com valores médios dos pesos atribuídos pelos 30 entrevistados – Resultados obtidos com a aplicação do Método CP (2006).

Pesos	Potenciais Usuários Industriais									MV	PV	Cálculo 1 - Perfil 1	Cálculo 2 - Perfil 2	Cálculo 3 - Perfil 3	Cálculo 4 - Perfil 4	Cálculo 5 - Perfil 5	Cálculo 6 - Perfil 6	Cálculo 7 - Perfil 7	Cálculo 8 - Perfil 8	Cálculo 9 - Perfil 9
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9											
7,70	3	5	1	5	3	4	5	1	3	5	1	3,85	0	7,7	0	3,85	1,925	0	7,7	3,85
9,30	3	4	1	4	3	3	3	3	2	4	1	3,1	0	9,3	0	3,1	3,1	3,1	3,1	6,2
8,30	1	3	3	3	3	1	5	1	4	5	1	8,3	4,15	4,15	4,15	4,15	8,3	0	8,3	2,075
7,90	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	0	0	7,9	0	0	0	0	0	0
8,80	3	4	1	4	3	3	4	4	4	4	1	2,9333	0	8,8	0	2,9333	2,9333	0	0	0
7,70	3	4	1	4	3	3	3	3	2	4	1	2,5667	0	7,7	0	2,5667	2,5667	2,5667	2,5667	5,1333
8,00	1	5	4	1	1	3	5	4	2	5	1	8	0	2	8	8	4	0	2	6
7,70	1	5	5	5	3	5	5	5	1	5	1	7,7	0	0	0	3,85	0	0	0	7,7
7,00	1	5	5	5	5	1	5	5	3	5	1	7	0	0	0	0	7	0	0	3,5
9,10	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	3	0	0	0	0	9,1	0	0	0	9,1
7,90	5	3	2	4	3	5	1	5	1	5	1	0	3,95	5,925	1,975	3,95	0	7,9	0	7,9
8,00	1	4	4	1	1	3	4	5	5	5	1	8	2	2	8	8	4	2	0	0
8,00	3	4	1	4	3	3	3	3	2	4	1	2,6667	0	8	0	2,6667	2,6667	2,6667	2,6667	5,3333
Resultado dos Cálculos para cada opção												54,117	10,1	63,475	22,125	52,167	36,492	18,233	26,333	56,792
Classificação das opções pelo método CP												7º	1º	9º	3º	6º	5º	2º	4º	8º

Tabela 5.9 – Classificação dos perfis industriais de acordo com valores médios dos pesos atribuídos pelos 30 entrevistados - Resultados obtidos com a aplicação do Método CGT (2006).

Pesos	Potenciais Usuários Industriais										Cálculo 1 - Perfil 1	Cálculo 2 - Perfil 2	Cálculo 3 - Perfil 3	Cálculo 4 - Perfil 4	Cálculo 5 - Perfil 5	Cálculo 6 - Perfil 6	Cálculo 7 - Perfil 7	Cálculo 8 - Perfil 8	Cálculo 9 - Perfil 9
	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6	Perfil 7	Perfil 8	Perfil 9	PV-1									
7,70	3	5	1	5	3	4	5	1	3	1	207,9366	43237,64	0	43237,64	207,9366	4718,823	43237,64	0	207,9366
9,30	3	4	1	4	3	3	3	3	2	0	27367,03	397336	1	397336	27367,03	27367,03	27367,03	27367,03	630,3459
8,30	1	3	3	3	3	1	5	1	4	0	1	9122,343	9122,343	9122,343	9122,343	1	633069	1	99334
7,90	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	238,8564	238,8564	1	238,8564	238,8564	238,8564	238,8564	238,8564	238,8564
8,80	3	4	1	4	3	3	4	4	4	0	15800,36	198668	1	198668	15800,36	15800,36	198668	198668	198668
7,70	3	4	1	4	3	3	3	3	2	0	4718,823	43237,64	1	43237,64	4718,823	4718,823	4718,823	4718,823	207,9366
8,00	1	5	4	1	1	3	5	4	2	0	1	390625	65536	1	1	6561	390625	65536	256
7,70	1	5	5	5	3	5	5	5	1	0	1	241028,9	241028,9	241028,9	4718,823	241028,9	241028,9	241028,9	1
7,00	1	5	5	5	5	1	5	5	3	0	1	78125	78125	78125	78125	1	78125	78125	2187
9,10	5	5	5	5	3	5	5	5	3	2	21968,65	21968,65	21968,65	21968,65	1	21968,65	21968,65	21968,65	1
7,90	5	3	2	4	3	5	1	5	1	0	332554,7	5878,383	238,8564	57052,4	5878,383	332554,7	1	332554,7	1
8,00	1	4	4	1	1	3	4	5	5	0	1	65536	65536	1	1	6561	65536	390625	390625
8,00	3	4	1	4	3	3	3	3	2	0	6561	65536	1	65536	6561	6561	6561	6561	256
Resultado dos Cálculos para cada opção											409422,3	1560538	481560,7	1155553	152741,6	668081,1	1711145	1367393	692614,1
Classificação das opções pelo método CGT											8º	2º	7º	4º	9º	6º	1º	3º	5º

Na análise dos resultados apresentados nas tabelas 5.6 e 5.7, observa-se uma inversão na colocação de alguns perfis, comparando os dois métodos multicriteriais.

Considerando a estrutura de cálculo de cada método, observa-se que o CP é baseado em um somatório, portanto pode ofuscar o resultado, compensando um critério com nota baixa por outro, com um desempenho melhor. No caso do CGT, baseado no produto, desenvolve outro comportamento, pois um critério que recebe nota baixa, torna-se responsável pela penalidade global da alternativa.

Outro fator que deve ser considerado nos resultados é a metodologia adotada, em que, baseados nas informações obtidas pelos questionários, foram avaliados os critérios em cada opção (perfil). Portanto as avaliações foram influenciadas pela qualidade das respostas principalmente em relação à abertura ao reúso de água de uma estação de tratamento de esgoto, o processo de fabricação, consumo de água potável, características necessárias para o uso do efluente, estimativa de demanda para a água de reúso e a delimitação do valor limite a ser pago pela empresa.

Baseado nos cálculos e na metodologia adotada, pode-se dizer que o método CGT resultou na classificação mais confiável, delimitando um cenário que representa todas as informações disponibilizadas, desde as positivas quanto às negativas, em cada caso avaliado. Portanto pode-se afirmar que o Perfil 7 foi classificado em primeiro lugar enquanto que o Perfil 5 foi classificado em 9º.

Deve-se ressaltar que os métodos multicriteriais são ferramentas apropriadas para qualquer processo de escolha e decisão, que possibilitam uma avaliação além da tradicional (técnico-econômica), considerando vários aspectos de forma subjetiva. Determina opções, caminhos, fundamentado em conceitos que inicialmente não são considerados em relações comerciais, mas que em virtude das mudanças e exigências

atuais (principalmente em relação à questão ambiental e social) serão diferenciais para qualquer industrial.

No entanto, para realizar um contrato real entre o fornecedor e o potencial usuário, será necessário um estudo mais detalhado para cada empresa, considerando aspectos técnicos, principalmente em relação à qualidade do efluente.

6. Conclusões e Recomendações.

Com a necessidade de se buscar fontes cada vez mais distantes para abastecimento e a deterioração da qualidade das águas dos mananciais, que torna o tratamento de água para fins potáveis mais criterioso e oneroso, define-se o reúso de água como uma ferramenta muito importante para enfrentar essa realidade.

A reutilização do efluente tratado no município de Campinas, mostra-se promissora de acordo com alguns resultados obtidos nesta pesquisa.

O retorno dos questionários modelo - 2, aplicados na área delimitada para essa pesquisa, representando uma pequena parcela industrial de Campinas, identificou o interesse no uso do efluente tratado para fins industriais. Sabe-se que esse número não pode representar a cidade de Campinas, de forma integral, mas sinaliza para o início de uma prática do reúso de água na região.

O modelo 1, encaminhado a pesquisadores que atuam na área, agentes decisores das empresas de saneamento e organizações não governamentais, descreveu por meio das notas atribuídas aos 13 critérios, quais eram os mais relevantes para esta pesquisa. Dentre eles estão: Qualidade do Efluente Tratado, Riscos, Confiabilidade, Custos Ambientais e Custos com Manutenção e Monitoramento.

Outra abordagem considerada no modelo 1, foi qual seria o valor limite (preço) para que usassem o efluente tratado nos seus processos. Dentre os questionários respondidos consideram um valor aceitável para a aplicação da água de reúso em suas

instalações, na faixa de 40 % mais barato que a tarifa já paga por eles pela água potável.

De acordo com a avaliação dos parâmetros físicos e químicos da ETE Piçarrão, pode-se atestar a estabilidade do sistema de tratamento adotado. Portanto, existe a possibilidade de aplicação desse produto final para o reúso. No entanto, serão necessários a desinfecção do mesmo e o controle de alguns parâmetros, dependendo da aplicação dessa água.

Os métodos multicriteriais, de uma forma geral, foram eficazes como um suporte (orientação) na escolha das opções industriais para o reúso de água proveniente da ETE Piçarrão. Baseado nos cálculos e na metodologia adotada, conclui-se que o método CGT classificou de forma mais confiável, delimitando um cenário que representava todas as informações disponibilizadas, desde as positivas quanto às negativas, em cada caso avaliado.

A metodologia adotada nessa pesquisa, mostrou-se apta para a avaliação de outras estações de tratamento de esgoto, existentes ou previstas no município de Campinas, São Paulo. No entanto, considerando essa pesquisa, como um passo inicial para a implantação da cultura do reúso, deve-se avaliar cada possibilidade de aplicação da metodologia, aprimorando-a sempre que necessário.

Ressaltam-se dentro da metodologia adotada, a importância do banco de dados na atualização de informações e na identificação de novos potenciais usuários. Futuramente depois de implantado a prática do reúso na região, por meio de contratos entre usuários e fornecedor, torna-se muito importante a implantação de redes de distribuição de água de reúso (devidamente identificadas).

Recomenda-se verificar a região de Hortolândia próxima a ETE Piçarrão, com o intuito de aumentar os potenciais usuários para o efluente tratado. No entanto deve-se considerar nesse caso, além dos interesses qualitativos, quantitativos e econômicos, os interesses públicos das duas cidades envolvidas.

Na cidade de Campinas, outra região que deve ser avaliada como potencial fornecedor de água de reúso, devido a sua localização, é o setor ETE Anhumas. Será interessante realizar um estudo de viabilidade do reúso nas suas imediações.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmed, S. A., Tewfik, S. R., Talaat, H. A., **Development and verification of a decision support system for the selection of optimum water reuse schemes.**, Desalination, 152, 339- 352, 2002.

Alves, F. V., **Seleção de sítio e tecnologia para estação de tratamento de esgoto por meio de SIG e Métodos Multicriteriais, Estudo de caso: Paulínia – SP.**, 2003, 196p., Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil.

Aramaki, T., Sugimoto, R., Hanaki, K., Matsuo, T., **Evaluation of appropriate system for reclaimed wastewater reuse in each area of Tokyo using GIS-based water balance model.**, Water Science and Technology, 43 (5), 301-308, 2001.

Assad, E. D., **Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura.**, capítulo 2, p. 13-29, 1998., Embrapa – SP.

Assano, T., **Water from (waste) water - the dependable water resource.**, Water Science and Technology, 45 (8), 23-33, 2002.

Brasil, **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de Março de 2005.

Brasil, **Resolução CNRH nº 54 de 28 de Novembro de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 de Março de 2006.

Bana E Costa C.A., **O que entender por tomada de decisão multicritério ou multiobjetivo?**, Introdução à abordagem Multicritério, p. 118-139, 1995.

Barbagallo, S., Cirelli, G.L., Indelicato, S., **Wastewater reuse in Italy.**, Water Science and Technology., 43 (10), 43-50, 2001.

Bixio, D., Thoeye, C., Koning, J. De, Joksimovic, D., Savic, D., Wintgens, T., Melin, T., **Wastewater reuse in Europe.**, Desalination, 187, 89-101, 2006.

Blum, J. R. C., **Critérios e padrões de qualidade de água.**, Reúso de água. Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública: ABES 2003.

Câmara, G. et al., **Anatomia de Sistema de Informações Geográficas:** Ed. Unicamp, 1996, 193p.

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água/FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica; DTC Engenharia. **Conservação e Reúso de Água – Manual de Orientações para o Setor Industrial - Volume 1.** Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP/CIESP. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/secao2/index.asp?ss=166>. Acesso em 30 de junho de 2005.

Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – CBH-PCJ..., **Relatório Zero - Situação dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari, Jundiaí.** Piracicaba:, 2000.

Erba, D. A., Gomes, L.P., Cavion, R., Gliesch, A., **Utilização de ferramentas SIG na estimativa de distribuição de consumo de água no campus da UNISINOS em São Leopoldo-RS.**, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário., Outubro, 2004, Florianópolis, SC - Brasil.

Exall, K., Marsalek, J., Schaefer, K., **A review of water reuse and recycling, with reference to Canadian Practice and Potential: 1. Incentives and Implementation.**, Water Quality Resource Journal Canada, 39 (1), 1-12, 2004.

Felizatto, M. R., **ETE CAGIF: Projeto integrado de tratamento avançado e reúso direto de águas residuárias.**, 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Setembro, 2001 João Pessoa, Brasil.

Filho, H. P., (2003) **Sistemas de reúso de água: projetos e estudos de caso.** Reúso de água. Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública: ABES 2003.

Francisco, C.E.S., **Áreas De Preservação Permanente Na Bacia Do Ribeirão Das Anhumas: Estabelecimento De Prioridades Para Recuperação Por Meio De Análise Multicriterial.**, 2006., Dissertação de Mestrado., 105f., Instituto Agronômico de Campinas, Campinas- SP.

Friedler, E., **Water reuse-an integral part of water resources management: Israel as a case study.**, Water Policy, 3, 29-39, 2001.

Gonçalves, R. W., Pinheiro, P. R., Freitas, M. A. De S., **Métodos Multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu – Estado do Ceará.**, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba, Brasil.

Hamoda, M. F., **Water Strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries.**, Desalination, 165, 31-41, 2004.

Hara, L. T., **Técnicas de apresentação de dados em geoprocessamento.**, 153p., 1997, Dissertação de Mestrado., <http://www.dpi.inpe.br/dpi/teses/lauro/cap2.pdf>., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos – SP. Extraído do site: www.dpi.inpe.br/dpi/teses/lauro.

Hermanowicz, S. W., Asano, T., **Abel wolman's " The metabolism of cities " revisited: A case for water recycling and reuse.**, Water Science and Technology, 40(4-5), 29-36, 1999.

Hermanowicz, S. W., Diaz, E. S., Coe, J., **Prospects, problems and Pitfalls of urban water reuse: a case study.**, Water Science and Technology, 43(10), 9-16, 2001.

Hespanhol, I., **Potencial de Reúso de água no Brasil - agricultura, industria, municípios, recarga de aquíferos**, III Encuentro de Las Águas: Água, Vida e Desarrollo, Outubro 2001, Santiago - Chile.

Leite, A. M. F., **Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos.**, Dissertação de Mestrado –Universidade Católica de Brasília, 2003, 120f, Brasília, Brasil.

Londe, L. de R., **Eficiência da filtração lenta no tratamento de efluentes de leitões cultivados** , 2002, 91f., Dissertação de Mestrado –Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, Brasil.

Maron, R. Jr., **Reúso de água em industria metalúrgica rolamenteira – Estudo de Caso da SKF do Brasil LTDA.**, 2006, 76f., Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Mattos, S. H. V. L., **Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP)**, 2005, 120f., Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, Brasil.

Mierzwa, J. C., **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: Estudo de caso da KODAK Brasileira**, 2002, 401f. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Morelli, E. B., **Reúso de água na lavagem de veículos.**, 2005, 92f., Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Netto, O. M. C., et al, **Uma metodologia para análise tecnológica de sistemas com reatores biológicos anaeróbios para tratamento de águas residuárias municipais**, XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Dezembro 2000, Porto Alegre, Brasil.

Ogoshi, M., Suzuki, Y., Asano, T., **Water reuse in Japan.**, Water science and Technology, 43 (10), 17-23, 2001.

OMS - WHO, **Reuse of effluents: Methods of Wastewater Treatment and Health Safeguards.**, Technical Report Séries nº517, Geneva, 1973.

Papaiacovou, I., **Case s t u d y - wastewater reuse in Limassol as an alternative water source.**, Desalination, 138, 55-59, 2001.

Pinjing, H., Phan, L., Guowei, G., Hervouet, G., **Reclaimed municipal wastewater – a potential water resource in China.**, Water Science and Technology, 43 (10), 51-58, 2001.

Rodrigues, R. dos S., **As dimensões Legais e institucionais do reúso de água no Brasil.**, 2005 177f. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

SANASA, **Programa de obras do sistema de esgoto sanitárias do município de Campinas**, Dezembro 2003a, Campinas-SP.

SANASA, **Tratamento de Esgoto: Uma nova etapa na Sanasa.**, Outubro de 2003b., Apresentação de Slides, Campinas – SP.

SANASA, **Sistema de afastamento e tratamento dos esgotos do ribeirão Piçarrão**, Dezembro de 2006, Disponível no site: <http://www.sanasa.com.br>.

Santos, H.F. dos; Mancuso, P. C. S. (2003). **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial**. Reúso de água. Universidade de São Paulo/Faculdade de Saúde Pública: ABES 2003.

Santos, I. J., Souza, M. A. A., **Reúso de água: uma análise da adequabilidade da utilização das residuárias tratadas no distrito federal.**, XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental., Dezembro 2000, Porto Alegre – RS – Brasil.

Santos, M. A., **Construção de cenários em ambiente SIG para avaliar mudanças de uso das terras induzidas por usinas hidrelétricas na região agrícola de Andradina.**, 2003, 140f., Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, Brasil.

Semura, K. A., Riccitelli, M., Gonsalves, M.C., **Estudo para implantação de reúso e proposição de parâmetros de qualidade para usos urbanos não potáveis a partir das ETEs da RMPS.**, 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental., Setembro 2005, Campo Grande – MS – Brasil.

Serra, A. R. L. C., **Indicadores de Pressão para o Córrego do Piçarrão.**, 2002, 119f., Dissertação de Mestrado – Faculdade De Engenharia Civil – Universidade Estadual De Campinas, Campinas – SP.

Setti, A.A. Lima, J.E.F.W., *et al.*, **Recursos Hídricos**, Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos, ANEEL, ANA ,2001.

Shandas, V., *et al.*, **A GIS based water demand analysis for municipal application.**, Map India Conference, 2003, India.

Silva, S. F., **Avaliação das alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Piçarrão, Campinas-SP.**, 2000, 138f. Dissertação de Mestrado – Escola Engenharia de São Carlos, São Carlos, Brasil.

Sperling, M. V., **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2º ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

TERRIS, M. **Tendencias actuales en la salud publica de las Americas.** In: **Organización Panamericana de la Salud. La crisis de la salud pública: reflexiones para el debate.** Washington, D.C., 1992. p. 185-204. (OPS - Publicación Científica, 540)

Tosetto, M. S., **Tratamento Terciário de Esgoto Sanitário para fins de reúso urbano.** 2005, 220f., Dissertação de Mestrado – Faculdade De Engenharia Civil – Universidade Estadual De Campinas, Campinas – SP.

Tsagarakis, K.P., Dialynas, G.E., Angelakis, A.N., **Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria.**, Agricultural Water Management, 66, 35-47, 2004.

USEPA, **Guidelines for ecological risk assessment: final report.** EPA 630-R-95-002F, Washington. EUA. 1998. Disponível em: www.epa.gov. Acesso em 10/01/2006.

Venturini, M.A.G., **Metodologia de análise de decisão multicriterial para a reabilitação de sistemas de abastecimento de água.**, 2003, Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil.

Zan, F. A. A., **Avaliação de estratégias de sustentabilidade técnica em um sistema de reúso de água a partir de efluentes industriais tratados: Estudo de caso na Volkswagen, Taubaté, SP.**, 2006, 201f., Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

Zuffo, A.C., **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**, 1998, 301f. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

Zuffo, A.C.; Reis, L.F.R.; Santos, R.F.; Chaudhry, F.H., **Aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento dos recursos hídricos.** Revista Brasileira Recursos Hídricos, v.7, n.1, p. 81-102, 2002.

Anexo A – Questionário 2 – Potenciais Usuários

Prezado Senhor (a)

Venho solicitar a colaboração de V. Sa. no tocante ao preenchimento de um questionário que tem a finalidade de ponderar os critérios adotados em uma pesquisa de doutoramento desenvolvida na área de Saneamento e Ambiente, na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP).

A pesquisa tem como objetivo verificar a viabilidade do reúso do efluente tratado da ETE Piçarrão para fins não potáveis, no município de Campinas - SP, por meio de utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG) integrado à aplicação de Método Multicriterial, considerando os aspectos técnicos, econômicos, sociais, ambientais e legais.

Por meio da visualização da região, serão delimitados alguns potenciais usuários (alternativas) de acordo com a sua localização em relação ao fornecedor da água de reúso (ETE Piçarrão). Procurar-se-á dentro de um ambiente multicriterial proceder a um estudo de hierarquização de alternativas, conjuntamente com uma quantificação da contribuição de cada uma para a potencialidade do reúso de água da ETE Piçarrão.

Para a realização desse estudo, foram delimitados 13 critérios, no qual o senhor (a) poderá atribuir notas (pesos – números inteiros) dentro do intervalo pré-estabelecido (escala de desempenho), considerando como valor máximo (10) e mínimo (1) de prioridades. Em relação aos critérios adotados nessa pesquisa, são fornecidas na tabela a seguir algumas informações para auxiliar na definição dos seus pesos. No final da mesma, existe o campo delimitado como *Sugestões*, caso exista algum comentário ou contribuição pertinente para esse trabalho.

A contribuição de V. Sa será muito importante para que possamos atribuir uma boa ponderação a cada um dos critérios considerados. A avaliação dos pesos é subjetiva, mas toda a escolha representa o conhecimento adquirido, por anos de experiência, por

cada um dos profissionais consultados. Essa avaliação representará o grau de importância que um determinado critério tem sobre os demais na opinião dos diversos especialistas consultados. O valor final dos pesos será obtido após o tratamento estatístico dos questionários.

Os resultados desta pesquisa deverão ser publicados na forma de uma Tese de doutorado, de caráter e finalidades estritamente científicas, ficando desta forma a disposição de V. Sa.

Certo de poder contar com sua atenção, antecipadamente agradecemos e nos colocamos à disposição para eventuais esclarecimentos e informações adicionais que se fizerem necessárias.

Cordialmente,

Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac

Viaro

DSA/FEC/UNICAMP

Contato:

M Sc. Vivien Luciane

DSA/FEC/UNICAMP

Contato:

e-mail:

Critério	Descrição do Critério	Notas (1-10)
Distância	Refere-se à distância existente entre o fornecedor (Estação de tratamento de esgoto) e o usuário (potencial usuário).	
Qualidade do efluente tratado	Atendimento aos padrões físico-químicos e bacteriológicos necessários para determinado uso (por exemplo, irrigação de áreas verdes, lavagem de peças, processos industriais, dentre outros)	
Disponibilidade de água de reúso	Refere-se ao fornecimento adequado (oferta da água de reúso) perante as necessidades do usuário (demanda).	
Mão de obra especializada	Refere-se aos cuidados necessários (treinamento, equipamentos de segurança, etc...), tanto no manuseio quanto no transporte.	
Riscos (Toxicidade)	Considera os riscos devido o uso da água de reúso. (Nesse critério pretende-se abordar as possíveis doenças de veiculação hídrica (saúde pública)).	
Necessidade de Pós-tratamento	Considera a necessidade de adequação do tratamento já existente na ETE para um determinado uso (finalidade).	
Benefícios Ambientais	Baseado em duas relações: padrões normativos para a reutilização e para o despejo do efluente em mananciais pretendem-se avaliar a contribuição para o meio ambiente. Pois quanto maior a possibilidade de reutilização menor a contaminação, considerando que os padrões para a reutilização são mais criteriosos que o despejo.	
Aceitabilidade	Expressam o grau de sacrifício ou abertura para o uso de uma nova fonte de recurso hídrico não potável para finalidades menos nobres.	
Imagem	Preocupação com a projeção política ou de mercado por adotar o reúso de água. Nesse critério será considerada a vantagem existente por adotar o reúso (ferramenta que visa amenizar os impactos ao meio) como marketing ambiental para a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa em questão.	
Confiabilidade	Expressa o grau de segurança no tratamento do efluente e conseqüentemente no uso da água de reúso.	
Meio de transporte	Considera o grau de importância do transporte na implantação do reúso de água. Nesse critério pretende-se considerar os fatores (custos) envolvidos no meio usado (caminhão pipa ou rede de distribuição).	
Custos Ambientais	Refere-se aos gastos referentes ao uso da água potável e o despejo do efluente no meio. Considera a figura do usuário-pagador diante da necessidade de se encontrar medidas para diminuir o consumo de água potável para fins menos nobres. Quanto maior o uso de efluente menor os gastos com tarifas do usuário-pagador.	
Custos com Manutenção e Monitoramento	Refere-se aos custos necessários para a manutenção do sistema de reúso e para o monitoramento da água residuária, garantindo a eficiência do reúso.	
Sugestões		

Anexo B– Questionário– Modelo2 Potenciais Usuários

Ref.. Aplicação de questionário para delimitar os potenciais usuários de reúso em Campinas.

Prezado Senhor:

Venho respeitosamente pedir autorização, para que eu, Vivien Luciane Viaro, aluna regular de doutorado no programa de pós-graduação em engenharia civil da FEC, RA xxxxxx, portadora do CPF nº....., tenha acesso a algumas informações delimitadas no questionário encaminhado a Ltda.

Antes de qualquer coisa, agradeço a possibilidade desse contato que será muito útil para a minha pesquisa. Vou tentar delimitar o meu trabalho e o que desejo.

Trata-se de uma pesquisa de doutorado desenvolvida na área de Saneamento e Ambiente, na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP). O objetivo principal é verificar a viabilidade do reúso do efluente tratado da ETE Piçarrão para fins não potáveis, no município de Campinas - SP.

Reúso aqui é considerado como a utilização da água por mais de uma vez, depois de um tratamento adequado. A utilização de tecnologias apropriadas, juntamente com o uso racional e o controle da demanda de água, constitui uma alternativa para a solução do problema da escassez de recursos hídricos. Nessas condições, se mostra como parte importante da solução do problema o reúso de água para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Para que essa pesquisa seja possível, é necessário esse contato com as empresas da região com o intuito de delimitar um perfil do potencial da região. As informações seriam em função de expectativa e abertura para o uso de uma nova fonte hídrica, juntamente

com as necessidades mínimas (qualidade e quantidade) exigidas pela empresa para que não ocorram danos ou prejuízos.

Os dados obtidos nessa pesquisa serão usados sem relatar o nome da empresa, pois o intuito do trabalho não é comercial, apenas existe a preocupação de realizar uma pesquisa baseada em dados reais, possibilitando a conscientização e a prática do reúso.

A princípio, gostaria do retorno do questionário (em anexo), se for possível, com a maior parte das questões respondidas. Também me coloco a disposição para maiores explicações.

Desejo enfatizar que os resultados desta pesquisa deverão ser publicados na forma de uma Tese de doutorado, de caráter e finalidades estritamente científicas, ficando desta forma a disposição de V. Sa.

Aguardo o seu retorno;
Agradeço desde já, pela sua atenção.
Att.

M Sc. Vivien Luciane Viaro
DSA/FEC/UNICAMP
Contato:

Nome da Empresa:

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários:

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto da empresa:

Processo de Fabricação:

Produtos químicos utilizados:

Consumo de água potável mensal: **R\$/m³:**

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

Anexo C - Diretrizes para os diversos usos estabelecidos pela USEPA e OMS.

Quadro A.1

Diretrizes sugeridas pela USEPA para o reúso de efluentes municipais.

Tipos de reúso	Tratamento	Parâmetro	Padrões	Monitoramento	Distâncias de segurança
Urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Filtração • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Turbidez • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 10 mg/L</p> <p>≤ 2 UNT</p> <p>ausentes</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Contínuo</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 15 m de poços de abastecimento potável
Irrigação de áreas de acesso restrito ao público	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Sólidos Suspensos • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>$\leq 200 / 100$ mL</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Diário</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 90 m de poços de abastecimento potável • 30 m de áreas com acesso de público
Agrícola para irrigação de culturas consumidas cruas	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Filtração • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Turbidez • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 10 mg/L</p> <p>≤ 2 UNT</p> <p>ausentes</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Contínuo</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 15 m de poços de abastecimento potável
Agrícola para irrigação de culturas consumidas cozidas	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Sólidos Suspensos • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>$\leq 200 / 100$ mL</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Diário</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 90 m de poços de abastecimento potável • 30 m de áreas com acesso de público

Quadro A.1

Diretrizes sugeridas pela USEPA para o reúso de efluentes municipais (continuação).

Tipos de reúso	Tratamento	Parâmetro	Padrões	Monitoramento	Distâncias de segurança
Agrícola para irrigação de culturas não comestíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Sólidos Suspensos • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 200 / 100 mL</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Diário</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 90 m de poços de abastecimento potável • 30 m de áreas com acesso de público
Recreacional (contato direto)	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Filtração • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Turbidez • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 10 mg/L</p> <p>≤ 2 UNT</p> <p>ausentes</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Contínuo</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 150 m de poços de abastecimento potável, se o fundo do lago não for selado
Paisagístico (sem contato do público)	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Desinfecção 	<ul style="list-style-type: none"> • DBO • Sólidos Suspensos • Coliformes fecais • CLR 	<p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 200 / 100 mL</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Diário</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	
Industrial, para resfriamento sem recirculação	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO • Sólidos Suspensos • Coliformes fecais • CLR 	<p>6 a 9</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 30 mg/L</p> <p>≤ 200 / 100 mL</p> <p>≥ 1mg/L</p>	<p>Semanal</p> <p>Semanal</p> <p>Diário</p> <p>Diário</p> <p>Contínuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 90 m de áreas com acesso de público

Quadro A.1

Diretrizes sugeridas pela USEPA para o reúso de efluentes municipais (continuação).

Tipos de reúso	Tratamento	Parâmetro	Padrões	Monitoramento	Distâncias de segurança
Industrial, para resfriamento com recirculação	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário • Desinfecção (coagulação química e filtração podem ser necessárias) 	Variáveis, dependendo da taxa de recirculação			<ul style="list-style-type: none"> • 90 m de áreas com acesso de público, que pode ser reduzido em função do nível de desinfecção
Industrial para outros usos	Depende do tipo de uso				
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Variável • Secundário • Desinfecção 	Variável, mas não excedendo: <ul style="list-style-type: none"> • DBO • Sólidos Suspensos • Coliformes fecais 	Variável, mas não excedendo: <ul style="list-style-type: none"> ≤ 30 mg/L ≤ 30 mg/L ≤ 200 / 100 mL 	Semanal Diário Diário	
Recarga de aquíferos (não potável)	<ul style="list-style-type: none"> • Depende das características locais e do uso • Mínimo: primário para infiltração/percolação e secundário para injeção 	Depende das características locais e do uso			<ul style="list-style-type: none"> • Especificado pelas características locais

CLR – Cloro Residual Livre

Fonte: USEPA, 2004

Quadro A.2

Diretrizes microbiológicas recomendadas para o reúso agrícola – OMS ^a

Categoria	Condições de reúso	Grupo exposto	Nematóides Intestinais ^b (média aritmética do número de ovos por litro) ^c	Coliformes fecais (média geométrica – número por 100 mL) ^c	Tratamento requerido para atingir os padrões microbiológicos
A	Irrigação de culturas consumidas cruas, campos esportivos, parques públicos ^d	Trabalhadores Consumidores Público	≤ 1	≤ 1000 ^d	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente.
B	Irrigação de cereais, culturas industriais, forragens, pastos e árvores ^e	Trabalhadores	≤ 1	Não aplicável	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada de culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público.	Nenhum	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos que tratamento primário.

^a Em casos específicos, fatores epidemiológicos, socioculturais ou ambientais devem ser levados em consideração e essas diretrizes modificadas de acordo.

^b *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *ancilostomus duodenalis*.

^c Durante o período de irrigação.

^d Um valor diretriz mais restritivo (200 coliformes fecais por 100mL), é apropriado para gramados públicos, tais como de hotéis, com os quais o público tenha contato direto

^e No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes dos frutos serem colhidos, e os frutos não devem ser colhidos no chão. Irrigação por sistemas de aspersores não deve ser utilizada.

Fonte: WHO, 1989.

Quadro A.3

Limites recomendados para o reúso agrícola - USEPA

Parâmetro	Limite Recomendado (mg/L)	
	Limite LP (*)	Limite CP (*)
Alumínio	5	20
Arsênico	0,1	2
Berílio	0,1	0,5
Boro	0,75	2
Cádmio	0,01	0,05
Cromo	0,1	1
Cobalto	0,05	5
Cobre	0,2	5
Fluoretos	1	15
Ferro	5	20
Chumbo	5	10
Lítio	2,5	2,5
Manganês	0,2	10
Molibdênio	0,01	0,05
Níquel	0,2	2
Selênio	0,02	0,02
Vanádio	0,1	1
Zinco	2	10
Parâmetro	Limite Recomendado	
	Valor	Unidade
pH	6 – 8,5	---
Sólidos totais dissolvidos	500 – 2000	mg/L
Sólidos em suspensão	Máximo 30	mg/L
Cloro residual livre	Máximo 1	mg/L
Cloretos	100 – 350	mg/L
Sódio – absorção foliar	Máximo 70	mg/L
Sódio – absorção pela raiz	SAR(*) : 3 - 9	---

(*) LP – Limite par o uso da água por longos períodos (mais de 20 anos); CP – Idem, por curtos períodos (até 20 anos); SAR – Taxa de absorção de sódio.

Fonte: USEPA (1999) apud BLUM (2003).

Anexo D - Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos – Período Seco.

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas										
Data da Coleta	1/4/2005		19/4/2005		26/4/2005		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	ET
PH	7,2	7,8	7,1	7,7	7,4	7,9	7,23	0,15	7,80	0,10
Cor		155		237		275			222,33	61,33
Turbidez		11				30,7			20,85	13,93
Alcalinidade	128				204	0	166,00	53,74		
DBO	127	14	169	41	160	54	152,00	22,11	36,33	20,40
DQO	340	49	406	70	368	75	371,33	33,13	64,67	13,80
Nitrogênio Amoniacal	19,3	28,6			27,4	35,8	23,35	5,73	32,20	5,09
Sól. Totais	496	332			552	372	524,00	39,60	352,00	28,28
Sól. Totais Fixos	274	252			276	268	275,00	1,41	260,00	11,31
Sól. Totais Voláteis	222	80			276	104	249,00	38,18	92,00	16,97
Sól. Dissolvidos	340	320			300	296	320,00	28,28	308,00	16,97
Sól. Suspensos Totais	156	12	212	39	252	76	206,67	48,22	42,33	32,13
Sól. Suspensos Fixos	26	5	16	4	60	24	34,00	23,07	11,00	11,27
Sól. Suspensos Voláteis	130	7	196	35	192	52	172,67	37,00	31,33	22,72
Sól. Sedimentáveis	4	0			5	8,5	4,50	0,71		6,01
Sulfato	54	0			72	0	63,00	12,73		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas												
Data da Coleta	2/5/2005		5/5/2005		29/5/2005		31/5/2005					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,3	7,8	7,3	7,7	7,5	7,6	7,2	7,6	7,33	0,13	7,68	0,10
Cor		267		236		203		222			232,00	26,97
Turbidez		33,9		22,1		25,8		24,8			26,65	5,08
Alcalinidade	220				212				216,00	5,66		
DBO	143	48	200	29	135	24		27	119,50	35,44	32,00	10,86
DQO	420	64	435	62	363	62	449	56	416,75	37,74	61,00	3,46
Nitrogênio Amoniacal	30,2	38,6			32	30,4			31,10	1,27	34,50	5,80
Sól. Totais	570	356			508	386			539,00	43,84	371,00	21,21
Sól. Totais Fixos	296	270			260	272			278,00	25,46	271,00	1,41
Sól. Totais Voláteis	274	86			248	114			261,00	18,38	100,00	19,80
Sól. Dissolvidos	312	300			308	336			310,00	2,83	318,00	25,46
Sól. Suspensos Totais	258	56	224	29	200	50	222	25	226,00	23,94	40,00	15,30
Sól. Suspensos Fixos	48	16	30	10	16	18	26	5	30,00	13,37	12,25	5,91
Sól. Suspensos Voláteis	210	40	194	19	184	32	196	20	196,00	10,71	27,75	10,08
Sól. Sedimentáveis	5,5	5,5	4	0,1	4	0,1		0,5	3,38	0,87	1,55	2,64
Sulfato	47				55				51,00	5,66		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas																
Data da Coleta	12/6/2005		13/6/2005		14/6/2005		21/6/2005		28/6/2005		29/6/2005		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Parâmetros	EB	ET	EB	EB	ET	ET										
PH	7,1	7,6	7,7	7,7	7,3	7,7	7,4	7,5	7,3	7,5	7,1	7,6	7,32	0,22	7,60	0,09
Cor		148		163		187		166				47,7			118,62	54,70
Turbidez		13,8		18,6		19,4		28,8		49,3					25,98	6,27
Alcalinidade	188		215	19			172		168	263			185,75	21,33	141,00	
DBO	165	17			228	37	187	24	255	54	189	48	204,80	36,09	19,50	15,60
DQO	457	43	504	46	523	53	485	70	482	75	443	73	482,33	29,39	60,00	12,08
Nitrogênio Amoniacal	32,5	28,1					32	29,3	29,3	32			16,25	1,72	14,05	2,00
Sól. Totais	584	358					642	349	772	417			666,00	96,27	374,67	36,94
Sól. Totais Fixos	298	308					314	274	342	296			318,00	22,27	292,67	17,24
Sól. Totais Voláteis	286	50					328	75	430	121			348,00	74,05	82,00	36,01
Sól. Dissolvidos	380	347					418	316	496	355			190,00	59,14	339,33	20,60
Sól. Suspensos Totais	204	11	232	21	248	29	224	33	276	62	228	50	235,33	24,45	34,33	18,78
Sól. Suspensos Fixos	20	0	16	5	44	8	44	11	46	18	44	12	35,67	13,76	9,00	6,20
Sól. Suspensos Voláteis	184	11	216	16	204	21	180	22	230	44	184	38	199,67	20,41	25,33	12,89
Sól. Sedimentáveis	5	0		0		0,1	3	0,1	4	0,7		0,4	4,00	1,00	0,33	0,29
Sulfato	47						50		42				46,33	4,04		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas												
Data da Coleta	10/7/2005		11/7/2005		26/7/2005		28/7/2005		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	ET
PH	7,2	7,7	7,3	7,8	7,4	7,1	7,3	7,3	7,30	0,08	7,48	0,33
Cor		133		160		124		117			133,50	18,84
Turbidez		12,6		12,3		10		34,3			17,30	11,39
Alcalinidade	184	0			176				180,00	5,66		
DBO	204	39	239	46	205	36	238	41	221,50	19,64	40,50	4,20
DQO	543	40	572	55	437	47	499	54	512,75	58,74	49,00	6,98
Nitrogênio Amoniacal	40	35,1			29,1	16			34,55	7,71	25,55	13,51
Sól. Totais	680	378			678	418			679,00	1,41	398,00	28,28
Sól. Totais Fixos	170	293			368	290			269,00	140,01	291,50	2,12
Sól. Totais Voláteis	510	85			310	128			410,00	141,42	106,50	30,41
Sól. Dissolvidos	460	349			450	389			455,00	7,07	369,00	28,28
Sól. Suspensos Totais	220	29	256	29	228	29	240	37	236,00	15,66	31,00	4,00
Sól. Suspensos Fixos	24	15	36	12	32	6	36	9	32,00	5,66	10,50	3,87
Sól. Suspensos Voláteis	196	14	220	17	196	23	204	28	204,00	11,31	20,50	6,24
Sól. Sedimentáveis	4,5	0			2,5	0,2		0,3	3,50	1,41	0,25	0,07
Sulfato	45				49				47,00	2,83		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas												
Data da Coleta	9/8/2005		22/8/2005		25/8/2005		30/8/2005					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,3	7,4	7,3	7,6	7,2	7,5	7,2	7,1	7,25	0,06	7,40	0,22
Cor		208		194		131		121			163,50	43,87
Turbidez		32,5		28,5		14,3		17,1			23,10	8,77
Alcalinidade	184		184		293	22	182		210,75	54,84		
DBO	258	74	223	48			202	21	227,67	28,29	47,67	26,50
DQO	561	84	647	73	583	61	638	48	607,25	273,98	66,50	15,50
Nitrogênio Amoniacal	30,5	23,6	30,5	29,8			30,5	4,7	30,50	0,00	19,37	13,07
Sól. Totais	704	421	716	426			820	432	746,67	63,79	426,33	5,51
Sól. Totais Fixos	16	18	392	350			410	341	409,00	222,46	236,33	189,14
Sól. Totais Voláteis	208	37	324	76			410	91	471,00	101,37	68,00	27,87
Sól. Dissolvidos			440	392			512	411	476,00	50,91	401,50	13,44
Sól. Suspensos Totais			276	34	310	31	308	21	298,00	19,08	28,67	6,81
Sól. Suspensos Fixos			36	8	60	10	104	7	66,67	34,49	8,33	1,53
Sól. Suspensos Voláteis			240	26	250	21	204	14	231,33	24,19	20,33	6,03
Sól. Sedimentáveis	3,5	0,1	5	0,1			5,5	0,1	4,67	1,04	0,10	0,00
Sulfato	44		47				36		42,33	5,69		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas												
Data da Coleta	4/9/2005		7/9/2005		19/9/2005		20/9/2005		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	ET
PH	7,2	7	7,1	6,2	7,5	5,7	7,1	5,2	7,23	0,19	6,03	0,77
Cor		125		257		198		268			212,00	65,64
Turbidez		14,6		31,6		21,8		33,5			25,38	8,83
Alcalinidade	192											
DBO	257		196	29	190	12	238	19	220,25	32,50	20,00	8,54
DQO	488	57	433	68	544	51	477	61	485,50	45,67	59,25	7,14
Nitrogênio Amoniacal	35,4	12,3			32,6	5,4			34,00	1,98	8,85	4,88
Sól. Totais	674	406			798	506			736,00	87,68	456,00	70,71
Sól. Totais Fixos	308	303			362	327			335,00	38,18	315,00	16,97
Sól. Totais Voláteis	366	103			436	179			401,00	49,50	141,00	53,74
Sól. Dissolvidos	462	384			490	482			476,00	19,80	433,00	69,30
Sól. Suspensos Totais	256	22	248	33	308	24	240	33	263,00	30,70	28,00	5,83
Sól. Suspensos Fixos	44	4	52	4	72	3	36	11	51,00	15,45	5,50	3,70
Sól. Suspensos Voláteis	212	18	196	29	236	21	204	22	212,00	17,28	22,50	4,65
Sól. Sedimentáveis	4	0,1			10	0,1		0,1	7,00	4,24	0,10	0,00
Sulfato	50											

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas								
Data da Coleta	2/4/2006		10/4/2006					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,3	0	7,2	7,5	7,25	0,07	7,50	5,30
Cor	890	0	1055	68	972,50	116,67	68,00	48,08
Turbidez	116	0	169	34	142,50	37,48	34,00	24,04
Alcalinidade	152	0	156		154,00	2,83	0,00	
DBO	138	0	147	15	142,50	6,36	15,00	10,61
DQO	402	0	416	25	409,00	9,90	25,00	17,68
Nitrogênio Amoniacal	30,4	0	29,1	13,7	29,75	0,92	13,70	9,69
Sól. Totais	584	0	966	324	775,00	270,11	324,00	229,10
Sól. Totais Fixos	226	0	334	253	280,00	76,37	253,00	178,90
Sól. Totais Voláteis	358	0	632	71	495,00	193,75	71,00	50,20
Sól. Dissolvidos	350	0	765	319	557,50	293,45	319,00	225,57
Sól. Suspensos Totais	234	0	202	5	218,00	22,63	5,00	3,54
Sól. Suspensos Fixos	32	0	30	0	31,00	1,41	0,00	0,00
Sól. Suspensos Voláteis	202	0	172	5	187,00	21,21	5,00	3,54
Sól. Sedimentáveis	5	0	2,5	0	3,75	1,77	0,00	0,00
Sulfato	55		68	41	61,50	9,19	41,00	

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas								
Data da Coleta	8/5/2006		22/5/2006					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,5	7,6	7,2	6,7	7,35	0,21	7,15	0,64
Cor	1325	152	1824	102	1574,50	352,85	127,00	35,36
Turbidez	227	11,1	492	7	359,50	187,38	9,05	2,90
Alcalinidade	196		216		206,00	14,14	0,00	0,00
DBO	210	35	371	27	290,50	113,84	31,00	5,66
DQO	510	61	671	44	590,50	113,84	52,50	12,02
Nitrogênio Amoniacal	36,7	24,4	35,6	5,3	36,15	0,78	14,85	13,51
Sól. Totais	966	324	800	504	883,00	117,38	414,00	127,28
Sól. Totais Fixos	334	253	356	374	345,00	15,56	313,50	85,56
Sól. Totais Voláteis	632	71	444	130	538,00	132,94	100,50	41,72
Sól. Dissolvidos	765	319	380	489	572,50	272,24	404,00	120,21
Sól. Suspensos Totais	202	5	420	15	311,00	154,15	10,00	7,07
Sól. Suspensos Fixos	30	0	75	2	52,50	31,82	1,00	1,41
Sól. Suspensos Voláteis	172	5	345	13	258,50	122,33	9,00	5,66
Sól. Sedimentáveis	2,5	0	14,5	0	8,50	8,49	0,00	0,00
Sulfato	68	41	68	60	68,00	0,00	50,50	13,44

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas										
Data da Coleta	12/6/2006		19/6/2006		27/6/2006					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,2	7,8	7,3	7,1	7,3	7,8	7,27	0,06	7,57	0,40
Cor	464	241		116	1332	110	598,67	613,77	155,67	73,96
Turbidez	72	39		7,8	236	12	102,67	115,97	19,60	16,93
Alcalinidade	184		200		164		182,67	18,04	0,00	
DBO	342		254	43	176	23	257,33	83,05	33,00	14,14
DQO	573	71	543	50	463	48	526,33	56,86	56,33	12,74
Nitrogênio Amoniacal	33,6	46			39,2	49,4	24,27	3,96	31,80	2,40
Sól. Totais	736	489			884	604	540,00	104,65	364,33	81,32
Sól. Totais Fixos	372	417			376	294	249,33	2,83	237,00	86,97
Sól. Totais Voláteis	364	62			508	310	290,67	101,82	124,00	175,36
Sól. Dissolvidos	416	431			664	588	360,00	175,36	339,67	111,02
Sól. Suspensos Totais	320	48	285	44	220	16	275,00	50,74	36,00	17,44
Sól. Suspensos Fixos	50	15	70	18	48	3	56,00	12,17	12,00	7,94
Sól. Suspensos Voláteis	270	33	215	26	172	13	219,00	49,12	24,00	10,15
Sól. Sedimentáveis	5	0	3,5	0			2,83	1,06	0,00	0,00
Sulfato	53	66			61	56	38,00	5,66	40,67	7,07

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas								
Data da Coleta	10/7/2006		11/7/2006					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,3	7,7	7,2	7,6	7,25	0,07	7,65	0,07
Cor	0	86	1780	97	890,00	1258,65	91,50	7,78
Turbidez		4,5	271	7,33	135,50		5,92	2,00
Alcalinidade	168		180		174,00	8,49	0,00	
DBO	249	24	311	25	280,00	43,84	24,50	0,71
DQO	507	37	692	44	599,50	130,81	40,50	4,95
Nitrogênio Amoniacal					0,00		0,00	
Sól. Totais			1002	435	501,00		217,50	
Sól. Totais Fixos			350	362	175,00		181,00	
Sól. Totais Voláteis			652	73	326,00		36,50	
Sól. Dissolvidos			639	420	319,50		210,00	
Sól. Suspensos Totais	394	8	363	15	378,50	21,92	11,50	4,95
Sól. Suspensos Fixos	82	3	63	11	72,50	13,44	7,00	5,66
Sól. Suspensos Voláteis	312	5	300	4	306,00	8,49	4,50	0,71
Sól. Sedimentáveis	5,5	0	5,5	0	5,50	0,00	0,00	0,00
Sulfato			57	73	28,50			

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas								
Data da Coleta	21/8/2006		24/8/2006					
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
PH	7,3	7,6					3,80	
Cor		107					53,50	
Turbidez		7,4		12,7			10,05	
Alcalinidade	212						0,00	
DBO	319	15						
DQO	609	434					217,00	
Nitrogênio Amoniacal							0,00	
Sól. Totais							0,00	
Sól. Totais Fixos							0,00	
Sól. Totais Voláteis							0,00	
Sól. Dissolvidos							0,00	
Sól. Suspensos Totais	560	202	276	24	418,00	200,82	113,00	125,87
Sól. Suspensos Fixos	85	190	36	6	60,50	34,65	98,00	130,11
Sól. Suspensos Voláteis	475	12	240	18	357,50	166,17	15,00	4,24
Sól. Sedimentáveis	5		0,5		2,75	3,18	0,00	
Sulfato							0,00	

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas												
Data da Coleta	5/9/2006		11/9/2006		20/9/2006		21/9/2006		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	Padrão ET
PH	7,6	7,8			7,3	7,8	7,2	7,7	7,37	0,21	7,77	0,06
Cor		136		130							133,00	4,24
Turbidez		11,5		13,1							12,30	1,13
Alcalinidade	188											
DBO	275	23	315	24	411	23	377	36	344,50	61,04	26,50	7,23
DQO	545	44	641	43	646	45	552	43	596,00	54,96	43,75	0,96
Nitrogênio Amoniacal			32,8	38,1					0,00		0,00	
Sól. Totais			788	458					0,00		0,00	
Sól. Totais Fixos			446	382					0,00		0,00	
Sól. Totais Voláteis			342	76					0,00		0,00	
Sól. Dissolvidos			561	436					0,00		0,00	
Sól. Suspensos Totais	300	21	270	22	293	15	227	13	272,50	32,93	17,75	4,43
Sól. Suspensos Fixos	103	15	43	0	7	6	40	11	48,25	39,98	8,00	6,48
Sól. Suspensos Voláteis	197	6	227	22	286	9	187	2	224,25	44,54	9,75	8,66
Sól. Sedimentáveis	<1		4,5	<1							0,00	
Sulfato												

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Anexo E - Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos – Período Chuvoso.

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas -- ETE Piçarrão																
Data da Coleta	2/12/2005		4/12/2005		17/12/2005		19/12/2005		26/12/2005		27/12/2005		Média	Desvio Padrão	Média	Des
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	
PH	7,1	7,1	7,4	7,7	7,1	7,2	7,1	7,6	7,2	7,4	7,2	7,3	7,18	0,12	7,38	
Cor		95		102		170		110		92		103			112,00	
Turbidez		10		8,6		23,8		8,7		6		7,6			10,78	
Alcalinidade																
DBO	154	14	145	10	240	16	151	9	175	7	223	14	217,60	40,51	11,67	
DQO	333	21	421	14	458	34	393	18	470	16	521	23	432,67	65,55	21,00	
Nitrogênio Amoniacal			34	16,7			33,6	21					33,80	0,28	33,80	
Sól. Totais			664	406			600	312					632,00	45,25	632,00	
Sól. Totais Fixos			328	307			344	265					336,00	11,31	336,00	
Sól. Totais Voláteis			336	99			256	47					296,00	56,57	296,00	
Sól. Dissolvidos			436	396			392	298					414,00	31,11	414,00	
Sól. Suspensos Totais	230	9	228	10	340	30	208	14	263	9	250	12	253,17	46,60	14,00	
Sól. Suspensos Fixos	44	2	52	1	110	5	44	6	43	3	33	2	54,33	27,93	3,17	
Sól. Suspensos Voláteis	186	7	176	9	230	25	164	8	220	6	217	10	198,83	27,01	10,83	
Sól. Sedimentáveis			4,5	0			3	0					3,75	1,06		
Sulfato			61				52						56,50	6,36		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas - ETE Piçarrão																
Data da Coleta	4/1/2006		5/1/2006		8/1/2006		9/1/2006		20/1/2006		23/1/2006		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	ET
PH	7,1	6,8	7,2	6,8	7,6	7,6	7,1	7,3	7,3	7,6	7,4	7,5	7,28	0,19	7,27	0,38
Cor		61		66		102		85		72	1544	75			76,83	14,80
Turbidez		5,3		4,9		8,1		6,3		4	220	4,6			5,53	1,47
Alcalinidade									192		164			19,80		
DBO	156	5	151	8	194	19	248	13	216	12	182	18	191,17	36,85	12,50	5,47
DQO	268	14	308	18	411	30	446	35	510	28	490	30	405,50	98,13	25,83	8,06
Nit. Amoniacal					28	11					27,8	13	27,75	0,07	11,80	1,70
Sól. Totais					574	366					654	399	614,00	56,57	382,50	23,33
Sól. Totais Fixos					288	278					354	302	321,00	46,67	290,00	16,97
Sól. Totais Voláteis					286	108					300	97	293,00	9,90	102,50	7,78
Sól. Dissolvidos					371	372					437	381	404,00	46,67	376,50	6,36
Sól. Sus. Totais	203	7	167	10	203	14	232	13	265	22	217	18	214,50	32,81	14,00	5,40
Sól. Sus. Fixos	26	4	20	4	40	2	56	1	35	12	23	3	33,33	13,41	4,33	3,93
Sól.Sus. Voláteis	177	3	147	6	163	12	176	12	230	10	194	15	181,17	28,60	9,67	4,41
Sól. Sedimentáveis					4,5	0		0	4	0	4	0	4,17	0,29		
Sulfato					55						56	48	55,50	0,71		

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas - ETE Piçarrão

Data da Coleta	2/2/2006		5/2/2006		12/2/2006		13/2/2006		17/2/2006		20/2/2006		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	EB	ET	ET
PH	7,4	7,7	7,3	7,6	7,3	7,1	7,2	6,9	7,2	7,2	7,2	7,5	7,27	0,08	7,33	0,31
Cor		59		68		47	1120	47		47		58			54,33	8,93
Turbidez		3,6		2,9		2,5	164	3,1		2,6		3,7			3,07	0,46
Alcalinidade	156		164		156		128				152		151,20	13,68		
DBO	176	12	144	3	131	13	120	6	172	3	125	4	144,67	24,13	6,83	4,62
DQO	458	30	344	12	328	34	319	22	356	29	402	19	367,83	52,87	24,33	157,75
Nitrogênio Amoniacal							22,4	6,1								
Sól. Totais							692	366								
Sól. Totais Fixos							314	247								
Sól. Totais Voláteis							378	119								
Sól. Dissolvidos							432	362								
Sól. Suspensos Totais	212	7	186	6	148	9	260	4	166	8	234	8	201,00	42,31	7,00	73,02
Sól. Suspensos Fixos	24	1	14	0	8	3	58	1	38	1	48	2	31,67	19,65	1,33	5,13
Sól. Suspensos Voláteis	188	6	172	6	140	6	202	3	128	7	186	6	169,33	29,22	5,67	67,95
Sól. Sedimentáveis	4,5	0	4	0	4,5	0	4	0	2,5	0	5,5	0	4,17	0,98		0,00
Sulfato							40	27								

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

Planilha de resultados de análises Físico-Químicas - ETE Piçarrão														
Data da Coleta	3/3/2006		5/3/2006		7/3/2006		8/3/2006		13/3/2006		Média EB	Desvio Padrão EB	Média ET	Desvio Padrão ET
Parâmetros	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET				
PH	7,1	7,3	7,3	7,1	7,4	7,2	7,3	7,5	7,3	7,5	7,275	0,109544512	7,32	0,178885438
Cor		62		85		58		103	1054	66			74,8	18,8600106
Turbidez		4		7,5		5,6		10	196	6,6			6,74	2,237856117
Alcalinidade	152		140		128		152		160		146,4	8,246211251	70	
DBO	150	9	124	10	135	6	146	11	200	17	138,75	29,20616373	9	4,645786622
DQO	362	36	283	31	342	28	385	55	444	42	363,2	58,92113373	38,4	12,12435565
Nitrogênio Amoniacal									29,2	11,8	29,2		11,8	
Sól. Totais									634	373	634		373	
Sól. Totais Fixos									326	276	482		276	
Sól. Totais Voláteis									308	484	308		484	
Sól. Dissolvidos									374	362	0		362	
Sól. Suspensos Totais	180	9	134	18	152	3	188	19	260	11	182,8	48,28250201	12	6,633249581
Sól. Suspensos Fixos	30	3	30	4	20	1	34	1	50	2	32,8	10,91787525	2,2	1,303840481
Sól. Suspensos Voláteis	150	6	104	14	132	2	154	18	210	9	150	38,91015292	9,8	6,340346994
Sól. Sedimentáveis	1,5	0	3	0	3,5	0	4,5	0	4	0	3,3	1,607275127	0	0
Sulfato									58	47	58			

Legenda:

E. B. – Esgoto Bruto

E. T. - Esgoto Tratado

**Anexo F – Questionário 1 (Pesos) –
Notas atribuídas aos critérios.**

Notas atribuídas pelos Professores e Profissionais da área																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Critério 1	10	7	9	10	8	5	8	7	5	7	7	8	10	6	5	7	8	9	8	5	8	8	10	10	10	6	9	9	1	10
Critério 2	6	10	10	10	10	10	5	10	9	9	10	10	10	8	10	8	10	10	10	10	9	7	10	10	10	10	10	10	10	8
Critério 3	8	8	10	8	8	10	5	10	6	8	9	9	10	9	8	8	6	9	10	10	8	9	10	10	7	5	8	7	8	7
Critério 4	4	10	8	9	8	7	4	5	9	7	6	10	10	9	9	6	9	9	8	10	6	9	9	9	8	7	8	8	6	9
Critério 5	4	10	8	10	10	10	2	5	10	9	10	10	9	9	10	9	9	10	10	10	8	9	9	10	10	8	10	10	6	10
Critério 6	10	9	1	10	6	7	6	7	10	10	6	8	9	7	8	6	9	8	8	4	9	9	10	9	10	4	10	9	5	8
Critério 7	4	10	5	10	9	6	8	4	7	6	10	10	9	8	10	10	5	8	10	10	6	9	10	9	10	7	7	9	6	10
Critério 8	6	8	6	9	10	9	5	10	5	8	10	9	10	8	6	8	7	9	8	7	7	9	7	7	9	2	10	8	4	10
Critério 9	6	7	5	8	9	6	2	1	7	8	10	8	8	7	7	7	8	10	10	7	5	9	9	7	8	3	10	1	8	10
Critério 10	8	10	9	8	10	10	8	8	8	9	10	10	10	10	9	8	9	10	8	10	8	7	10	10	10	8	10	9	9	10
Critério 11	10	7	9	8	8	6	8	7	5	7	7	9	8	8	7	6	7	9	8	10	8	8	10	9	10	3	10	10	6	10
Critério 12	10	9	6	8	9	4	6	5	5	6	10	10	10	8	6	8	9	9	10	10	7	10	10	9	10	4	8	10	4	9
Critério 13	10	9	8	10	8	5	4	5	6	10	7	9	10	7	8	6	7	9	10	10	8	9	9	10	10	1	8	10	7	10

Critério 1 – **Distância**

Critério 2 – **Qualidade do efluente tratado**

Critério 3 – **Disponibilidade de água de reúso**

Critério 4 – **Mão de obra especializada**

Critério 5 – **Riscos (Toxicidade)**

Critério 6 – **Necessidade de Pós-tratamento**

Critério 7 – **Benefícios Ambientais**

Critério 8 – **Aceitabilidade**

Critério 9 – **Imagem**

Critério 10 – **Confiabilidade**

Critério 11 – **Meio de transporte**

Critério 12 – **Custos Ambientais**

Critério 13 – **Custos com Manutenção e Monitoramento.**

Anexo G – Questionário 2 (Potenciais Usuários) – Respondidos.

Nome da Empresa: **Perfil 1**

Nome do Contato:

e-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários: 50

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Produto: Serviços de Usinagem e montagem de peças, máquinas e equipamentos.

Processo de Fabricação: De uma maneira geral trabalhamos manufaturando matérias primas de metais, não metais e polímeros e para isto utilizamos de máquinas operatrizes diversas, tais como, tornos, fresadoras, retíficas, mandrihadoras , etc.Não possuímos produto próprio trabalhando apenas em serviço por encomenda.

Produtos químicos utilizados: Óleos solúveis, óleos lubrificantes (minerais e sintéticos), etanol, colas industriais, detergentes de limpeza, mas o que mais utilizamos é óleo solúvel, que por sua vez é pago para ser incinerado após seu uso.

Consumo de água potável mensal:

11,83

R\$/m³:

70m³/mês

Existe abertura para o uso de Efluente Tratado como fonte de água? Porque?

No momento não ainda não dispomos desta abertura de uso devido a alguns fatores, tais como, quase 100% do nosso esgoto é pertinente ao uso dos banheiros; a propriedade da empresa é alugada; não existe terreno aberto fora da área fabril e administrativa.

Nosso número de funcionários atual é de aproximadamente 50 funcionários

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Características Necessárias para o uso do Efluente Tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Ainda não sabemos lhe informar sobre estas características para o uso do Efluente tratado, mas nos propomos em um breve futuro pensar nesta direção.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: Lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; Combate a incêndio; Descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Neste caso haveria abertura sim, mas como comentamos, isto só seria viável em nossa propriedade e que fosse com uma área maior do que a atual.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

Caso fosse vendido o efluente tratado qual seria o valor limite a ser pago pela sua empresa? Em R\$/m³.

Não sabemos responder.

Nome da Empresa: **Perfil 2**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto: LAMINADOS DE PU E PVC

Processo de Fabricação: PROCESSO DE CURA TERMICA

Produtos químicos utilizados: APLICAÇÃO DE RESINAS SINTETICAS

Consumo de água potável mensal: R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

SIM, RACIONALIZAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

SIM

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

SIM, NOSSO PROCESSO É ALTAMENTE CONTAMINANTE. POR ESSE MOTIVO TRATAMOS SEMPRE A AGUA .

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

NOSSA AGUA DE REUSO NÃO DEVE CONTER OLEO.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

APENAS PRA USO EM MAQUINAS, POIS NOSSO CIRCUITO É FECHADO

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

500m³.

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

R\$3,50/m³

Nome da Empresa: **Perfil 3**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários:

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reuso interno? Sim Não

Produto: Produtos domissanitários tais como detergente, desengraxantes, acabamentos, impermeabilizantes, desincrustantes, produtos para tratamento de água, entre outros.

Processo de Fabricação:

Adição e mistura das matérias-primas nos reatores de fabricação.

Produtos químicos utilizados:

Ácidos, solventes, álcalis, álcoois, essências, corantes, resinas etc.

Consumo de água potável mensal:

R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

Sim. Acreditamos que além da possibilidade de uma redução do custo para o uso de efluente tratado, a importância de um sistema de reuso é gigantesca quando se trata de preservação ambiental. E tudo isso é possível pois não haverá interferência na qualidade dos processos.

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Sim.

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reuso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

Sim.

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Padrão de potabilidade, uma vez que os produtos fabricados são de higienização e limpeza.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Sim.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reuso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

A demanda para o reuso seria de 320 m³/mês.

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

Um valor de até R\$8,00.

Nome da Empresa: **Perfil 4**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários:

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto: massa simples (cal ou cimento), massa mista (cal e cimento), concreto normal, alto desempenho, pavimentação, dentre outros.

Processo de Fabricação: adição de areia, pedra, cimento, cal emulsificante MBT 398 e água em um silo.

Produtos químicos utilizados: emulsificante MBT 398.

Consumo de água potável mensal: R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

Sim. Reutilização consciente dos recursos hídricos.

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Sim.

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

Em nossa atividade a utilização de água é considerável, ou seja, utiliza-se grande quantidade de água, o reúso além de contribuirmos com questões ambientais conseguimos diminuir o consumo e conseqüente reduzir gastos.

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Ph deste efluente Tratado.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Sim. Utilizamos hoje o reúso da água para limpeza principalmente do pátio e peças.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

Metade do consumo mensal.

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

Não temos nenhum valor limite proposto.

Nome da Empresa: **Perfil 5**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários:

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique: Uso de tanques coletores de água de chuva.

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto da empresa: Usinagem de peças metálicas.

Processo de Fabricação: Usinagem

Produtos químicos utilizados: NA

Consumo de água potável mensal: R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

Deve ser analisada a qualidade do efluente tratado, pois bactérias presentes são potenciais de contaminação de óleo utilizado na usinagem.

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Se comprovado que atende as características necessárias para o bom funcionamento das nossas máquinas, podemos avaliar.

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

Existe sim, pois temos uma política ambiental que deve ser seguida, com o intuito principal de preservação do meio ambiente e não como “ produto de marketing” para atrair novos negócios.

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

O efluente deve ter as mesmas características que água fornecida pela rede de abastecimento, livre de contaminantes.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Sim, de fato a água proveniente das chuvas que é recolhida, já esta sendo utilizada para diversos fins.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

300 m³ aproximadamente.

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

Qualquer proposta de comercialização que seja mais econômica, abaixo dos preços atuais, é de interesse.

Nome da Empresa: **Perfil 6**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários: 25

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto: FERRAMENTAS DE METAL DURO

Processo de Fabricação: USINAGEM EM GERAL

Produtos químicos utilizados: ÓLEOS LUBRIFICANTES

Consumo de água potável mensal:

R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

ABERTURA SIM, MAS O FATO É QUE NUNCA FOI COGITADO O FATO.

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

SIM, CONFIAMOS NA ÁGUA QUE RECEBEMOS.

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

NÃO, NUNCA SE PENSOU A RESPEITO

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

LIVRE DE PARTÍCULAS SÓLIDAS

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

ACREDITO QUE SIM, DEPENDENDO DO INVESTIMENTO INICIAL.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

NÃO SABERIA PRECISAR, MAS ALGO EM TORNO DE 30 M³

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

DEPENDERÁ DAS CONDIÇÕES DESTA ÁGUA, MAS CONSIDERANDO QUE ELA ESTIVESSE EM ACORDO COM AS MINHAS NECESSIDADES ATÉ UMA DIFERENÇA DE 30% SERIA BEM INTERESSANTE.

Nome da Empresa: Perfil 7

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários:

Fontes de abastecimento de água: Rede pública SANASA (água potável) e rede particular de manancial outorgado (água industrial)

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário: rede de esgotodoméstico (SANASA) e rede de águas pluviais (Prefeitura Municipal Campinas)

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto: Produção de ferramentas elétricas, sistemas de injeção à gasolina e motores de força motriz e partida.

Processo de Fabricação: Linhas de montagem pneumáticas, mecânicas e injetoras. Processos para apoio a fabricação, como tratamentos térmico e galvânico, prensagem e desbaste.

Produtos químicos utilizados: Resinas epóxi, isolacil e poliéster nas linhas de montagem, ácidos, alcalinos, banhos ativos no processo de galvanização (zinco – níquel – estanho – prata – fosfato – desengraxantes - outros) e emulsões.

Consumo de água potável mensal:

7.000 m ³ /mês

 R\$/m³:

24,00

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

Sim, porque as atuais tecnologias de tratamento permitem o uso/reuso. No caso específico dessa empresa, o uso baseia-se exclusivamente para fins industriais (processos + uso sanitários), atendendo sempre os parâmetros de qualidade da água ideais para os processos (nomenclatura interna - água Industrial).

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Sim, desde que haja gerenciamento de todo o processo, sobretudo, monitoramento (entrada/saída).

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

As vantagens técnicas e operacionais para o reúso é a redução dos custos com a captação e/ou tratamento, minimização de impacto dos recursos naturais (reuso/reciclagem), valores estes cultivados e fortes da política da empresa (não como Marketing e sim como crença).

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Nos processos de apoio (galvanização e resfriamento fabril) as características principais são: baixa dureza, ausência de matérias orgânicas, pH , e condutividade na faixa de até 150 micro Siemens.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Nos processos de lavagem de peças, uso sanitário (mictórios e bacias de descarga), combate a incêndio, regas de áreas verdes , limpeza de pátios, as características seguem o item anterior, pois estes processos já fazem parte de seu sistema de água industrial.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

Média mensal: 20.000 m³

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

Em torno de 60% do custo da água potável (metade da tarifa atual, pois a outra metade é referente à coleta de esgoto).

Nome da Empresa: **Perfil 8**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários: 12 (doze)

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto da empresa: Laminado de PVC

Processo de Fabricação: Espalmagem

Produtos químicos utilizados: DOP (dioctil phitalato), PVC, solvente (água raz).

Consumo de água potável mensal: R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água?

SIM

Porque?

Deverá haver economia financeira e aumentaremos a colaboração para melhoria do meio ambiente.

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

SIM

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

Sim, é um item de vital importância para atender a certificação de qualidade, ISO 14000.

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Desconheço.

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Sim, com certeza. Já possuímos um sistema de captação de água pluvial para utilização no sistema de refrigeração e caldeira.

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

De 60 a 70% do uso total na fábrica.

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

Cerca de 30 a 40% do valor pago para água tratada, de R\$2,10 a R\$2,80.

Nome da Empresa: **Perfil 9**

Nome do Contato:

E-mail:

Telefone:

Nº de Funcionários:

Fontes de abastecimento de água:

Caminhão Manancial Poço Rede de distribuição

Outro: especifique:

Tipo de esgotamento sanitário:

Ligações de águas Redes de esgoto Fossa

Outro: especifique:

Estação de Tratamento de Efluente interna: Sim Não

Já existe algum sistema de reúso interno? Sim Não

Produto da empresa:

Vestimentas de segurança para Frio, Calor e Proteção Química

Processo de Fabricação:

Aquisição de tecidos, resinagem, conforme o caso, corte, costura e acabamento com fechamento de segurança, eventual tingimento de malha de algodão para uso em vestimentas, juponas, capuz, calças, etc.

Produtos químicos utilizados: Resinas Acrílicas

Consumo de água potável mensal:

R\$/m³:

Existe abertura para o uso de efluente tratado como fonte de água? Porque?

Não, em função do volume a ser usado, não ser economicamente viável.

Existe confiança nos tratamentos de esgoto aplicados e conseqüentemente no uso do efluente tratado?

Ainda a ser obtido nível de garantia de que o efluente tratado para ser usado em tingimento de roupa de algodão

Existe a preocupação com a projeção política ou de mercado (marketing ambiental) por adotar o reúso de água? Nessa questão é considerada a obtenção de recursos ou vantagens para a empresa.

Há o entendimento da necessidade de otimizar o uso da água. A aplicação de reuso da água envolve avaliação de vantagens econômicas e sua usabilidade

Características necessárias para o uso do efluente tratado (caso fosse usado no processo de fabricação do produto principal):

Deveria ser compatível com tratamento de tecidos a receberem corantes para tingimento

Sem considerar o processo de fabricação haveria abertura para o uso do efluente tratado para outros fins? Como por exemplo: lavagem de peças; limpeza de banheiros e pátios; combate a incêndio; descargas de sanitários; rega de áreas verdes, dentre outros.

Sim

Qual seria a estimativa de demanda de água de reúso, considerando o processo de fabricação e/ou outras aplicações?

30% do consumo atual de 80 m³ / dia

Caso fosse comercializado o efluente tratado, qual seria o valor limite a ser pago pela empresa (R\$/m³)? Obs. Para essa avaliação pode-se comparar a tarifa (em R\$/m³) aplicada a empresa pela água potável consumida.

50% do valor da tarifa normal de R\$ 11,32/m³

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](#)