Q

O REUSO DA ÁGUA E SUA POSSIBILIDADE NA REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO

FEDRO CAETANO SANCHES MANCUSO
cac

Tese de Doutorado apresentada à
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo,
Departamento de Saúde Ambiental,
para obtenção do título de "Doutor
em Saúde Pública".

Orientador: Prof. Dr. Carlos Celso
do Amaral e Silva

São Paulo

1992

Ao Sávio e Lara, filhos
queridos e à Dionéa,
esposa amada.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho somente foi possível graças à colaboração das pessoas e instituições abaixo nominadas, às quais agradecemos profundamente.

Prof. Dr. Carlos Celso do Amaral e Silva, pela orientação;

Profa. Dra. Cleópatra Poli e o Qco. José Roberto Copini Blum pelas idéias apresentadas, pela leitura incansável dos originais e pelo diálogo constante;

Engo. Ronaldo Mohalem e Engo. José Paulo Kosmiskas pelo material enviado;

Lins Engenharia, Consultoria e Projetos na pessoa do Engo. Paulo Nobre, pelas sugestões e fornecimento de informações;

Prof. Dr. Aristides de Almeida Rocha, Chefe do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, pelas idéias apresentadas;

Biblioteca da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP - na pessoa da Sra. Julieta Mascitti e demais funcionárias.

ÍNDICE

I - INTRODUÇÃO.....	1
I.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
I.2 - OBJETIVOS.....	4
I.3 - LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	4
II - MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
II.1 - CONCEITUAÇÃO EM REUSO DE AGUA.....	7
II.2 - DEFINIÇÕES ADOTADAS.....	8
II.3 - CRITÉRIOS E PADRÕES DE QUALIDADE DE AGUA E RISCO ASSOCIADO.....	12
III - DISCUSSÃO.....	21
III.1 - O REUSO POTÁVEL PLANEJADO DAS ÁGUAS.....	21
III.1.1 - O REUSO POTÁVEL PLANEJADO DAS ÁGUAS EM OUTROS PAÍSES.....	27
III.1.2 - O REUSO POTÁVEL PLANEJADO DAS ÁGUAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	33
III.2 - DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	38
III.2.1 - OFERTA DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	40
III.2.1.1 - ÁGUAS DESTINADAS A USOS MAIS EXIGENTES EM TERMOS DE QUALIDADE.....	41
III.2.1.2 - ÁGUAS DESTINADAS A USOS MENOS EXIGENTES EM TERMOS DE QUALIDADE.....	43
III.2.2 - PROJEÇÃO DA OFERTA.....	48

III.2.2.1 - AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS E OUTROS MANANCIAS	
SUPERFICIAIS NÃO APROVEITADOS, OU NÃO	
APROVEITAVEIS, PARA FINS DE ABASTECIMENTO	
PÚBLICO.....	48
III.2.2.2 - MANANCIAS DE SUPERFÍCIE DESTINADOS AO	
SUPRIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL DA REGIÃO METROPOLI-	
TANA DE SÃO PAULO.....	48
III.2.2.3 - OUTROS MANANCIAS SUPERFICIAIS NÃO APROVEITADOS,	
OU NÃO APROVEITAVEIS, PARA FINS DE ABASTECIMENTO	
PÚBLICO.....	51
III.2.2.4 - EFLUENTES DAS ESTAÇÕES RECUPERADORAS DE	
QUALIDADE DE ÁGUA.....	52
III.2.2.5 - COMPOSIÇÃO DA OFERTA GLOBAL.....	56
III.2.3 - A DEMANDA DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE	
SÃO PAULO.....	57
III.2.3.1 - DEMANDA INDUSTRIAL.....	59
III.2.3.2 - DEMANDA AGRÍCOLA.....	60
III.2.3.3 - A COMPOSIÇÃO DA DEMANDA GLOBAL.....	66
III.2.4. - BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA NA REGIÃO	
METROPOLITANA DE SÃO PAULO ATÉ O ANO 2010.....	68
IV - ALGUMAS PROPOSTAS DE REUSO PLANEJADO DE ÁGUA NA REGIÃO	
METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	71
V - O REUSO DA ÁGUA E SUA POSSIBILIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA	
DE SÃO PAULO.....	76
V.1 - A PRIMEIRA GRANDE CRISE.....	76
V.2 - A SEGUNDA GRANDE CRISE.....	78
V.2.1 - PLANO DE EMERGÊNCIA.....	80

V.2.2 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	83
V.3 - CONSEQUÊNCIAS DA SEGUNDA GRANDE CRISE.....	92
V.3.1 - A SITUAÇÃO ATUAL DOS AFLUENTES DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	93
V.3.1.1 - METODOLOGIA.....	93
V.3.1.2 - ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS.....	99
V.3.2 - CONDIÇÕES ATUAIS DO EFLUENTE DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	101
V.3.3 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	101
V.3.4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS, BACTERIOLÓGICAS E HIDROBIOLÓGICAS DO CORPO DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	108
V.4 - A TENDÊNCIA DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	111
V.5 - PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DA IDEIA DO REUSO POTÁVEL INDIRETO PLANEJADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO.....	112
V.5.1 - TRATAMENTO PROPOSTO.....	117
V.5.2 - MONITORAMENTO.....	119
VI - DISCUSSÃO FINAL E RECOMENDAÇÕES.....	122
VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA PERTENCENTE AO SISTEMA INTEGRADO DA RMSP - VAZÕES NOMINAIS	42
TABELA 2 - PRODUÇÃO MÉDIA DOS AQUIFEROS CRISTALÍNEOS E SEDIMENTAR NA RMSP.....	43
TABELA 3 - VAZÕES DOS MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE NÃO APROVEITADOS, OU NÃO APROVEITÁVEIS, PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO	46
TABELA 4 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO OPERADOS PELA SABESP NA RMSP. VAZÕES TRATADAS (l/s)	47
TABELA 5 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO OPERADOS PELA SABESP NA RMSP. VAZÕES MÉDIAS TRATADAS (l/s) - 1990	49
TABELA 6 - VAZÕES NOMINAIS E MÁXIMAS DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTES, QUE CAPTAM ÁGUA DE MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE E DAQUELES CONSIDERADOS COMO JÁ IMPLANTADOS	50
TABELA 7 - NOVOS MANANCIAIS: CAPACIDADE DE PRODUÇÃO	51
TABELA 8 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO ESCOLHIDAS - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS.....	53
TABELA 9 - ETE BARUERI: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO.....	53
TABELA 10 - ETE ABC: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO.....	54
TABELA 11 - ETE SUZANO: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO.....	55
TABELA 12 - ETE PARQUE NOVO MUNDO: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO.....	55
TABELA 13 - ETE SÃO MIGUEL: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO.....	56
TABELA 14 - COMPOSIÇÃO DA OFERTA GLOBAL DE ÁGUA NA MP(S)(M³/S).....	57

TABELA 15 - PROJEÇÃO DA DEMANDA MÉDIA E MÁXIMA NA RMSF.....	58
TABELA 16 - ESTIMATIVA DAS DEMANDAS PARA ÁGUA INDUSTRIAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DAS ETE's BARUERI E OSASCO.....	60
TABELA 17 - REGIÃO METROPOLITANA E ALTO TIETÊ-UTILIZAÇÃO DAS TERRAS EM HECTARES (1980).....	62
TABELA 18 - ALTO TIETÊ - EXTREMO LESTE - UTILIZAÇÃO DAS TERRAS EM HECTARES.....	63
TABELA 19 - DEMANDA GLOBAL DE ÁGUA ATUAL, EM 2005 E EM 2010.....	67
TABELA 20 - BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA NA RMSF ATÉ O ANO 2010 (m ³ /s).....	68
TABELA 21 - OFERTA, DEMANDA E DÉFICIT DE ÁGUA AO LONGO DO TEMPO (m ³ /s).....	70
TABELA 22 - ALTERNATIVAS PARA EXPLORAÇÃO DOS NOVOS MANANCIAIS.....	72
TABELA 23 - EXAMES FÍSICOS E QUÍMICOS: MÉDIA DE QUATRO AMOSTRAS SUBMETIDAS AO TRATAMENTO PLANEJADO NA PRIMEIRA CONCEPÇÃO.....	84
TABELA 24 - DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS: MÉDIA DE QUATRO AMOSTRAS SUBMETIDAS AO TRATAMENTO CONCEBIDO NA PRIMEIRA CONCEPÇÃO.....	85
TABELA 25 - EXAMES MICROBIOLÓGICOS: TRATAMENTO PLANEJADO NA PRIMEIRA CONCEPÇÃO.....	86
TABELA 26 - ENSAIOS DE MUTAGENICIDADE: TRATAMENTO PLANEJADO NA PRIMEIRA CONCEPÇÃO.....	87

TABELA 27 - EXAMES FÍSICOS E QUÍMICOS: AMOSTRA SUBMETIDA AO TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO; ALTERNATIVAC.....	88
TABELA 28 - DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS DA AMOSTRA SUBMETIDA AO TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO; ALTERNATIVA C.....	89
TABELA 29 - EXAMES MICROBIOLÓGICOS: TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO.....	90
TABELA 30 - ENSAIOS DE MUTAGENICIDADE: TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO; ALTERNATIVAS (A), (B) E (C).....	91
TABELA 31 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS NOS AFLUENTES DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	96
TABELA 32 - ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS DAS SUB-BAICAS REPRESENTADAS PELOS PONTOS DE AMOSTRAGEM - PERÍODO DE OBSERVAÇÃO: JULHO/87 A JUNHO DE 89 (m^3/s).....	97
TABELA 33 - CARGAS MÉDIAS DOS AFLUENTES A REPRESA GUARAPIRANGA (Kg/dia) - PERÍODO OBSERVAÇÃO: JULHO/87 A JUNHO/89.....	98
TABELA 34 - QUALIDADE DAS ÁGUAS DO EFLUENTE DA REPRESA (PERÍODO: JULHO/87 A JUNHO/89).....	103
TABELA 35 - COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS AFLUENTES A REPRESA, ENTRE 1982 E O PERÍODO 1987/1980.....	104
TABELA 36 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (mg/l): MÉDIAS MÓVEIS COM NÚMERO DE ORDEM $n=4$	106
TABELA 37 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA NO EFLUENTE DA REPRESA GUARAPIRANGA EM 1982 E 1984.....	108

TABELA 38 - FREQUÊNCIA DE FLORAÇÕES DE ALGAS AGRUPADAS EM PERÍODOS DE 5 ANOS NA REPRESA GUARAPIRANGA.....	110
TABELA 39 - QUALIDADE DA AGUA AFLUENTE E EFLUENTE DA ETE BARUERI. PERÍODO: 01/01/91 A 30/09/91 (mg/l).....	116

ÍNDICE DE FIGURAS E QUADROS

QUADRO 1 - AGRUPAMENTO DAS FONTES DE AGUA.....	41
QUADRO 2 - PONTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE DE AGUA NA BACIA DA REPRESA GUARAPIRANGA.....	95
FIGURA 1 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE AGUA THEODORO RAMOS E ALTO DA BOA VISTA - CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO.....	79
FIGURA 2 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE AGUA THEODORO RAMOS E ALTO DA BOA VISTA - ESQUEMA DE EMERGÊNCIA.....	82
FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DO ENSAIO DE LABORATÓRIO: PRIMEIRA CONCEPÇÃO.....	83
FIGURA 4 - REPRESA GUARAPIRANGA - PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	94
FIGURA 5 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE AGUA DO ALTO E DO BAIXO COTIA E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE BARUERI:ESQUEMA NORMAL DE FUNCIONAMENTO.....	114
FIGURA 6 - ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE AGUA DO ALTO E DO BAIXO COTIA E ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE BARUERI: PROPOSTA DE REUSO POTAVEL INDIRETO PLANEJADO.....	115
FIGURA 7 - TRATAMENTO SUGERIDO PARA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE AGUA DO BAIXO COTIA.....	117

RESUMO

Inicialmente este trabalho conceitua reuso de água, apresentando os critérios e padrões de qualidade de água, para suas várias modalidades. Em seguida estuda a oferta e a demanda de água na Região Metropolitana de São Paulo, bem como apresenta uma retrospectiva das principais crises no abastecimento da região, em termos de quantidade e qualidade de água.

Finalmente, depois de resumir os principais casos de reuso de água em outros países e em São Paulo, o trabalho sugere uma estratégia para o desenvolvimento da idéia do reuso potável direto planejado na Região Metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT

At this work defines water reuse, presenting rules and standard of the quality of all kind of water. After that we study supply and demand of water in the São Paulo Metropolitan Region and also present the main water supply crises concerning quality and quantity.

At last we sum up the main cases of water reuse in São Paulo and in another countries and also suggest a way of development of planned direct reuse in the São Paulo Metropolitan Region.

Todos os rios vão para o
mar, e contudo o mar não
se enche; para o lugar
para onde os rios vão,
para ali tornam eles a
ir.

Ecclesiastes 1, 7.

I - INTRODUÇÃO

I.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A Região Metropolitana de São Paulo - RMSF - que engloba 38 municípios, situa-se no Planalto Atlântico, apresentando uma superfície total de 8.000 Km², sendo 1.570 Km² urbanizados e 4.234 Km² correspondentes às áreas de proteção dos mananciais.

A população é de 15,2 milhões de habitantes, estando 9,4 milhões concentrados em São Paulo, seu maior município. Um aglomerado humano que se move incessante e freneticamente através de um sistema de locomoção baseado numa frota automotiva de 4 milhões de veículos, que lança cerca de 4 mil toneladas de monóxido de carbono por dia em um meio ambiente que dispõe de apenas 2,8% de seu território coberto de vegetação.

Essa gigantesca concentração, em que apenas cerca de 65% dos seus esgotos são coletados e somente cerca de 10% tratados, e onde são produzidos 7,1 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos diariamente, existindo, além disso, centenas de pontos críticos de enchente, é sem dúvida uma das mais espetaculares concentrações de problemas ambientais já criadas pelo homem.

A CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (9) (1991), analisando a questão das águas na Região Metropolitana de São Paulo, no sentido de levar sua participação na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD-92), argumenta que "o modelo de industrialização adotado mostrou-se incapaz de absorver o enorme contingente de mão de obra à sua disposição, engrossado pela

legião de migrantes que diariamente chegavam a essas cidades em busca de trabalho, de alimentação e de moradia.

Parte desse fabuloso exército de reserva foi absorvido pela construção civil que, durante os anos de crescimento, deu andamento às obras do Brasil Grande e aos sofisticados apartamentos que proliferavam nos bairros nobres das cidades".

Além do modelo adotado não dar suporte a esse fluxo migratório, o fim do "milagre brasileiro", caracterizado pela interrupção do aporte de capital estrangeiro que para cá fluía em troca de juros altamente compensadores para os fornecedores de capital, obviamente, causou um empobrecimento da população que aqui se assentou, e que por falta de alternativa passou a ocupar as áreas de proteção dos mananciais de forma desordenada e aleatória.

Assim sendo, ao final dos anos 80 grande parte dos habitantes dessa região vivia em condições de pobreza extrema e embora "seja inadmissível atribuir aos necessitados a responsabilidade exclusiva pela poluição de seu ambiente, temos que admitir que a pobreza e a deterioração ambiental são efeitos paralelos e interrelacionados do mesmo processo global de desenvolvimento inadequado", conforme salienta a COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DA AMÉRICA LATINA E DO CARIBE (11) (1990).

Obviamente se a degradação ambiental é consequência não do "desenvolvimento", mas de um modelo particular e equivocado de desenvolvimento, sendo então essencial uma mudança de direção, esse processo fatalmente deverá envolver a busca e a

implementação de outras formas de desenvolvimento, de crescimento econômico e de tecnologias que sejam sustentáveis quer em termos ambientais, quer em termos sociais.

O reaproveitamento dos sub produtos gerados pela atividade antrópica vem sendo apontado pelos especialistas em planejamento ambiental como uma das maneiras mais inteligentes e eficazes de atacar o problema da poluição, na medida em que ao se reusar um determinado sub produto, em particular a água, diminuem-se as pressões sobre o meio ambiente, tanto do lado da captação desse recurso como do lado da disposição final dos sub produtos dessa atividade.

Evidentemente não cabe à figura do planejador apostar no caos ambiental, descartando as atuações a nível de proteção dos mananciais. Pelo contrário, cabe a esse profissional propor soluções para essa política. Por outro lado, também não lhe cabe apoiar-se totalmente nessa solução, uma vez que as causas independem de sua vontade. Além disso, "é preciso lembrar que a maioria dos instrumentos eficientes do processo de planejamento do uso do espaço são de caráter preventivo", argumenta AMARAL E SILVA, C.C. (3) (1987) à respeito do disciplinamento do uso do espaço.

Assim sendo, além da proteção dos mananciais e de outros instrumentos de organização territorial, há que se aprofundar no estudo dos processos e operações unitárias de tratamento de água ditos "não convencionados", exatamente pelo seu uso restrito até recentemente.

1.1 - OBJETIVOS

Esta tese foi desenvolvida tendo em vista atingir três objetivos:

- 1º - Estudar a disponibilidade de água na Região Metropolitana de São Paulo quando cotejada com a demanda, ao longo do tempo;
- 2º - Mostrar que o reuso de água para fins potáveis já vem sendo feito nessa região e de forma inadequada;
- 3º - Apresentar o reuso planejado das águas não só como uma alternativa ao não planejado, mas também como uma ferramenta importante a ser utilizada no planejamento regional, na medida em que a água pode funcionar como fator de desenvolvimento.

1.2 - LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Por razões que ficarão demonstradas, a questão do reuso da água de forma genérica e em particular na RMSP, é um assunto que não pode ser relegado a um plano secundário.

Acreditando nisso, nossa intenção era elaborar um trabalho bastante amplo e fortemente fundamentado em experiências de campo que, num primeiro momento, acreditamos que teríamos o necessário apoio.

Entretanto, devido a falta de interesse que o tema suscitou à empresa na qual trabalhávamos naquela ocasião, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo -SABESP-, não foi possível garantir a necessária destinação de recursos financeiros para as experiências práticas que certamente enriqueceriam o trabalho. Entretanto, como consequência de uma vida dedicada ao

assunto, foi possível reunir informações provenientes de levantamentos de campo, trabalhos de laboratório e encontros técnicos dos quais participamos, fosse de forma direta como técnico, ou mesmo indireta enquanto responsável pelo Departamento de Controle Sanitário da referida empresa.

Assim sendo o trabalho limita-se à citação de casos da literatura internacional e nacional e ao registro de algumas experiências efetuadas.

Essas observações são necessárias para o entendimento dos motivos que levaram ao estudo razoavelmente aprofundado da bacia da represa Guarapiranga efetuado pela equipe de controle sanitário da SABESP, e a elaboração de uma proposta efetuada para uma outra bacia, numa aparente desvinculação.

Entretanto, a idéia central é que a implantação da proposta feita propicie dados e informações passíveis de utilização geral.

II - MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração deste trabalho não teria sido levada a bom termo sem que um levantamento tão completo quanto possível sobre a prática do reuso de água, suas conceituações, indicações e contra indicações, o houvessem precedido. Esse levantamento, que tivemos oportunidade de realizar por ocasião de nossa dissertação de mestrado que versou sobre o mesmo tema, não só veio fundamentar como também facilitar o trabalho de tal maneira que a presente tese praticamente é um complemento e sequência aprofundada do trabalho inicial.

Assim, inicialmente fizemos uma revisão conceitual sobre o tema, bem como um levantamento histórico do reuso de água no mundo e em particular no Brasil. Em seguida, a Região Metropolitana de São Paulo foi delimitada como área de estudo, e a viabilidade do reuso indireto planejado de água nessa região foi colocada como objetivo a ser estudado.

Para atingir esse objetivo, projetamos a oferta e a demanda de água ao longo do tempo na região, e verificamos a necessidade do reuso. Após constataremos sua necessidade e apresentarmos algumas propostas feitas anteriormente por diversos autores, desenvolvemos no capítulo V, uma proposta que constitui o cerne desta tese.

Ao longo deste trabalho, sempre que possível, os conceitos, os exemplos e os dados apresentados foram remetidos a seus autores, que foram citados no capítulo VII.

II.1 - CONCEITUAÇÃO EM REUSO DE ÁGUA

A escassez natural de água, devido às características ligadas ao clima de uma região ou à escassez relativa do recurso face ao crescimento excessivo da demanda, atualmente é a maior preocupação no planejamento da utilização dos recursos hídricos para seus múltiplos usos.

A forma clássica com que esse problema tem sido abordado, ou seja, a mobilização de águas naturais a distâncias cada vez maiores, o que implica em custos cada vez mais altos, está longe de ser a solução ideal, na medida em que interfere no equacionamento do problema nas regiões onde a água está sendo buscada.

Assim, a idéia da valorização dos efluentes, como forma de aumentar a oferta de água na região onde ela é escassa, e/ou como alternativa à disposição final dos esgotos onde essa disposição é problemática, vem sendo crescentemente considerada como uma possibilidade cada vez mais atraente. Somente para exemplificar, podemos citar o caso de algumas regiões do nordeste brasileiro, onde há escassez quase que permanente de água, e a Região Metropolitana de São Paulo, onde a escassez é relativa face à demanda.

O fato mais evidente que comprova o crescente interesse da comunidade técnica por esse assunto é a frequência com que o tema vem sendo abordado pelas publicações técnicas especializadas de todo o mundo.

Exatamente devido a essa grande quantidade de informações que está sendo colocada à disposição da comunidade técnico-científica sobre o assunto quase diariamente é que se torna importante uma uniformização do jargão técnico para um melhor entendimento do assunto.

II.2 - DEFINIÇÕES ADOTADAS

De forma geral, o reuso da água espontâneo e não planejado sempre ocorre, em maior ou em menor escala, através da participação do homem ou até sem ele, via ciclo hidrológico. Na medida em que há a intenção em adotá-lo, ou seja, quando o homem se propõe a discipliná-lo, surgem como decorrência dois grandes grupos: o reuso direto e o reuso indireto que, como foi dito, podem se dar através de ações planejadas ou não planejadas.

Apresentamos a seguir as definições adotadas nesta tese, de acordo com LAVRADOR FILHO, J. (28) (1987).

- REUSO DE AGUA: "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".

- REUSO INDIRETO NÃO PLANEJADO DA AGUA: "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. Neste caso, o reuso da água é um subproduto não

intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente estará, em seu encaminhamento até o ponto de captação para o novo usuário, sujeito não só às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração), como também a eventuais misturas com outros despejos, advindos de outras atividades humanas".

- REUSO PLANEJADO DA ÁGUA: "ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, posterior ao ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reuso planejado das águas pressupõe a existência de um sistema de tratamento de efluentes que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo reuso objetivado. O reuso planejado também pode ser denominado Reuso Intencional da Água".

- REUSO INDIRETO PLANEJADO DA 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, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reuso indireto planejado da água pressupõe que, além do controle das descargas de montante e de jusante da captação, exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, para garantir que, além das ações naturais do ciclo hidrológico, o efluente tratado estará sujeito apenas a eventuais misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado.

A descarga do efluente tratado no meio ambiente pode se dar para melhoria de sua qualidade, armazenamento, modulações de vazões ou até por motivos psicológicos do usuário de jusante".

- REUSO DIRETO PLANEJADO DAS AGUAS: "ocorre quando os efluentes, após convenientemente tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, sofrendo em seu percurso os tratamentos adicionais e armazenamentos necessários, mas não sendo, em nenhum momento, descarregados no meio ambiente".

- RECICLAGEM DE AGUA: "é o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição, para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original".

Nesta tese adotaremos a classificação de WESTERHOFF, G.P. (45) (1984), que prevê dois tipos de reuso: o potável e o não potável. Além disso, utilizaremos também os conceitos de reuso para recarga de aquíferos subterrâneos, reuso para manutenção de vazões de cursos de água e o de aquacultura.

- REUSO POTAVEL

. Reuso potável direto: é o caso em que o esgoto recuperado através de tratamento avançado é injetado diretamente no sistema de água potável.

. Reuso potável indireto: neste caso, o esgoto após tratamento é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

- REUSO NÃO POTÁVEL

. Reuso não potável agrícola: embora quando se pratica esta modalidade de reuso haja, via de regra, recarga do lençol subterrâneo como subproduto, o objetivo precípuo dessa prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc., bem como plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações e também a dessedentação de animais.

. Reuso não potável industrial: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para caldeira, etc.

. Reuso não potável recreacional: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esporte, parques, e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.

. Reuso não potável doméstico: são considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias, e a utilização deste tipo de água em grandes edifícios.

. Reuso para manutenção de vazões de cursos de água: trata-se da utilização planejada de efluentes tratados no sentido de garantir a vazão necessária a cursos de água, visando adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima de estiagem.

. Aquacultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.

Reuso para recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo-se dar de forma direta, através de injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

II.3 - CRITÉRIOS E PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA REUSO E RISCO ASSOCIADO

Os esgotos industriais e urbanos trazem consigo um grande número de componentes nocivos à saúde das pessoas a eles expostas. Nessas condições, o reuso dessas águas, quando feito de maneira não criteriosa, pode intensificar essa exposição, de forma indireta ou direta.

Para HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. (24) (1991), no caso específico do reuso potável indireto a água recuperada deve ter melhor qualidade, ou pelo menos igual a do corpo receptor. Por exemplo, se o corpo receptor é um aquífero, cujas águas necessitem apenas de desinfecção para sua potabilização, a água recuperada, e que será descarregada nesse corpo d'água para posterior reutilização, deve ter qualidade comprovadamente igual, ou melhor, do que a do referido manancial.

Da mesma forma, se o corpo receptor é um rio cujas águas requeiram intensivo tratamento antes de sua utilização, então essa água deverá ter qualidade pelo menos igual a desse rio.

Nos dois exemplos citados a água recuperada deverá ter qualidade tal que previna efeitos que deteriore o corpo receptor

pela alteração de alguns indicadores, como a depleção de oxigênio dissolvido, eutrofização, aumento no teor de sólidos dissolvidos ou acumulação de elementos traços orgânicos ou inorgânicos.

Para o caso do reuso potável direto, os mesmos autores (24) recomendam que a qualidade da água recuperada deve ser igual ou melhor do que a água final produzida com a melhor qualidade na região considerada.

Quando se fala em qualidade de água a ser reusada, é preciso ter em mente os contaminantes presentes nos esgotos que, para efeito didático, foram classificados em dois grandes grupos:

- contaminantes biológicos; vírus, bactérias, protozoários e helmintos, e
- contaminantes químicos; orgânicos e inorgânicos.

Evidentemente quando se planeja o uso de esgotos tratados para uma determinada finalidade, ou seja, reusar uma coleção de água de forma planejada e deliberada, a primeira coisa que se pensa é o risco associado a essa prática.

O risco à saúde relacionado às várias modalidades de reuso é definido por MIDDLEBROOKS, E.J. (34) (1982), como sendo a probabilidade de se experimentar um efeito adverso (morte, doenças, etc) ou, como no caso de reuso potável a exposição é praticamente contínua, a probabilidade por unidade de tempo.

Embora seja uma preocupação absolutamente procedente, dificilmente se pensa da mesma forma em relação às centenas de sistemas públicos que captam suas águas a partir de mananciais de superfície que foram utilizados a montante para afastamento de resíduos líquidos de várias cidades e, o que é mais grave, de

forma aleatória, não planejada e não controlada, caracterizando, dessa forma, o reuso potável indireto não planejado, que é exatamente a alternativa que conduz ao maior risco.

O risco à saúde depende fundamentalmente da tecnologia empregada em cada modalidade de reuso. Se, por um lado, os riscos relacionados aos vários tipos de reuso para fins não potáveis devem-se aos contaminantes microbiológicos e/ou elementos químicos de efeitos tóxicos ou sub-agudos de resposta rápida, por outro, para os riscos associados ao reuso potável direto, além desses contaminantes, devem ser considerados os riscos decorrentes dos efeitos devido à exposição contínua e de longo prazo aos chamados elementos químicos traço potencialmente carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos.

Dependendo da modalidade de reuso considerada, os riscos podem ser maiores ou menores havendo, em qualquer caso, necessidade de cuidados especiais, como por exemplo o monitoramento contínuo dos padrões de qualidade de água.

Especificamente com relação à padrões de qualidade de água para reuso nas suas diversas formas, embora já tenhamos discutido amplamente o tema a nível de dissertação de mestrado (32), julgamos oportuno apresentar uma síntese deste tópico.

Reuso potável: conforme recomenda a WORLD HEALTH ORGANIZATION (46) (1973), os critérios e padrões de qualidade de água a serem obedecidos ao se praticar o reuso potável, direto ou indireto, são os de potabilidade, existindo inúmeros decretos, leis, etc. de outros países e também brasileiros que podem servir para essa finalidade. Entre nós, os mais utilizados são o Decreto

Estadual 12.486 NTA-60 de 20/10/1978, a Portaria 56 BSB de 13/03/1977 e, mais recentemente, a Portaria 36 do Ministério da Saúde, de 19/01/1990.

No exterior, um dos mais interessantes e completos que temos conhecimento é uma proposta de critérios elaborada pelo EUREAU - UNION OF NATIONAL ASSOCIATION OF WATER SUPPLIERS (22) (1991), que é a União das Associações Nacionais dos Produtores de Água dos Países da Comunidade Européia.

Entendemos que este último representa um avanço, em termos de critérios e padrões, na medida em que utiliza uma classificação baseada em:

- parâmetros organolépticos;
- parâmetros físico-químicos;
- substâncias indesejáveis em quantidades excessivas;
- substâncias tóxicas;
- parâmetros microbiológicos, e
- substâncias necessárias ao organismo humano em quantidade mínimas.

Além dessa classificação de ordem geral, é proposta também uma sub divisão, conforme segue:

- parâmetros possivelmente relacionados à saúde;
- parâmetros relacionados ao conforto;
- parâmetros operacionais, e
- parâmetros a serem omitidos por razões especificadas.

Reuso não potável agrícola: esta é uma forma bastante interessante de reciclagem de recursos e, ao mesmo tempo, de

preservação do meio ambiente. Entretanto, essa prática envolve risco já que os esgotos municipais podem conter metais pesados, compostos orgânicos de origem industrial e uma enorme variedade de microrganismos patogênicos. Esse fato, somado às infinitas nuances e características particulares de cada projeto, de cada tipo de produto agrícola, de cada tipo de solo, de clima, de topografia, etc., torna o estabelecimento de padrões de qualidade uma tarefa impossível sem que se faça uma série de considerações.

Um primeiro aspecto diz respeito às concentrações máximas que podem ser consideradas não fitotóxicas e toleráveis para animais. Nos trabalhos de CHANEY, R.L. (10) (1984) essas informações podem ser encontradas, servindo como um primeiro balizamento para a utilização de águas residuárias, ou lodo, na agricultura.

Uma outra questão refere-se às concentrações de metais pesados em lodo relativamente às suas absorções por parte das plantas, e seus efeitos danosos ao solo. WEBER, M.D. et al. (44) (1984) apresentam uma relação das concentrações máximas toleráveis para metais pesados em lodo utilizado na agricultura em diversos locais, além das cargas máximas permissíveis relativamente ao solo.

Com relação aos patógenos, o MINISTER OF SUPPLY AND SERVICES CANADA (35) (1984) correlaciona o tempo de sobrevivência desses organismos em plantas e no solo, tendo em conta os efeitos que as irradiações solares têm sobre eles, bem como o fato do solo poder funcionar como um leito de adsorção.

AMARAL, R. (4) (1984) apresenta os padrões para reuso não potável agrícola adotado pelo Estado da Califórnia segundo três categorias:

Irrigação de plantas não comestíveis;

Irrigação de plantas comestíveis após cozimento;

Irrigação de plantas que são consumidas cruas.

Reuso não Potável recreacional: para uso de rega de parques e jardins, campos de esporte, etc. os padrões adotados são os mesmos do reuso não potável agrícola, acrescido das recomendações feitas com relação às plantas consumidas cruas, quando irrigadas por aspersão, devido aos problemas ocasionados pela formação de aerossóis.

Para coleções de águas a serem usadas para fins recreacionais de contato primário, definido como aquele onde ocorre submersão do corpo humano por longos períodos, a água precisa ter aspecto estético agradável, ausência de substâncias tóxicas ou irritantes à pele e olhos, além da ausência de organismos patogênicos. Com relação à recreação de contato secundário, que inclui pescaria, passeios de barco, etc., considera-se que eventuais imersões do corpo sejam acidentais, de curta duração e não frequentes. Desse modo, as condições estéticas assumem grande importância salientando-se sólidos em suspensão, material flutuante, lodos, limos, plantas aquáticas em excesso, cor, odor, sabor, turbidez, espumas, óleos e graxas, acidez ou alcalinidade que possam ocasionar corrosão em barcos e motores.

Reuso não potável industrial: conforme já foi definido, o reuso não potável industrial pode se dar internamente às instalações industriais, caracterizando a reciclagem interna, ou por meio de fonte externa, de forma direta ou indireta.

O estabelecimento de padrões de qualidade de água deve levar em consideração aspectos inerentes à proteção do produto fabricado como contaminações químicas e biológicas, manchas, corrosão, fatores ligados à proteção dos equipamentos industriais, bem como fatores voltados à eficiência dos processos, tais como formação de incrustações e depósitos, espumas, etc.

Assim sendo, dependendo do processo os padrões podem ser mais ou menos exigentes, podendo-se citar casos como água para caldeiras, onde os requerimentos de qualidade são mais restritivos que para água potável.

Dada a especificidade dos requerimentos em função dos processos industriais, foge dos nossos objetivos o detalhamento dos padrões de qualidade de água; entretanto, julgamos pertinente algumas observações de caráter de saúde pública para o caso de reuso não potável industrial a partir de fonte externa e de forma direta. Para esse particular caso, OKUN, D.A. (37) (1975), ao recomendar o uso de sistemas duplos de distribuição, faz menção aos riscos envolvidos no caso de ingestão acidental dessa água. Para mitigação desse risco, esse autor recomenda algumas medidas construtivas como material de construção diferente daquele usado pelo sistema público, diferenciação através de cores e avisos impressos nas tubulações. Quanto à qualidade da água, DEAN, R.B.

et al. (18) (1981) propõem que deve ser tal que sua ingestão acidental por períodos não muito longos não cause nenhum problema de saúde.

Para atendimento desses requisitos, a WORLD HEALTH ORGANIZATION (46) (1973) recomenda que a água deve ser livre de sólidos grosseiros, de parasitas, de bactérias e apresentar baixa concentração de vírus.

Reuso não potável doméstico: como nesta modalidade de reuso a água é veiculada através de sistemas duplos, valem aqui as observações feitas no item anterior.

Reuso para recarga de aquífero subterrâneo: como já foi dito, a recarga dos aquíferos subterrâneos pode ser feita para evitar o rebaixamento do nível do aquífero e para impedir a intrusão de água do mar. Evidentemente, em qualquer dos casos essa água pode ser reusada para fins potáveis ou não, implicando no estabelecimento de padrões de qualidade de água bastante rigorosos.

No caso de recarga por injeção direta, os padrões adotados são os mesmos para águas potáveis. No Brasil podem ser usados os da referida Portaria 36 do Ministério da Saúde. Por outro lado, quando se recarrega o lençol por infiltração-percolação, CULP, G. et al. (16) (1980) recomendam outros critérios, que levam em conta aspectos relativos à preservação dos aquíferos subterrâneos.

Aquacultura: a possibilidade de utilização de plantas aquáticas em instalações que usam efluentes urbanos como criadouros é tecnicamente possível encontrando, no entanto, restrições de ordem econômica. Com relação à criação de peixes usando-se esgotos tratados EDWARDS, P. (20) (1985), num trabalho financiado pelo Banco Mundial, apresenta dados de projeto, de produção, custos, etc. de vários empreendimentos localizados na Europa e Ásia. Nesse trabalho o autor demonstra a viabilidade comercial e técnico-sanitária desse tipo de empreendimento, sem entretanto fazer referência aos padrões de qualidade de água desejáveis para essa prática. Na obra de CULP, G. et al. (16) (1980) esses padrões são apresentados de forma bastante detalhada.

III - DISCUSSÃO

III.1 - O REUSO POTÁVEL PLANEJADO DAS ÁGUAS

Entre todas as modalidades de reuso de água, aquela que se destina ao consumo público é a mais polêmica, sendo alvo de severas críticas, em grande parte por falta de esclarecimento do que realmente seja essa proposta.

A nosso ver, a adoção da tecnologia da potabilização de um despejo sem que este passe pelo meio ambiente, ou seja, a adoção do reuso potável direto de água em um país como o Brasil, onde as dificuldades para a condução e viabilização de qualquer tipo de pesquisa é muito grande, ainda não deve ser feita.

No exterior, estudos dessa natureza que ainda estão em andamento, como na cidade de Denver, Colorado e no Rio Potomac em Washington, ainda precisam ser convenientemente analisados e divulgados com maiores detalhes, para que possam servir de modelos.

Em contrapartida, o reuso potável indireto planejado de água representa um aumento de segurança em relação a alguns sistemas de abastecimento que vêm sendo operados em regime de reuso potável indireto não planejado, por ser esta a forma mais insegura de reuso de água. Como exemplo, podemos citar o Rio Paraíba nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, onde uma sucessão de cidades capta água e despeja o esgoto gerado no mesmo manancial, numa sequência de reusos absolutamente fora de controle.

Acreditamos que uma perfeita compreensão de que a proposta do reuso potável indireto planejado de água visa a fixação de regras operacionais, bem como a definição de regimes controlados de vazões de despejo, poderá abrir caminho para um aumento da segurança em relação à água produzida e também para uma racionalização de seu uso.

Em alguns países da Europa e Ásia e nos Estados Unidos, cada vez mais intensamente o reuso de água vem se caracterizando como um importante componente no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, pois tanto o reuso potável como o não potável, nas suas diversas formas, oferecem meios para prolongar e racionalizar a utilização desses recursos naturais, em outras palavras, oferecem meios para a conservação das águas de melhor qualidade para usos mais nobres.

HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. (24) (1991) atribuem aos seguintes fatores o fato de modernamente se considerar o reuso, nas suas várias formas, como um recurso hídrico alternativo:

- demanda crescente de água, até o ponto onde supera a oferta;
- limitação das fontes locais de água superficiais ou subterrâneas;
- processo de poluição crescente dos mananciais locais de água;
- ausência de políticas viáveis de redução de demanda;
- altos custos da disposição final dos esgotos;
- existência de legislação que favorece mais o reuso do que a disposição no meio ambiente e

- os impactos negativos causados ao meio ambiente devido aos remanejamentos de água entre bacias.

Por outro lado, AHLSTROM, S.B. (2) (1990) cita um estudo levado a efeito pela American Water Works Association Research Foundation em 1988, onde um conjunto de 188 especialistas agrupados em três categorias apontaram os principais obstáculos existentes para a implementação de programas de reuso de água. São eles:

- os altos custos envolvidos;
- o problema da disseminação da informação e o da educação da população e
- a questão da qualidade da água e os aspectos de saúde envolvidos.

Evidentemente, o grau com que esses problemas transformam-se em obstáculos depende fundamentalmente do tipo de reuso previsto e da magnitude do apelo ambiental que o projeto tem. Por exemplo, se o reuso previsto se dará no sentido de preservar um valioso recurso hídrico, ou então se houver uma outra forma de benefício para o meio ambiente, ele será mais aceitável pela comunidade do que não havendo qualquer sorte de apelo ambiental.

Em determinadas regiões, principalmente aquelas junto aos grandes centros, como por exemplo a Região Metropolitana de São Paulo, o crescimento demográfico é de tal ordem que a busca de água a distâncias cada vez maiores está chegando num ponto onde essa prática se inviabiliza, não só devido aos altos custos envolvidos como também ao forte atrito com as áreas vizinhas.

Ainda dentro do exemplo da Região Metropolitana de São Paulo, como será visto no item III.1.2, o crescente processo de poluição dos mananciais abastecedores da região bem como os altos custos de implantação de um plano diretor de água e esgotos para a região confirmam, de maneira absolutamente nítida, as ponderações de HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. (24) (1991) no sentido de considerar o reuso de água, como uma fonte alternativa.

Com relação às três categorias de obstáculos levantadas pelo estudo patrocinado pela AWWA (2) apresentamos os seguintes contra-argumentos:

1) Com relação aos altos custos envolvidos.

É bastante comum a argumentação relativa aos altos custos envolvendo os projetos de reuso de água. No caso de reuso potável direto, onde existem ainda algumas incertezas, esses custos realmente são altos. Entretanto, quando se argumenta sobre os altos custos do reuso potável indireto planejado, via de regra a comparação é feita com sistemas convencionais que captam água de mananciais protegidos. Esses sistemas, porém, são a minoria. A verdade é que mananciais localizados próximos a grandes centros urbanos vêm sofrendo uma pressão tão violenta por parte dos assentamentos populacionais, principalmente os irregulares, que em alguns casos se recomendaria a rejeição do próprio manancial, não fosse a ausência de outras alternativas, como é o caso do Rio Cotia e da Represa Guarapiranga na Região Metropolitana de São Paulo.

As análises e comparações de custo que precisam ser feitas devem levar em conta esses mananciais, onde é sabida a existência

da prática de um reuso potável indireto não planejado. Em outras palavras, a água desses mananciais, que contém toda sorte de contaminante, vêm sendo tratada de forma convencional, absolutamente igual a dos mananciais protegidos, sem maiores preocupações.

É com esses sistemas, tendo-se idealmente adotado todos os cuidados, que as comparações e os estudos de custos precisariam ser feitos.

2) O problema da disseminação da informação e o da educação da população.

A aceitação pública é o mais crucial dos elementos na determinação do sucesso ou do insucesso de um programa de reuso, particularmente no caso de reuso potável.

A experiência internacional tem mostrado que projetos dessa natureza podem ser tecnicamente viáveis (a água produzida comprovadamente segura pelos melhores procedimentos científicos disponíveis), podem ser aceitos pelas agências oficiais de meio ambiente e de saúde pública e ainda assim não ser aceitos pelo público.

Em termos de divulgação, o que precisa ser comunicado ao público é o fato de que, como propõem STEPHAN, D.G. & WEINBERGER, L.W. (42) (1968), a água de diluição está se tornando cada vez menos disponível e a auto depuração dos rios, além de ter um limite em relação à quantidade de poluentes que pode dar conta, em certos casos não funciona, como por exemplo para grande número de poluentes inorgânicos ou mesmo determinados poluentes orgânicos resistentes ao tratamento convencional de esgotos.

Ainda citando HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. (24) (1991), um programa de educação ambiental dessa natureza deve contemplar os seguintes aspectos:

- . a necessidade de suprimentos adicionais de água;
- . a disponibilidade de suprimentos adicionais de água;
- . o impacto sobre o meio ambiente decorrente do desenvolvimento de suprimentos adicionais de água;
- . o estágio atual da tecnologia de reuso de água;
- . as garantias incorporadas aos processos de recuperação e de reuso de água tais como a técnica das múltiplas barreiras, descrita por MANCUSO, P.C.S. (32) (1989), além do monitoramento intensivo e a possibilidade da mistura de água recuperada com água de outra origem.

3) A questão da qualidade da água e os aspectos de saúde envolvidos.

Os esgotos industriais e urbanos trazem consigo uma série de componentes nocivos à saúde das pessoas a eles expostas e o reuso dessas águas, quando feito de maneira não criteriosa, pode intensificar essa exposição de forma direta e indireta. Evidentemente, com o aumento da exposição aumenta-se os riscos, e os cuidados que se devem tomar devem ser aumentados na mesma medida.

Ainda referindo-se ao autor citado (32), seu trabalho apresenta uma síntese dos principais critérios e padrões de qualidade de água para todas as modalidades de reuso de água; o capítulo III, trata com detalhes a questão da qualidade da água,

bem como dos aspectos de saúde envolvidos, inclusive para o particular caso do reuso potável planejado.

III.1.1 - O REUSO POTÁVEL PLANEJADO DAS ÁGUAS EM OUTROS PAÍSES

A análise da literatura especializada possibilitou estabelecer uma relação cronológica dos principais registros bibliográficos dos eventos mais significativos para o desenvolvimento do reuso das águas, especificamente para o caso do reuso potável planejado. Obviamente a apresentação do reuso potável indireto não planejado seria praticamente impossível, já que essa modalidade de reuso existe desde o início da civilização, quando os primeiros seres humanos começaram a se utilizar dos corpos de água superficiais para disposição dos seus desejos. Assim, partindo dos anos 30 deste século é possível alinhar:

a) - 1931: embora não disponhamos de informações mais detalhadas, HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. (24) (1991) citam o caso de um projeto de reuso potável indireto planejado desenvolvido em Los Angeles, California, onde após sedimentação primária, tratamento biológico e filtração em areia o esgoto era aplicado no solo para recarga do lençol e posterior reuso para fins de abastecimento público.

Segundo o mesmo autor, a qualidade da água do lençol permaneceu inalterada.

b) - 1956: caso clássico de reuso potável direto, relatado por MEICHES, J. (33) (1964). Refere-se a cidade de CHANUTE, Kansas, onde durante uma severa seca o manancial abastecedor do

sistema de produção de água da cidade secou. Para solução do problema, as autoridades sanitárias autorizaram o uso do efluente da estação de tratamento de esgoto local, a nível secundário, como manancial de água bruta para ser potabilizada e distribuída à população.

Esse efluente, após cloração e um período de detenção de 17 dias, era conduzido à estação de tratamento de água onde era submetido à coagulação, decantação, filtração e desinfecção, sendo então distribuído para consumo.

Exceção feita à cor, os padrões de qualidade foram plenamente atingidos, não sendo constatado nenhum efeito adverso à saúde.

c - 1960: criação do Advanced Waste Treatment Research Program of the United States Public Health Service, para dar suporte às pesquisas de reuso potável direto nos Estados Unidos.

d - 1962: em Wittier Narrows, perto do Los Angeles, cerca de 0,438m³/s de esgoto tratado a nível secundário e desinfetado vêm sendo submetido a um tratamento físico e químico adicional, com posterior infiltração no solo, contribuindo com 16% do total de água de recarga do lençol.

A população que se abastece desse manancial vem sendo epidemiologicamente monitorada, sem que nenhum efeito adverso à saúde tenha sido registrado.

e - 1968: CULP, R.L. et al (17) (1977) citando POUND, C.E. et al., descreveu o sistema de reuso potável direto adotado na cidade de Windhoek, Namíbia. O esgoto tratado a nível secundário é conduzido a um sistema de tratamento constituído por nove

lagoas ligadas em série, constituindo um sistema de maturação com tempo de detenção hidráulica de 14 dias. Após esse período o efluente desse conjunto de lagoas - $1500\text{m}^3/\text{dia}$ - é submetido à filtração para remoção de algas, fracionamento de espumas, cloração e adsorção em carvão ativado e posterior mistura com água tratada proveniente de manancial de superfície.

O sistema de Windhoek, que é constituído de 15% de esgotos tratados e 85% de água tratada, vem funcionando até o momento sem registro de casos de doenças associados ao uso dessa água.

f - 1969: ainda citando os mencionados autores (17), em Alpine County, California, o Indian Creek Reservoir foi escolhido pela South Tahoe Public Utility District para ser abastecido com o efluente do sistema de tratamento de esgotos de South Lake Tahoe.

Trata-se de um sistema dotado de uma sequência de tratamentos que caracteriza o chamado "tratamento avançado de esgotos". A qualidade da água assim obtida é tal que o reservatório vem sendo usado para a prática de esporte de contato primário e pesca.

g - 1972: o Federal Water Pollution Control Act estabelece que as descargas de efluentes de esgotos de forma geral, em cursos de água navegáveis, devem ser eliminadas, encorajando, dessa forma, a recuperação e o reuso de água.

h - 1976: início de operação de um dos mais divulgados projetos norte americanos de reuso potável indireto. Situado em Orange County, Califórnia, o Water Factory 21, como ficou conhecido, é descrito pela WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION

(43) (1938) como sendo a injeção no solo de esgoto doméstico tratado a nível secundário e submetido à precipitação com cal, recarbonatação, cloração, filtração, adsorção em carvão ativado pós cloração e desmineralização por osmose reversa, à razão de $0,657\text{m}^3/\text{s}$.

O Orange County Water District não encontrou até o momento nenhuma indicação que contra indique o processo.

i - 1978: de acordo com MONTGOMERY CONSULTING, J.M. (36) (1985), após severa seca teve início a utilização dos esgotos tratados de Fairfax County, Virgínia, para complementação do volume do Reservatório Occoquan, que abastece mais de um milhão de pessoas pelo Upper Occoquan Sewage Authority.

O sistema inclui tratamento primário, secundário, nitrificação biológica com desnitrificação, precipitação com cal, recarbonatação, filtração, adsorção com carvão ativado e desinfecção.

Caso típico de reuso potável indireto planejado, a estação com capacidade inicial de $0,657\text{m}^3/\text{s}$, hoje está sendo ampliado para $1,66\text{m}^3/\text{s}$, já que durante as estiagens esse sistema tem contribuído com até 80% da vazão afluente ao lago, sem que nenhum efeito negativo à saúde tenha sido detectado.

j - 1978: teve início a operação da estação de tratamento avançado de esgotos operada pela Tahoe-Truckee Sanitation Agency Water Reclamation Plant em Reno, Nevada, para recuperação de cerca de $0,211\text{m}^3/\text{s}$ de água para complementar a vazão do Truckee River, usado para abastecimento da cidade de Reno.

1 - 1981: entrou em operação em Washington D.C. a Potomac Estuary Experimental Water Treatment Plant. Com capacidade para tratar $0,043\text{m}^3/\text{s}$, essa planta, segundo KAVANAUGH, G.H. et al. (25) (1981), foi concebida para trabalhar com uma mistura de água do estuário do Rio Potomac, com o efluente tratado a nível secundário, seguido de nitrificação da Blue Plains Wastewater Treatment Plant à razão de 50% da água de cada origem.

Após exaustivos estudos levados a efeito pela National Academy of Engineering e o Army Corps of Engineers, concluiu-se que o tratamento avançado lá empregado conduz a produção de água com qualidade similar aos três maiores suprimentos da área metropolitana de Washington.

m - 1983: entrou em operação em Denver, Colorado, uma estação de tratamento de demonstração com capacidade para 44 l/s que utiliza como água bruta o efluente do sistema de tratamento de esgotos domésticos a nível secundário. Esse sistema foi concebido tendo como objetivo levantar a viabilidade técnica e econômica do reuso potável direto, empregando-se tecnologia de ponta em potabilização de água de má qualidade devido a um uso anterior. Além disso, o projeto tem como objetivo desenvolver metodologias científicas de monitoramento de qualidade de água baseadas em indicadores os mais atualizados.

Por ser um projeto bastante avançado ele inclui um intensivo programa de amostragem que visa, além dos parâmetros normais de controle, determinar a capacidade de remoção dos chamados "elementos traços", e também avaliar os efeitos sobre a saúde

através de estudos crônicos e sub-crônicos em animais, conforme descrito por LAUER, W.C. et al. (27) (1984).

De acordo com o cronograma do projeto, o relatório final deverá ser emitido em 1992, mas pelo que se sabe trata-se de água de altíssima qualidade cuja recomendação final será o uso no abastecimento público de Denver.

n - 1983: início de operação de uma estação de demonstração com capacidade de $0,0438\text{m}^3/\text{s}$ para reuso potável direto na Califórnia.

Com os resultados das pesquisas de efeitos sobre a saúde que estão sendo desenvolvidos, pretende-se uma mudança na legislação da Califórnia no sentido de permitir o reuso da água para fins de distribuição pública (24).

o - 1985: em El Paso, Texas, começou operar a Fred Hervey Water Reclamation Plant, estação de reuso potável indireto com capacidade de $0,438\text{m}^3/\text{s}$.

Nesse sistema, HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. (24) (1991) relatam que água tratada é injetada no solo e recuperada através de um poço profundo para fins de consumo público após dois anos de percurso no solo.

A Estação de Tratamento de Fred Hervey dispõe de tratamento primário, tratamento secundário por lodos ativados com aplicação de carvão ativado pulverizado, precipitação com cal, recarbonatação, filtração, ozonização e adsorção em carvão ativado granular, antes da infiltração no solo.

p - 1986: o projeto piloto Tampa Water Resource Recovery Pilot Plant, na Flórida, começou operar tendo como objetivo

determinar qual a qualidade que a água recuperada, a partir de efluentes tratados a nível secundário seguido de desinfecção, deve ter para que possa ser misturada com água de lençóis de superfície e com água de lençóis subterrâneos, para reuso potável indireto.

O sistema já foi definido, sendo composto por aeração, precipitação com cal, recarbonatação em dois estágios, filtração, adsorção em carvão ativado e ozonização.

Os resultados experimentais deverão ser publicados em breve, sabendo-se de antemão (24) que uma das conclusões do estudo é que haverá possibilidade de complementar até 30% a água do Rio Hillsboro durante as estiagens.

q - 1988: em Phoenix, Arizona, foi desenvolvido um estudo para determinar os custos associados ao reuso de água, tendo-se concluído, entre outras coisas, que os sistemas de reuso potável são competitivos com as alternativas convencionais de desenvolvimento de novos sistemas em áreas desérticas.

No momento, a cidade vem projetando uma estação de demonstração de capacidade de $0,0044\text{m}^3/\text{s}$, para estudar as questões ligadas à aceitação pública bem como as de legislação

III.1.2 - O REUSO POTÁVEL PLANEJADO DAS ÁGUAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Como foi dito no item III.1, o reuso de água de forma não planejada, com maior ou menor intensidade, tem sido praticado em todo o mundo desde os primórdios da civilização, sendo bastante

conhecidos casos de utilização de águas poluídas por um ou mais usos anteriores sem uma metodologia adequada.

Entretanto, com o avanço do conhecimento na área de controle de qualidade e com o crescente processo de industrialização, a adoção indiscriminada e descontrolada dessa prática vem se tornando bastante perigosa, devido aos inúmeros novos componentes agregados a esses efluentes, de natureza e efeitos sobre o organismo humano em grande parte desconhecidos.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) não é uma exceção à essa regra, sendo bastante conhecida, até através dos meios de comunicação, a intensidade com que os corpos hídricos da região vêm se deteriorando.

Rios cobertos com espumas de detergentes, florações de algas decorrentes da eutrofização dos corpos hídricos, mortandade em massa de peixes, etc. são fenômenos com os quais a população da região vem tomando contato crescente, não só através da imprensa como também através dos efeitos dessa degradação de qualidade sobre sua saúde.

Dentro desse quadro que, ao mesmo tempo que é real é também irreversível em países como o nosso, pressionados pela miséria e por um modelo centralizador de rendas que traz em seu bojo, como sub-produto, impactos de características perversas sobre o meio ambiente, surgem três grandes linhas de pensamento para o enfrentamento do problema.

A primeira defende a idéia do desenvolvimento de ações no sentido de proteger os mananciais através de medidas legais ou até de modelos baseados em educação da população, etc.

A segunda linha vê o problema como incontornável, propondo a busca e o desenvolvimento de novos mananciais à distâncias cada vez maiores, tratando o custo decorrente como uma variável implícita ao problema e que, portanto, deve ser aceita como inevitável.

Ao que tudo indica, para os defensores dessas duas vertentes o sistema clássico de tratamento de água é suficiente, já que as duas acreditam no sucesso de suas propostas.

Finalmente existe uma terceira linha, com a qual nos identificamos, que acredita que esforços devem ser mantidos no sentido de proteger os mananciais. Entretanto, a experiência mundial tem mostrado que mesmo em países ricos, onde são possíveis maciças inversões de capital no setor, o sucesso de tais medidas é relativo, funcionando como uma espécie de peneira que, por mais que se diminuam suas malhas, sempre haverá de existir partículas que passarão, sendo necessário prevenir-se contra elas.

Nessas condições, essa terceira linha defende o desenvolvimento de processos e operações unitárias avançados que realmente possam agregar ao produto final, uma confiança bastante grande, aliados a um controle administrado das fontes poluidoras, ou seja, a adoção da idéia do reuso potável indireto planejado.

Apesar da RMSF dispor de uma rede razoável de recursos hídricos, o crescimento populacional é maior do que essa rede pode suportar, havendo ocasiões, como se verá a seguir, em que a prática do reuso potável planejado foi evocada como a forma de resolver um problema emergente.

1 - 1969: após severa estiagem, os níveis dos principais mananciais abastecedores da RMSF caíram de forma crítica, obrigando a Companhia Metropolitana de Água de São Paulo - COMASP - concessionária dos serviços da região na época, colocar em ação um plano de emergência para contornar a situação.

O Rio Pinheiros, por efeito da estiagem, apresentava um caudal constituído quase que integralmente dos esgotos que para ele afluíam sem nenhum tratamento prévio. O plano da COMASP previa a construção de um sistema de floculação de emergência localizado no próprio leito do rio e uma estação elevatória que captaria essas águas e as encaminharia a um sistema de pré-decantação, para depois submetê-las a um tratamento convencional nas estações do Alto da Boa Vista e Theodoro Ramos.

O sistema não chegou a ser implantado pois com o fim da estiagem os níveis dos mananciais voltaram ao normal, tendo o projeto sido desativado sem que os dados referentes aos ensaios de laboratório tenham sido registrados.

2 - 1986: também durante uma intensa seca, os reservatórios de água potável da RMSF atingiram novamente níveis críticos, colocando em risco o abastecimento da região, principalmente na área servida por água proveniente da Represa Guarapiranga, que é tratada na Estação de Tratamento do Alto da Boa Vista à razão de $9,4\text{m}^3/\text{s}$ e cerca de $1,2\text{m}^3/\text{s}$ em Theodoro Ramos.

A idéia era captar $1,2\text{m}^3/\text{s}$ de água diretamente do Rio Pinheiros, conduzindo-a até a Estação Theodoro Ramos, onde seria submetida a um tratamento alterado de acordo com uma sequência de processos e operações unitárias, que idealizamos e testamos nos

laboratórios da própria SABESP e da CETESB. Da mesma forma que em 1969, o sistema não chegou a ser colocado em funcionamento devido ao fim da estiagem. O item V.2.1, apresenta detalhes do plano.

3 - Rio Cotia: segundo MANCUSO, P.C.S. (32) (1989), trata-se de caso clássico de reuso potável indireto não planejado, tendo esse rio, ao longo de seu curso, duas estações de tratamento de água. A primeira, a do Alto Cotia, situa-se junto às nascentes do rio em área completamente protegida, sem nenhum problema causado por despejos.

Após passar pela região urbanizada do município de Cotia e receber violenta carga de esgotos domésticos e industriais, o Rio Cotia tem suas águas captadas e encaminhadas a uma segunda estação de tratamento - a do Baixo Cotia - que submete essa água a um tratamento convencional, com um sucesso discutível, podendo os dados operacionais ser encontrados nos trabalhos do citado autor (32).

Para finalizar, chamamos atenção para o fato de que o reuso potável, direto ou indireto, somente faz sentido em situações de escassez de água e o próximo capítulo tem exatamente esse objetivo: verificar a questão da oferta e da demanda de água na Região Metropolitana de São Paulo, atual e futura, procurando dimensionar essa escassez.

III.2 - A DISPONIBILIDADE DE AGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

A Região Metropolitana de São Paulo, criada em 08 de junho de 1973 pela Lei Complementar nº 14, constituiu-se na região mais desenvolvida do país tendo um crescimento expressivo após os anos cinquenta, quando o processo da substituição das importações surgiu como um dos fatores preponderantes na expansão industrial. O rápido desenvolvimento desse setor trouxe, como consequência, um acentuado aumento das atividades de comércio e serviços, e ainda um explosivo crescimento demográfico decorrente da migração da população do campo e de outras regiões para os diversos centros urbanos, propiciado pela expectativa de novas oportunidades de emprego.

Responsável pela absorção de cerca de 70% do total da mão de obra ocupada nos estabelecimentos industriais do estado, é a Região Metropolitana que apresenta índices de crescimento mais elevados do país, possuindo uma estrutura industrial bastante diversificada, sendo considerada, por suas características, pólo de desenvolvimento nacional.

Os estabelecimentos industriais, segundo LINS ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS (30) (1989), localizam-se nas imediações dos principais rios e eixos rodoviários dessa região, estando concentrados nas sub-regiões centro-capital e sudeste - ABCDM -, responsáveis respectivamente por 67% e 21% do total do pessoal da região ocupado no setor, respectivamente. Destacam-se ainda os municípios de Osasco, situado na sub-região noroeste, e de

Guarulhos na sub-região nordeste. Notadamente este último vem apresentando um crescimento industrial expressivo nos últimos anos.

A rápida expansão das atividades econômicas aliada ao grande afluxo de contingentes migratórios contribui de forma significativa para a ocupação desordenada do espaço territorial e, como consequência, para a deterioração das condições habitacionais, devido ao déficit de infra-estrutura particularmente no que diz respeito aos serviços de saneamento básico.

O abastecimento de água nessa região é feito pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP - através de duas formas: pelo chamado Sistema Integrado de Produção e Distribuição de Água e pelos Sistemas Isolados de Produção e Distribuição de Água.

O Sistema Integrado, que atende 28 dos 37 municípios da região, é constituído por um conjunto de sistemas produtores interligados por um complexo de adução, recalque e reservação, denominado Sistema Adutor Metropolitano - SAM, que conduz a água tratada à rede distribuidora.

Os nove municípios restantes, não atendidos pelo Sistema Integrado, têm seu abastecimento realizado por sistemas individuais, denominados "Sistemas Isolados", que incluem suas unidades de produção.

III.2.1 - OFERTA DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Como foi dito, a oferta de água para a grande maioria da Região Metropolitana de São Paulo se faz pelo Sistema Integrado da SABESP, que produz e distribui água de qualidade homogênea empregada primariamente no atendimento à demanda doméstica.

Adotando-se o critério estabelecido pelo CONSÓRCIO NACIONAL DE ENGENHEIROS CONSULTORES - CNEC (13) (1975), que estabelece dois níveis de qualidade, em função do uso, as fontes produtoras foram separadas em dois grandes grupos:

a) Grupo 1: fontes cujas águas destinam-se a usos mais exigentes em termos qualitativos, tais como: consumo humano, produção de vapor e alguns tipos de processos industriais, como por exemplo indústria de alimentos.

b) Grupo II: abrange as fontes cujas águas destinam-se a outros usos menos exigentes que os anteriores em termos de qualidade.

O quadro 1 ilustra o que foi dito

Quadro 1 - AGRUPAMENTO DAS FONTES DE AGUA

GRUPO	USO DA AGUA	FONTES DE AGUA
I	Água destinada a usos mais exigentes em termos qualitativos	-Mananciais de superfície destinados ao suprimento de água potável da RMSP. -Aquíferos subterrâneos.
II	Água destinada a usos menos exigentes em termos qualitativos	-Outros mananciais superficiais não aproveitados ou não aproveitáveis para fins de abastecimento público. -Efluentes das estações recuperadoras de qualidade.

III.2.1.1 - ÁGUAS DESTINADAS A USOS MAIS EXIGENTES EM TERMOS DE QUALIDADE

a) MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE DESTINADOS AO SUPRIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL DA RMSP

No sentido de atender às demandas atuais e futuras, a política da SABESP tem se voltado para o aproveitamento intensivo dos recursos hídricos próprios da Bacia do Alto Tietê e para a clássica importação de água de bacias vizinhas cada vez mais distantes, como forma de suplementar esses recursos. A tabela 1 mostra as vazões nominais das estações de tratamento de água da RMSP pertencente ao Sistema Integrado.

TABELA 1: ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA PERTENCENTE AO SISTEMA
INTEGRADO DA RMSF - VAZÕES NOMINAIS

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO	VAZÃO NOMINAL (m ³ /s)
GUARAÚ	26,00
ALTO DA BOA VISTA	9,40
THEODORO RAMOS	1,20
RIO GRANDE	4,00
RIO CLARO	3,80
ALTO COTIA	0,85
BAIXO COTIA	0,50
MOGI DAS CRUZES(*)	0,30

(*) Estação não operada pela SABESP
 FONTE: Referência (12)

b - AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS

Na Região Metropolitana de São Paulo são caracterizados dois aquíferos distintos:

A tabela 2 apresenta dados levantados pelo Departamento Estadual de água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE - e apresentados à SABESP pelo Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores - CNEC (13) (1975).

TABELA 2: PRODUÇÃO MÉDIA DOS AQUÍFEROS CRISTALINOS E SEDIMENTAR NA RMSF.

AQUÍFERO	PRODUÇÃO MÉDIA	
	(m ³ /s)	(10 ⁶ m ³ /ano)
CRISTALINO	1,3	41
SEDIMENTAR	2,1	66
TOTAL	3,4	107

FONTE: Referência (13).

Ainda segundo a mesma fonte (13), para efeito de diagnóstico de potencialidade foram identificadas três situações:

- áreas onde se fazia exploração excessiva do manancial cobrindo cerca de 115 km²;
- áreas onde seria possível ampliar a exploração: cerca de 86 Km²;
- áreas onde seria possível manter a exploração existente.

A ampliação da produção nas áreas favoráveis foi estimada em 0,5 m³/s, chegando-se assim a uma captação potencial em aquíferos subterrâneos profundos igual a 3,9 m³/s, incluindo-se nessa estimativa os recursos de água subterrânea de pequenas profundidades.

III.2.1.2 - AGUAS DESTINADAS A USOS MENOS EXIGENTES EM TERMOS DE QUALIDADE

- a) OUTROS MANANCIAIS SUPERFICIAIS NÃO APROVEITADOS OU NÃO APROVEITAVEIS PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

Excluídos os mananciais que integram os sistemas produtores da RMSF para o abastecimento público restam ainda os recursos hídricos superficiais da Bacia do Alto Tietê de dimensões significativas, e não aproveitados para esse fim devido a uma posição geográfica desfavorável ou então à qualidade de suas águas. São eles:

- Sistema Baixo Juqueri;
- Rios Tietê e Tamanduateí;
- pequenos afluentes do Rio Tietê;
 - . Ribeirão Botujuru
 - . Ribeirão Baquirivu-Guaçu
 - . Ribeirão Cabuçu de Cima
 - . Ribeirão Guaió
 - . Ribeirão da Vargem

A seguir tecemos algumas considerações a respeito de cada um dos mananciais acima.

SISTEMA BAIXO JUQUERI

Localizado a jusante do Reservatório Paiva Castro, esse sistema apresenta uma vazão regularizada de aproximadamente 9,0m³/s e uma baixa qualidade de suas águas, devido às cargas industriais e urbanas nele lançadas, em que pese ter sido classificado em 08 de setembro de 1976 pelo Decreto Estadual 8468, e em 22 de novembro de 1977 pelo Decreto Estadual 10755, como pertence à classe 3, ou seja, "águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à

preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais".

RIOS TIETÊ E TAMANDUATEÍ

Atualmente, tanto o Tietê como o Tamanduateí, no seu trecho urbano, são receptores de pesada carga poluidora, o que não impede seu aproveitamento como manancial de água industrial.

Essa situação, evidentemente, poderá ser alterada na medida que essas cargas forem contidas em função da eventual implantação do Plano Diretor de Esgotos da RMSP por parte da SABESP. Ainda em função dessa medida, duas consequências decorrem como imediatas:

- melhoria da qualidade das águas, que induziria a manutenção desses rios como mananciais de água industrial, e
- diminuição de vazões, que favoreceria o deslocamento de certo contingente de unidades fabris para o mercado de consumidores da rede pública, o que poderia ser absorvido pela SABESP dentro de um programa de reuso não potável industrial, mediante aproveitamento de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto - ETE's.

PEQUENOS AFLUENTES DO RIO TIETÊ

A Tabela 3, preparada pelo CONSÓRCIO NACIONAL DE ENGENHEIROS CONSULTORES - CNEC (14) (1980), consubstancia as informações de vazões referentes aos vários corpos hídricos.

TABELA 3: VAZÕES DOS MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE NÃO APROVEITADOS, OU NÃO APROVEITAVEIS, PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.

CORPO DE AGUA	VAZÃO APROVEITAVEL (m ³ /s)
SISTEMA BAIXO JUQUERI	9,0
RIO TIETÊ E TAMANDUATÊ	(1)
RIBEIRÃO BOTUJURU	0,1
RIBEIRÃO BAQUIRIVU-GUAÇU	1,1
RIBEIRÃO CABUÇU DE CIMA	0,5
RIBEIRÃO GUAIÁ	0,7
RIBEIRÃO DA VARGEM	0,1
TOTAL	11,5

(1) Inexiste estudo global sobre o balanço hídrico da região levando-se em conta a interceptação dos efluentes líquidos e industriais na bacia.

FONTE: referência (14).

b - EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE's)

A tabela 4 mostra as vazões tratadas pelas ETE's localizadas na RMSF, enquanto que a tabela 5 apresenta os valores médios mensais dessas unidades de tratamento durante 1990.

TABELA 4: ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO OPERADAS PELA SABESP NA RMSP.VAZÕES TRATADAS (l/s) - 1990 (*)

ETE	GUAIANAZES	JACANZ	MAIRIPORZ	IPIRANGA	SAPOEMBA	DOM DUARTE	SUZANO	BARUERI
MÊS								
JAN	15,0	2,5	22,0	50,0	11,0	1,5	381	-
FEV	16,0	3,0	44,0	55,0	10,0	3,0	279,2	-
MAR	17,0	3,0	44,0	55,0	13,0	2,0	426,8	4500,0
ABR	15,0	3,0	26,0	55,0	10,5	2,6	309,5	3400,0
MAI	15,0	2,4	25,0	51,0	9,8	2,4	301,2	3500,0
JUN	15,0	2,3	21,0	47,0	10,0	2,5	289,9	3300,0
JUL	15,0	3,0	30,0	70,0	10,0	2,1	360,7	3500,0
AGO	15,0	2,5	34,0	30,0	10,0	2,5	312,7	3700,0
SET	15,0	2,5	28,0	30,0	10,0	3,3	318,2	-
OUT	15,0	2,5	30,0	49,0	11,2	2,0	329,0	3700,0
NOV	15,2	2,7	30,2	49,1	10,6	2,3	331,0	3650,0
DEZ	15,4	2,9	30,4	49,2	10,0	2,6	333,0	3600,0
TOTAL	183,6	32,3	364,8	590,4	126,1	28,8	3973,2	36500,0
MÉDIA	15,3	2,7	30,4	49,2	10,5	2,4	331,1	3650,0

(*) VALORES ESTIMADOS PELA CONCESSIONÁRIA

FONTE: SABESP

III.2.2 - PROJEÇÃO DA OFERTA

Para a adoção de uma política de oferta de água na RMSP ao longo do tempo, foram considerados:

III.2.2.1 - AQUÍFEROS SUBTERRÂNEOS E OUTROS MANANCIAIS SUPERFICIAIS NÃO APROVEITADOS, OU NÃO APROVEITÁVEIS, PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO.

Neste caso a oferta de água foi considerada constante até o ano 2005, a partir dos valores estimados pelo CNEC (13) (1975) já apresentados na tabela 3.

III.2.2.2 - MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE DESTINADOS AO SUPRIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Para essa projeção foram considerados os valores adotados pela SABESP como sendo a alternativa mais viável entre aquelas consideradas pelo Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMSP definido pela FIGUEIREDO FERRAZ; CONSULTORIA E ENGENHARIA DE PROJETO LTDA. (23) (1990).

TABELA 5: ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO OPERADAS PELA SABESP
NA RMSP. VAZÕES MÉDIAS TRATADAS (l/s)-1990.

ESTAÇÃO	VAZÃO MÉDIA (l/s)
GUAIANAZES	15,3
JAÇANÃ	2,7
MAIRIPORÃ	30,4
IFIRANGA	49,2
SAPOEMBA	10,5
DOM DUARTE	2,4
SUZANO	331,1
BARUERI	3650,0
VAZÃO TOTAL	4091,6

FONTE: SABESP

a - OBRAS CONSIDERADAS COMO JÁ IMPLANTADAS

A seguir, na tabela 6, são apresentadas as vazões nominais e máximas dos sistemas de abastecimento já existentes, que captam água a partir de mananciais de superfície e daqueles que podem ser considerados como já implantados, seja por já estarem em funcionamento, seja pelo adiantado estágio de suas obras.

TABELA 6: VAZÕES NOMINAIS E MÁXIMAS DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTES, QUE CAPTAM ÁGUA DE MANANCIAIS DE SUPERFÍCIE E DAQUELES CONSIDERADOS COMO JÁ IMPLANTADOS.

SISTEMAS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE (m ³ /s)	
	NOMINAL	MÁXIMA
GUARAU	26,00	33,00
ALTO DA BOA VISTA	9,40	
THEODORO RAMOS	1,20	
RIO GRANDE	4,00	
RIO CLARO	3,80	
ALTO COTIA	0,85	
MOGI DAS CRUZES(*)	0,30	
SUB TOTAL	46,05	53,05
SISTEMAS EM IMPLANTAÇÃO		
ALTO TIETÊ (1ª. ETAPA)	4,00	
GUARAPIRANGA (ALTO E MÉDIO CAPIVARI)	2,70	
CABUÇU (1ª. ETAPA)	0,40	
TOTAL	53,15	60,15

(*) Estação não operada pela SABESP

FONTE: referência (23)

b - OBRAS PLANEJADAS

A tabela 7 consubstancia as obras que estão sendo consideradas pela SABESP em termos de capacidade de produção.

TABELA 7: NOVOS MANANCIAIS; CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

SISTEMA PRODUTOR	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (m ³ /s)
BAIXO CAPIVARI E MÉDIO MONOS	1,90
ITATINGA	4,90
ITAPANHAU	3,10
BIRITIBA E PARAITINGA	3,50
ALTO JUQUIÁ (ROSAS)	4,70
CABUÇU (2a. ETAPA)	0,12
BILLINGS	10,00
TOTAL	28,22

FONTE: referência (23)

III.2.2.3 - OUTROS MANANCIAIS SUPERFICIAIS NÃO APROVEITADOS, OU
NÃO APROVEITÁVEIS, PARA FINS DE ABASTECIMENTO PÚ-
BLICO.

A utilização desses mananciais não está sendo prevista nesta tese, assim sendo, a oferta de água dessa origem não está sendo considerada.

III.2.2.4 - EFLUENTES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE's)

A projeção das vazões dos efluentes das estações de tratamento de esgoto (tabela 5) já foi feita baseando-se na Revisão do Plano Diretor de Esgotos DA RMSF (12). Nesse trabalho, o estudo das ETE's existentes, daquelas em implantação, bem como das novas unidades de tratamento secundário propostas, foi desenvolvido objetivando a remoção de cerca de 90% de DBO e sólidos em suspensão, usando-se tecnologia adequada e procurando-se minimizar eventuais ociosidades.

A seguir apresentamos uma descrição resumida dos principais dados das ETE's relativos à alternativa considerada melhor pelo referido plano diretor, no horizonte de planejamento concebido até o ano 2005.

ETE BARUERI

Essa unidade de tratamento localiza-se no município de Barueri, à margem esquerda do Rio Tietê, em terreno limitado por esse curso de água e pela estrada de ferro da FEPASA.

No projeto original a capacidade nominal do módulo projetado é de 7,0m³/s; entretanto, estudos efetuados pela SABESP durante a revisão do projeto mostraram que, com exceção dos decantadores secundários, as demais unidades têm capacidade para tratar até 10,0m³/s com eficiência igual à inicialmente prevista.

Assim sendo, a SABESP atualmente vem providenciando obras complementares com o objetivo de atingir capacidades próxima ao valor citado, conforme a modulação mais adequada para a

alternativa escolhida. A tabela 8 mostra as principais características dessa ETE para a alternativa escolhida.

TABELA 8: ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO ESCOLHIDA -

<u>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS</u>				
VAZÃO FINAL AFLUENTE (m ³ /s)	MÓDULOS NO FINAL DO PLANO	CAPACIDA- DE POR MÓ- DULO (m ³ /s)	AREA TOTAL REQUERIDA (ha)	AREA A DE- SAPROPRIAR (ha)
28,5	3,0	9,5	8,5	7,0

FONTE: referência (12)

A tabela 9 apresenta as etapas de implantação recomendadas pelos projetistas, e visa alinhar a capacidade de tratamento à evolução da vazão efluente de modo a alcançar o mínimo de ociosidade.

TABELA 9: ETE BARUERI; ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

ANO	MÓDULOS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE ACUMULADA (m ³ /s)
1986	0,5	4,75
1988	1,0	9,50
1991	1,5	14,25
1995	2,0	19,00
2000	2,5	23,75
2005	3,0	28,50

FONTE: referência (12)

ETE ABC

Situada no município de São Paulo, à margem esquerda do Ribeirão dos Meninos, em terreno localizado no cruzamento da

Avenida Almirante Delamare com a Avenida Guido Aliperti, essa unidade de tratamento dista cerca de 2,0 Km da confluência do citado curso de água com o Rio Tamanduateí.

Analogamente ao caso da ETE Barueri, os estudos efetuados durante a revisão do projeto mostraram ser possível, mediante obras complementares, ampliar a capacidade do módulo original da ETE ABC, de $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ para $8,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nessas condições, a área de propriedade da SABESP será suficiente, uma vez que ela foi desapropriada para a implantação de 2,5 módulos de $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$ de acordo com o previsto no Plano SANEGRAN.

A tabela 10 mostra as etapas de sua implantação.

TABELA 10: ETE ABC: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

ANO	MÓDULOS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE ACUMULADA (m^3/s)
1990	0,5	4,25
1995	1,0	6,00
2000	1,0	8,50

FONTE: referência (12)

ETE SUZANO

Essa unidade situa-se no município de Suzano, na faixa compreendida entre o Rio Tietê e a antiga Rodovia São Paulo-Rio, sendo a segunda estação de tratamento de grande porte, em nível secundário, em operação na RMSF.

Embora tenha capacidade para $1,5\text{m}^3/\text{s}$, no momento recebe cerca de $0,2\text{m}^3/\text{s}$.

Os dados referentes às etapas de sua implantação encontram-se na tabela 11.

TABELA 11: ETE SUZANO: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

ANO	MÓDULOS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE ACUMULADA (m^3/s)
1986	1,0	1,50
2001	1,0 + complementação	1,90

FONTE: referência (12)

ETE PARQUE NOVO MUNDO

O terreno onde será implantada a ETE Parque Novo Mundo localiza-se no Município de São Paulo, à margem direita do Rio Tietê, nas proximidades do Viaduto Aricanduva, havendo necessidade de uma área de 10 ha adicionais aos 25,75 ha existentes para sua total implantação, que se dará de acordo com a tabela 12.

TABELA 12: ETE PARQUE NOVO MUNDO: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

ANO	MÓDULOS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE ACUMULADA (m^3/s)
1990	1,0	2,53
1994	1,5	3,80
1997	2,0	5,06
2001	3,0	7,60

FONTE: referência (12)

ETE SÃO MIGUEL

O local escolhido para implantação dessa estação situa-se à margem da pista sul da Rodovia dos Trabalhadores, na altura do quilômetro 25, na Zona Leste do Município de São Paulo, devendo ocupar uma área de 25,9 ha a ser adquirida pela SABESP e implantada de acordo com a tabela 13.

TABELA 13: ETE SÃO MIGUEL: ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO

ANO	MÓDULOS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE ACUMULADA (m ³ /s)
1989	1,0	2,23
1994	1,5	3,35
1998	2,0	4,46
2001	2,5	5,58
2004	3,0	6,70

FONTE: referência (12)

III.2.2.5 - COMPOSIÇÃO DA OFERTA GLOBAL

Na tabela 14 apresentamos os dados citados nos itens anteriores, indicando a composição da oferta global para o horizonte de planejamento do Plano Diretor de Esgotos da RMSP elaborado por CONSÓRCIO ENGIESAN: ENGEVIX-IESA-TECNOSAN (12) (1989), ou seja, para os anos 2005 e 2010.

Com relação à contribuição dos efluentes das ETE's, a vazão total captada e tratada de 53,20 m³/s foram deduzidos 5,32 m³/s como sendo uma estimativa das perdas e descartes, restando desse montante 47,88 m³/s como efluente disponível.

TABELA 14: COMPOSIÇÃO DA OFERTA GLOBAL DE ÁGUA NA RMSP(m³/s)

	OFERTA NOMINAL EM 1994	OFERTA MAXIMA EM 1994	ACRÉS. ATÉ 2005	OFERTA ATÉ 2005	ACRES. ATÉ 2010	OF. EM 2010
A	3,40	3,40	0,50	3,90	0	3,90
B	53,15	60,15	28,22	88,37	0	88,37
SUB-TOT	56,55	63,55	28,72	92,27	0	92,27
C	4,09	4,09	43,79	47,88	0	(1)
TOTAL	60,64	67,64	72,51	140,15	0	

(1) Valor não estimado

A - Aquíferos subterrâneos

B - Mananciais de superfície destinados ao suprimento de
água potável na RMSP

C - Efluentes das ETE's

FONTE: referências (13), (12) e (23)

III.2.3 - A DEMANDA DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

A seguir, a tabela 15 apresenta as demandas médias e máximas atuais para águas superficiais, bem como os valores projetados até o ano 2010. Nela, encontram-se os valores com os quais a SABESP vem trabalhando no planejamento dos seus recursos hídricos.

TABELA 15: PROJEÇÃO DA DEMANDA MÉDIA E MÁXIMA NA RMSF

ANO	DEMANDA MÉDIA (m ³ /s)	DEMANDA MÁXIMA (m ³ /s)
1990	49,49	57,79
1991	51,31	59,52
1992	51,82	60,11
1993	52,32	60,69
1994	52,83	61,28
1995	53,33	61,86
1996	54,54	63,26
1997	55,75	64,66
1998	56,95	66,07
1999	58,16	67,47
2000	59,37	68,87
2001	61,21	71,00
2002	63,05	73,13
2003	64,88	75,27
2004	66,72	77,40
2005	68,56	79,53
2006	70,83	82,17
2007	73,10	84,80
2008	75,38	87,44
2009	77,65	90,07
2010	79,92	92,71

FONTE: referência (23)

As projeções assumidas na tabela 15 referem-se às vazões globais, ou seja, não discriminam as várias modalidades de demanda tais como industrial, doméstica, etc. Uma estimativa dessas modalidades será apresentada a seguir.

III.2.3.1 - DEMANDA INDUSTRIAL

A utilização de efluentes de estações de tratamento de esgotos a nível secundário para certas atividades industriais, vem sendo defendida pela literatura especializada como sendo a forma de reuso de água mais racional e segura no atual estágio tecnológico.

MANCUSO, P.C.S. (32) (1989), após classificar as diversas formas de reuso não potável industrial bem como de reciclagem, demonstra que apesar da existência de uma tendência mundial bastante forte de se incrementar programas de reuso industrial como forma efetiva de controle de poluição, frequentemente tais programas mostram-se economicamente inviáveis, devido à necessidade da utilização de sistemas duplos de distribuição da água a ser reusada.

De acordo com DEB, A.K. & EVANS, M.F. (19) (1980) e AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (5) (1980), tais sistemas são absolutamente necessários, no sentido de previnirem-se da possibilidade do uso dessa água para outros fins que não o industrial.

Sob encomenda da SABESP, a LINS ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS (30) (1989) preparou um estudo sobre a viabilidade

técnica, econômica e financeira da reutilização dos efluentes das estações de tratamento de esgotos localizadas na RMSP.

Após a eliminação de um grande número de indústrias pelo fato de não se localizarem de forma aglomerada em determinados pólos, esses autores (30) apontaram como viáveis, apesar da necessidade de sistemas duplos de distribuição, dois conglomerados industriais próximos as ETE's de Barueri e de Suzano.

A tabela 16 resume as estimativas das demandas para água industrial nas áreas de influência dessas duas estações.

TABELA 16: ESTIMATIVA DAS DEMANDAS PARA AGUA INDUSTRIAL NAS
AREAS DE INFLUÊNCIA DAS ETE's BARUERI E OSASCO

AREA DE INFLUÊNCIA	VAZÃO TOTAL ESTIMADA (l/s)		
	MÍNIMA	MEDIANA	MAXIMA
ETE BARUERI	347,5	469,4	711,6
ETE SUZANO	235,8	305,7	440,1

FONTE: referência (29)

III.2.3.2 - DEMANDA AGRÍCOLA

Ainda utilizando os estudos desenvolvidos pela LINS, ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS (30), constatamos que as atividades agrícolas na RMSP desenvolveram-se no eixo transversal leste-oeste dessa região.

Nessas condições, desde a década de 50, como pode ser visto na tabela 17, a área cultivada permanece relativamente estável em torno de 30000 ha existindo, entretanto, um deslocamento sistemático das atividades agrícolas para as regiões extremas da área metropolitana, fato esse motivado pela crescente pressão urbana.

Na região leste concentram-se mais de 50% da área cultivada da RMSF, dedicada quase exclusivamente à produção de verduras, legumes, frutas e flores, bem como ao reflorestamento, conforme a tabela 18.

TABELA 17: REGIÃO METROPOLITANA E ALTO TIETÊ - EXTREMO LESTE
- EVOLUÇÃO DA ÁREA CULTIVADA

MUNICÍPIO	1950		1960		1970		1975		1980	
	ÁREA		ÁREA		ÁREA		ÁREA		ÁREA	
	10 ³ ha	%	10 ³ ha	%	10 ³ ha	%	10 ³ ha	%	10 ³ ha	%
MOGI DAS CRUZES	3,3	12,0	6,7	18,4	9,0	25,7	9,5	31,4	9,6	30,4
SUZANO	1,2	4,4	3,0	8,2	2,6	7,4	1,8	6,0	1,6	5,1
BIRITIBA MIRIM	(*)	(*)	(*)	(*)	2,2	6,5	2,0	6,7	2,3	7,3
SALESÓPOLIS	2,4	8,8	3,8	10,4	1,9	5,4	1,4	4,7	2,5	7,9
ALTO TIETÊ EXTREMO LESTE	6,9	25,2	13,5	37,1	15,7	44,9	14,6	48,8	16,0	50,8
SUB-REGIÃO LESTE	9,5	34,6	17,0	46,6	18,8	53,8	17,0	56,9	*	*
RMSP	27,4	100,0	36,4	100,0	35,0	100,0	29,9	100,0	31,5	100,0

* Dados não disponíveis

FONTE: referência (30)

TABELA 18: ALTO TIETE - EXTREMO LESTE - UTILIZACAO DAS TERRAS EM HECTARES (1980)

	LAVOURAS					FLORESTAS PRODUTIVAS		
	TOTAL	PERMANENTES	TEMPORARIAS	EM DESCANSO	PASTAGEM	MATAS	PLANTADAS	NAO UTILIZADAS
MOGI DAS CRUZES	38 528	2 792	5 894	678	2 887	10 195	9 461	1 336
SUZANO	4 725	150	1 368	43	147	342	1 272	586
BIRITIBA MIRIM	12 021	396	1 551	315	1 532	2 271	4 661	250
SALESOPOLIS	23 798	411	1 921	159	9 578	4 121	6 475	106
A. TIETE-EXT. LESTE	79 072	3 739	10 734	1 395	14 144	25 929	21 829	2 278
RMS	203 109	6 206	22 156	3 144	42 592	43 905	53 436	7 993

FONTE: Referencia (29)

Pelo fato da ETE Suzano localizar-se na Região Leste, a área em estudo em torno da mesma alcança algumas sub-regiões com vocação agrícola definida, que potencialmente oferecem perspectivas de mercado para oferta de efluentes tratados como fonte alternativa de água para irrigação.

Assim sendo, o estudo de reuso de efluentes para fins agrícolas considerado por LINS ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS (30) (1989) e adotado nesta tese limita-se apenas à Região Leste, particularmente ao extremo leste, onde a exploração múltipla dos recursos hídricos para abastecimento público, irrigação e diluição dos esgotos já definem um quadro severo de limitações.

LINS ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS .apud CONSÓRCIO PROMON-IESA-AMBITEC (30) (1989) argumenta que na região considerada pode ser constatado um cenário de referência com os seguintes resultados quantitativos:

a - potencial hídrico total em 2005	20,3 m ³ /s
b - necessidade hídrica em 2005	6,2 m ³ /s
c - disponibilidade para abastecer a RMSF	14,1 m ³ /s

No que diz respeito às necessidades hídricas foi considerado o seguinte:

irrigação	1,9 m ³ /s
diluição de esgotos	3,4 m ³ /s
abastecimento de indústrias de porte	0,9 m ³ /s
total	6,2 m ³ /s

Com relação à irrigação, a necessidade apontada poderia ser satisfeita integralmente pelo efluente tratado da ETE Suzano, que no ano 2005 terá vazão compatível, de acordo com o previsto na

Revisão do Plano Diretor de Esgotos da RMSF, sendo entretanto importante considerar a viabilidade física da veiculação dessa vazão até os pontos de consumo.

Uma análise mais aprofundada das oportunidades dentro da área em torno da ETE Suzano aponta o vale do Rio Taiapuêba, à jusante do reservatório construído pelo Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE - como favorável à utilização de efluentes tratados para fins agrícolas, sendo necessário considerar os fatores que seguem:

- existência de expressiva atividade agrícola já estabelecida e que demanda água para irrigação;

- o potencial hídrico da bacia será repartido entre os usos de abastecimento de água da RMSF através do Sistema Alto Tietê ora em construção pela SABESP, e a captação da Companhia Suzano de Papel e Celulose, criando limitações importantes ao uso agrícola existente e sua expansão.

De acordo com o citado estudo (30), o reuso de efluentes tratados da ETE Suzano no vale do Rio Taiapuêba, à jusante do barramento existente, pode ser concebido dentro das seguintes linhas:

- adequação das características do efluente da ETE à qualidade requerida para irrigação, através da complementação do tratamento no grau necessário;

- veiculação do afluente tratado até jusante do barramento e utilização do próprio canal do Rio Taiapuêba como conduto para distribuição de água para fins agrícolas.

III.2.3.3 - A COMPOSIÇÃO DA DEMANDA GLOBAL

De acordo com o que foi dito em III.2.3.1 tanto o reuso não potável industrial como o agrícola necessitam dos chamados "sistemas duplos de distribuição", fato este que tem em inúmeros casos inviabilizado projetos de reuso não potável.

No caso particular da RMSP existem apenas densos conglomerados industriais e agrícolas que tornam viáveis projetos dessa natureza nas vizinhanças das ETE's Barueri e Suzano. Assim sendo, o estudo de demandas limitou-se a essas duas regiões.

A tabela 19 consubstancia os dados referentes às demandas de água de mananciais de superfície na RMSP.

TABELA 19 DEMANDA GLOBAL DE AGUA ATUAL, EM 2005 E EM 2010, EM m3/S (1)

	ATUAL	ATUAL	ACRESCIMO	ATE 2005	EM 2005		ACRESCIMO	ATE 2010	EM 2010	
	NOMINAL	MAXIMA	NOMINAL	MAXIMA	NOMINAL	MAXIMA	NOMINAL	MAXIMA	NOMINAL	MAXIMA
A	48,72	56,64	19,07	21,74	67,79	78,38	11,36	13,18	79,15	91,56
B	0,47	0,71	0,00	0,00	0,47	0,71	0,00	0,00	0,47	0,71
C	0,30	0,44	0,00	0,00	0,30	0,44	0,00	0,00	0,30	0,44
UB TOTAL	49,49	57,79	19,07	21,74	68,56	79,53	11,36	13,18	79,92	92,71
D	0,47	0,50	1,40	1,40	1,87	1,90	0,00	0,00	1,87	1,90
TOTAL	49,96	58,29	20,47	23,14	70,43	81,43	11,36	13,18	81,79	94,61

- (1) Crescimento industrial na área de Barueri e Suzano admitido como zero no período
- A- Demanda global de água na RMSP, excluídos os dados referentes a demanda industrial nas área de influência das ETE's Barueri e Suzano.
- B- Demanda industrial na área de influência da ETE Barueri.
- C- Demanda industrial na área de influência da ETE Suzano.
- D- Demanda agrícola na área de influência da ETE Suazano.

FONTE: Referências (13), (22) e (12).

III.2.4 - BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA NA RMSF ATÉ O

ANO 2010

A tabela 20, preparada por FIGUEIREDO FERRAZ: CONSULTORIA E ENGENHARIA DE PROJETO (23) (1990), coteja oferta e demanda de água de superfície na RMSF, apresentando ano a ano o déficit a ser incorrido, se considerado apenas os sistemas de abastecimento existentes bem como aqueles admitidos como já implantados, de acordo com a tabela 6.

TABELA 20: BALANÇO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA NA RMSF ATÉ O ANO 2010 EM m³/s (1)

ANO	DEMANDA		DÉFICIT	
	MÉDIA	MAXIMA DIÁRIA	MÉDIA PRODUZIDA E DEM. MÉDIA	MAXIMA PRODUZIDA E DEM. MAXIMA
1990	49,49	57,79	-	-
1991	51,31	59,52	-	-
1992	51,82	60,11	-	-
1993	52,32	60,69	-	-
1994	52,83	61,28	-	1,13
1995	53,33	61,86	0,18	1,71
1996	54,54	63,26	1,39	3,11
1997	55,75	64,66	2,60	4,51
1998	56,95	66,07	3,80	5,92
1999	58,16	67,47	5,01	7,32
2000	59,37	68,87	6,22	8,72
2001	61,21	71,00	8,06	10,85
2002	63,05	73,00	9,90	12,98
2003	64,88	75,00	11,37	15,12
2004	66,72	77,40	13,57	17,25
2005	68,56	79,53	15,41	19,38
2006	70,83	82,17	17,68	22,02
2007	73,10	84,80	19,95	24,65
2008	75,38	87,44	22,23	27,29
2009	77,65	90,07	24,50	29,92
2010	79,92	92,71	26,77	32,56

(1) Considerado para 1994 a oferta de água para o sistema integrado como sendo 53,15/60,15 (demanda média e máxima diária)

FONTE: referência (23)

Por outro lado, levando-se em consideração os sistemas planejados, a situação altera-se substancialmente, o que pode ser observado na tabela 21.

A vazão disponível desses novos mananciais perfaz um total de 28,22 m³/s, que acrescida à capacidade máxima atual de 60,15 m³/s resulta numa vazão de 88,37 m³/s.

Nessas condições, para o atendimento da vazão máxima diária de final de plano de 92,71 m³/s será necessário fornecer mais 4,34 m³/s de água ao sistema. Isso implicará na exploração também do Baixo Juquiá, que é o único manancial próximo capaz de fornecer vazão dessa ordem.

Os dados apresentados partiram das seguintes premissas:

- . utilização máxima da Represa Billings à razão de 10,0 m³/s somente após o ano 2005, prevendo-se que sejam executadas todas as obras necessárias de tratamento de esgotos da RMSF nos próximos 15 anos:

- . exploração de 4,34 m³/s do Baixo Juquiá também somente no ano 2005, em razão do elevado custo envolvido em sua utilização;

- . utilização da capacidade máxima da Estação de Tratamento do Alto da Boa Vista, 16,0 m³/s, e da Estação de Tratamento Theodoro Ramos, 2,0 m³/s, considerando-se que suas obras de ampliação estejam concluídas até 1993.

TABELA 21: OFERTA, DEMANDA E DEFICIT DE AGUA AO LONGO DO TEMPO (M3/S)

	OFERTA NOMINAL EM 1994	DEMANDA EM 1994	DEFICIT EM 1994	ACRECIMO ATE 2005	OFERTA TOTAL 2005	DEMANDA EM 2005	DEFICIT EM 2005	OFERTA EM 2010	DEMANDA EM 2010	DEFICIT EM 2010
VAZAO NOMINAL	53,15	52,83	-0,32	28,22	81,37	68,56	-12,81	81,37	79,92	-1,45
VAZAO MAXIMA	60,15	61,28	1,13	28,22	88,37	79,53	-8,84	88,37	92,71	4,34

IV - ALGUMAS PROPOSTAS DE REUSO PLANEJADO DE AGUA, NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

No item III.1 apresentamos alguns casos onde o reuso potável planejado das águas foi pensado como forma de resolver problemas de falta de água devido a situações de estiagem. Por outro lado, no III.2 foi visto que o equilíbrio entre oferta e demanda de água na RMSF somente estará assegurado, através da exploração dos 4,34 m³/s provenientes do Baixo Juquiá.

Este capítulo apresenta algumas propostas elaboradas por diversos autores onde o reuso é apontado não como uma medida emergencial, mas como fator de planejamento.

PROPOSTA 1: Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo.

Após um estudo encomendado pela SABESP, a FIGUEIREDO FERRAZ: CONSULTORIA E ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA (23) (1990) propôs as alternativas apresentadas na tabela 22, que foram selecionadas como as mais viáveis para a utilização dos recursos hídricos da Região Metropolitana de São Paulo.

A utilização da Represa Billings como manancial de água potável recomendada nas três alternativas, caracteriza um caso típico de reuso potável indireto planejado, conforme definido no capítulo II, e somente será possível após 2005, prevendo-se que sejam executadas todas as obras necessárias ao tratamento dos

esgotos da RMSP nos próximos 15 anos, sendo apontadas 2 possibilidades.

TABELA 22: ALTERNATIVAS PARA EXPLORAÇÃO DOS NOVOS MANANCIAIS

ALTERNATIVA	SEQUÊNCIA DE EXPLORAÇÃO DOS MANANCIAIS (VAZÃO DE APROVEITAMENTO - m ³ /s)					
	BC/MM	IT	ITP	BIR/PAR	RS	BIL/JQ
1	1,9	4,9	3,1	3,5	4,7	14,34
2	RS	IT	ITP	BIR/PAR	BC/MM	BIL/JQ
	4,7	4,9	3,1	3,5	1,9	14,34
3	IT	RS	ITP	BIR/PAR	BC/MM	BIL/JQ
	4,9	4,7	3,1	3,5	1,9	14,34

BC/MM: Baixo Capivari e Médio Monos

IT: Itatinga

ITP: Itapanhaú

BIR/PAR: Biritiba e Paraiatinga

RS: Rosas

BIL: Billings

JQ: Baixo Juquiá

FONTE: referência (22)

A primeira possibilidade refere-se à reversão das águas da Represa Billings, a partir do braço formado pelo Rio Taquacetuba,

para os reservatórios do Sistema Capivari-Monos que, por sua vez, interligam-se com a Represa Guarapiranga.

O grande problema dessa alternativa, como reconhecem seus autores, é seu impedimento legal, uma vez que, tanto os reservatórios do Sistema Capivari-Monos, como Guarapiranga, são classificados como Classe 1, onde "não serão tolerados lançamentos de efluentes, mesmo tratados" e as águas da Represa Billings nada mais serão que efluentes dos esgotos domésticos tratados da RMSF.

Nestas condições, resta a segunda possibilidade que propõe a construção de um túnel de 9 Km de extensão e 2,5m de diâmetro ligando o braço do Rio Bororé a uma estação de tratamento de água a ser construída, a ETA Sudoeste, localizada às margens da Represa Guarapiranga.

PROPOSTA 2: Plano Guaracabi.

O chamado Plano Guaracabi prevê a utilização dos reservatórios Guarapiranga, Capivari e Billings, aumentando para 33 m³/s a disponibilidade de água do Sistema Guarapiranga.

De acordo com COSTA E SILVA, R. J. et al (15) (1986), autores do plano, a prática do bombeamento das águas do Rio Pinheiros para a Represa Billings somente será permitida de forma controlada, ou seja, "quando a vazão e a qualidade das águas forem compatíveis com a capacidade de assimilação do reservatório receptor, a níveis aceitáveis para reuso indireto de suas águas".

PROPOSTA 3: Reuso Não Potável Industrial na Região Metropolitana de São Paulo.

LAVRADOR FILHO, J. (29) (1989), após estudar a distribuição espacial das indústrias na RMSP, afirma que a dispersão dificulta bastante a adoção de uma estratégia generalizada de reuso não potável industrial de forma direta a partir de uma estação de recuperação de água do sistema público, devido à necessidade de sistemas duplos, o que pode ser anti-econômico, não se excluindo a possibilidade de adoção dessa alternativa para indústrias vizinhas a essas instalações.

Por outro lado, esse autor (29) recomenda essa tecnologia para uma indústria de papel e celulose localizada no município de Suzano, próximo à ETE de Suzano, que possui capacidade nominal instalada para tratar, a nível secundário, $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ de esgotos.

A implantação de uma estratégia de reuso planejado da água para abastecer essa indústria poderia liberar até $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (suficientes para abastecer cerca de 310.000 pessoas) de águas primárias para serem incorporadas ao Sistema Produtor Alto Tietê. Tal estratégia, argumenta o autor, poderia se dar de forma interna à indústria pelo rearranjo de fluxo e/ou recirculação da água ou através de fonte externa, utilizando-se os efluentes secundários da ETE Suzano.

PROPOSTA 4: Reuso Potável Indireto Planejado dos Efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto, via Represa Billings.

ABREU, R.M. (1) (1990) recomenda como estratégia para a despoluição da Represa Billings o reuso potável indireto planejado

de suas águas, colocando "todo o esforço de investimento no sistema de coleta e tratamento dos esgotos metropolitanos, de forma que o sistema esteja suficientemente completo quando for necessário ampliar a oferta d'água depois do aproveitamento das cabeceiras do Rio Tietê em curso, ampliação essa a ser feita revertendo-se através da Represa Billings determinada vazão para os sistemas de produção do Rio Grande, cabeceiras do Rio Tietê e/ou Guarapiranga".

Com relação a uma procedente alegação quanto aos riscos de salinização do reservatório no caso de um reuso potável indireto planejado dos efluentes das estações recuperadoras de qualidade via Represa Billings, esse autor (1) demonstra, através de um balanço de entradas e saídas de cloretos no reservatório, que isso não viria a acontecer.

V - O REUSO DE ÁGUA E SUA POSSIBILIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

O capítulo anterior foi dedicado a algumas propostas de reuso planejado de água na Região Metropolitana de São Paulo concebidas por vários autores. Neste capítulo, a idéia é apresentar um breve histórico das principais crises no abastecimento de água que se abateram sobre a região e também alguns levantamentos e a descrição de alguns experimentos relacionados ao tema, nos quais participamos isoladamente ou em conjunto com outros profissionais. Além disso, apresentamos também uma proposta para a adoção do reuso potável indireto planejado de água para a região, antes que a opção seja feita pelo reuso potável indireto não planejado.

V.1 - A PRIMEIRA GRANDE CRISE

O abastecimento de água no município de São Paulo e vizinhanças tem uma história de crises e carências, raramente interrompidas por períodos de maior abundância.

A primeira grande crise, a de 1969, descrita no item V.1, ensejou um intenso programa de ensaios em laboratório desenvolvido nas instalações da própria concessionária, a COMASP.

Os resultados desses ensaios, que não foram convenientemente arquivados acabando por perderem-se, apontavam para uma possível viabilidade do plano à luz da tecnologia disponível na época.

Entre 1971 e 1974, ROCHA, A.A. (39) (1976), após um levantamento ecológico-sanitário e um estudo profundo sobre a macrofauna bentônica da Represa Guarapiranga, concluiu que "de um modo geral, as condições sanitárias do lago são satisfatórias e mesmo nos pontos de maior poluição orgânica e mineral, as concentrações de DBO, OD, NMP de coliformes, refletiam as boas condições da água em relação à sua utilização para o abastecimento". Concluiu também que "os gêneros predominantes de algas, pelo sistema indicador de Palmer, não são indicadores de poluição orgânica", entretanto, "pelas concentrações de sais minerais nutrientes de nitrogênio e fósforo registradas, pode-se deduzir que a represa está sofrendo um processo eutrofizante".

Além dessas conclusões esse autor (39) recomendava textualmente:

1 - "Que se prossigam os estudos e levantamentos sanitários que vêm sendo realizados desde 1971. Porém, é necessário um maior entrosamento das entidades que se relacionam com o saneamento e a universidade para que as pesquisas possam ser efetuadas em maior profundidade".

2 - "Especial atenção deve ser tomada também em relação ao gradativo acúmulo de sais nutrientes na represa, por tornar o ambiente favorável ao aparecimento de problemas decorrentes da eutrofização".

3 - "É necessário adotarem-se medidas imediatas de proteção, as quais constariam de: controle do lançamento de resíduos industriais, zoneamento e controle do uso da terra na bacia, construção de interceptores e tratamento de esgotos".

Como pode ser observado, tudo indica que 1974 foi o ano limite, a partir do qual, em decorrência de uma ocupação absolutamente desordenada de sua bacia, as águas desse manancial passaram a sofrer um processo de deterioração acelerada, ensejando por parte da SABESP, empresa sucessora da COMASP, vários estudos de acompanhamento da qualidade das águas desse manancial. Entretanto, por efeito das sucessivas mudanças de enfoque decorrentes unicamente de ingerências políticas nas áreas técnicas, não foi possível a montagem de uma série histórica dos dados que não sofresse solução de continuidade.

V.2 - A SEGUNDA GRANDE CRISE

Como foi dito no item V.1, também como decorrência de uma forte estiagem, em 1986 tem lugar a segunda grande crise no abastecimento de água da cidade de São Paulo.

Em condições normais, as águas procedentes da Represa Guarapiranga são recalçadas para duas estações de tratamento: Alto da Boa Vista (ETA ABV) e Theodoro Ramos (ETA TAR), com capacidade de 9,4 m³/s e 1,2 m³/s respectivamente. Após tratamento convencional ou seja, pré cloração no break point, coagulação com sulfato de alumínio (com possibilidade de pré alcalinização), floculação, decantação, filtração, pós alcalinização, pós cloração e fluoretação, a água é distribuída conforme a figura 1.

FIGURA 1 :ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA THEODORO RAMOS E ALTO DA BOA VISTA
-CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO-

V.2.1 - PLANO DE EMERGÊNCIA

No sentido de contornar o problema da falta de água foi concebido um plano de emergência composto por duas alternativas: a primeira previa a interrupção da ETA TAR, objetivando uma economia equivalente na vazão captada no manancial, embora com reflexo negativo no sistema distribuidor, equivalente à vazão da estação interrompida ou seja, $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$, não consideradas as perdas.

A segunda alternativa previa que a vazão tratada na ETA TAR fosse substituída por igual volume, porém captada no Rio Pinheiros que, após tratamento em Theodoro Ramos, seria recalçada até a ETA ABV para tratamento conjunto com a água procedente de Guarapiranga. Evidentemente a captação de água de represa nessa alternativa estaria reduzida do valor correspondente à vazão procedente da ETA TAR (figura 2).

A seguir apresentamos um resumo do que foi dito.

CONDIÇÕES NORMAIS

Vazão aduzida à ETA TAR: $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão aduzida à ETA ABV: $9,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão total captada em Guarapiranga: $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão distribuída: $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$, menos perdas

PRIMEIRA ALTERNATIVA

Vazão aduzida à ETA TAR: 0 m³/s

Vazão aduzida à ETA ABV: 9,4 m³/s

Vazão total captada em Guarapiranga: 9,4 m³/s

Economia de água captada em Guarapiranga: 1,2 m³/s

Vazão distribuída: 9,4 m³/s, menos perdas

Impacto no sistema distribuidor: 1,2 m³/s, mais perdas

SEGUNDA ALTERNATIVA

Vazão captada em Guarapiranga e aduzida à ETA TAR: 0 m³/s

Vazão captada no Rio Pinheiros e aduzida à ETA TAR: 1,2 m³/s

Vazão captada em Guarapiranga e aduzida à ETA ABV: 8,2 m³/s

Economia de água captada em Guarapiranga: 2,4 m³/s

Vazão distribuída: 9,4 m³/s, menos perdas

Impacto no sistema distribuidor: 1,2 m³/s, mais perdas

Como se pode perceber, as duas alternativas causam igual impacto no sistema distribuidor, embora a segunda proporcione uma economia maior de água captada na Represa Guarapiranga, que era o objetivo a ser alcançado.

Evidentemente, para a avaliação dos riscos associados à adoção dessas medidas foram feitos uma série de ensaios em laboratório, descritos a seguir.

FIGURA 2 : ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA THEODORO PAMOS E ALTO DA BOA VISTA
-ESQUEMA DE EMERGÊNCIA-

V.2.2 - ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Os ensaios de laboratório foram imaginados de forma a simular o tratamento proposto; entretanto, não foram concluídos devido ao início das chuvas e à consequente interrupção do fluxo financeiro responsável pelo suporte do programa. Mesmo assim os resultados obtidos foram bastante estimulantes, de forma que julgamos oportuno seu registro para sua retomada quando esse tipo de trabalho for encarado de forma séria nas empresas de saneamento básico.

O tratamento piloto foi desenvolvido segundo duas concepções, descritas a seguir.

- Primeira concepção: esquema clássico de tratamento pós 1970 no Brasil, com pré cloração realizada no break point em $\text{pH} > 7,0$ para evitar a formação de tricloreto de nitrogênio, de acordo com o fluxograma da figura 3.

FIGURA 3: FLUXOGRAMA DO ENSAIO DE LABORATÓRIO: PRIMEIRA CONCEPÇÃO

Os resultados dos exames físicos e químicos médios de 4 ensaios obtidos no estudo piloto de laboratório estão apresentados nas tabelas 23 e 24.

TABELA 23: EXAMES FÍSICOS E QUÍMICOS: MÉDIA DE QUATRO AMOSTRAS
SUBMETIDAS AO TRATAMENTO PLANEJADO NA PRIMEIRA
CONCEPÇÃO

PARÂMETRO (*)	ÁGUA BRUTA	ÁGUA TRATADA
Cor (U.C.)	165,000	<5,000
Turbidez (N.T.U.)	67,000	0,500
Ferro	9,100	0,020
Manganês	0,520	<0,050
Cromo total	0,070	0,005
Fenol	0,176	0,002
Fluoreto	1,180	0,970
Dureza	75,000	224,000
Nitrogênio amoniacal	11,600	<0,02

(*) Salvo quando indicado, valores expressos em mg/l

FONTE: SABESP

TABELA 24: DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS: MÉDIA DE QUATRO AMOSTRAS
SUBMETIDAS AO TRATAMENTO CONCEBIDO NA PRIMEIRA
CONCEPÇÃO

PRODUTO QUÍMICO	DOSAGEM (mg/l)
Solução de cloreto férrico	35
Suspensão de hidróxido de cálcio	345
Solução de cloro em água	105

FONTE: SABESP

Com relação aos exames microbiológicos e ensaios de mutagenicidade, foram realizados nos laboratórios da CETESB e estão apresentados nas tabelas 25 e 26.

Segunda concepção: nesta concepção a preocupação foi com a possível formação de orgão clorados ou qualquer outro mutagênico. Dessa forma, foram imaginadas 3 alternativas, nenhuma das quais inibindo a formação dos compostos mutagênicos, evidenciando ainda uma aplicação incorreta do cloro.

- Alternativa a: cloração da água bruta de forma a se obter o teor máximo possível de monocloaminas, formadas a partir do íon amônio presente na água bruta.

- Alternativa b: coagulação, floculação, decantação e filtração, seguido de cloração ao break point.

- Alternativa c: coagulação, floculação, decantação, filtração, seguido de cloraminação.

TABELA 25: EXAMES MICROBIOLÓGICOS: TRATAMENTO PLANEJADO NA PRIMEIRA CONCEPÇÃO

NÚMERO DA AMOSTRA	DATA DA COLETA	TIPO DA AMOSTRA	NMP/100ml			SALMONELLA SP		MICRO BACTÉRIAS	COLIFAGOS UFP/100ml	ENTERO- VIRUS UFP/100ml
			COLIFORMES	COLIFORMES	CLOSTRIDEOS	EM	EM			
			TOTAIS	FECAIS	SULFITO REDUTORES	51	10 1			
76729	06/01/86	(1) B	1,10E+07	1,70E+06	5,00E+04	PRESENTE	--	AUSENTE	1,80E+04	5,50E+0
77052	06/01/86	(2) T	1	1	2,2	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
77089	14/01/86	B	2,30E+07	8,00E+06	2,80E+04	PRESENTE	--	AUSENTE	7,00E+03	5,20E+0
77123	14/01/86	T	(3)	1	2,2	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
77244	20/01/86	B	5,00E+06	3,00E+06	1,30E+04	PRESENTE	--	AUSENTE	1,80E+04	2,30E+0
77234	22/01/86	T	1	1	2,2	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
77235	22/01/86	B	3,00E+07	8,00E+06	1,40E+03	PRESENTE	--	AUSENTE	33000	4,80E+0
80744	22/01/86	T	1	1	9,2	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE

Método de análise baseado na 16.ª edição do "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater - APHA

ANNA - WPCF e Normas CETESB L5.218, L5.503 e L5.213

(1) B= Água Bruta (2) T= Água Tratada (3) Exame prejudicado

FONTE CETESB

TABELA 26: ENSAIOS DE MUTAGENICIDADE: TRATAMENTO PLANEJADO NA PRIMEIRA CONCEPÇÃO

NÚMERO DA AMOSTRA	DATA DA COLETA	TIPO DA AMOSTRA	MUTAGENICIDADE	
			TESTE S. cerevisiae	TESTE DE AMES
76729	06/01/86	B(1)	-	-
77052	06/01/86	T(2)	positivo	positivo
77089	14/01/86	B	-	-
77123	14/01/86	T	positivo	positivo
77244	20/01/86	B	-	-
77234	20/01/86	T	negativo	negativo
77235	22/01/86	B	-	-
80744	22/01/86	T	positivo	positivo

Método de extração e concentração de amostras: extração líquido X líquido, segundo norma ISO no. TC 197/SC5/W67, 1980.

(1) B = água bruta (2) T = água tratada

FONTE: CETESB

A tabela 27 mostra os dados obtidos a partir do ensaio feito conforme a alternativa c. Quanto às demais, não foram executadas por falta de recursos. Na tabela 28 encontram-se as dosagens dos produtos químicos utilizados no ensaio.

TABELA 27: EXAMES FÍSICOS E QUÍMICOS: AMOSTRA SUBMETIDA AO
TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO, ALTERNATIVA
C.

PARÂMETROS (*)	AGUA BRUTA	AGUA TRATADA
Cor (U.C.)	70	10
Turbidez (N.T.U.)	50	1,9
Ferro	9,5	0,15
Manganês	0,41	0,05
Cromo	0,055	0,005
Fenol	0,029	0,002
Fluoreto	0,50	0,48
Dureza	60	91
Nitrogênio amoniacal	5,8	0,02

(*) Salvo quando indicado, valores expressos em mg/l

FONTE: SABESP

TABELA 28: DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS DA AMOSTRA SUBMETIDA AO
TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO, ALTERNATIVA
C.

PRODUTO QUÍMICO	DOSAGEM (mg/l)
Solução de cloreto férrico	35
Suspensão de hidróxido de cálcio	140
Solução de cloro em água	40

FONTE: SABESP

Os exames microbiológicos e ensaios de mutagenicidade foram realizados nos laboratórios da CETESB e estão apresentados nas tabelas 29 e 30 que seguem.

TABELA 29: EXAMES MICROBIOLÓGICOS: TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO

NUMERO DA AMOSTRA E ALTERNATIVA	DATA DA COLETA	TIPO DE AMOSTRA	NMP/100ml		BACTERIAS		SALMONELLA SP			
			COLIFORMES	CLOSTRIDEOS	HETEROTRO-			COLIFAGOS	ENTEROVIRUS	
			TOTAIS	FECAIS	REDUTORES	PLACA UFC/ml	5,01	10,01	UFP/100ml	UFP/100ml
90635 ALT a	10/03/86	(1) B	5,00E+06	3,00E+06	5,00E+04	7,40E+06	PRESENTE	--	2,40E+04	1,60E+03
90636 ALT a	10/03/86	(2) T	1	1	2,2	1	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
91477 ALT b	17/3/86	B	1,30E+07	2,30E+06	27	3,50E+06	PRESENTE	--	2,20E+04	2,50E+03
91573 ALT c	17/3/86	T	1	1	2,2	1	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE
90642 ALT c	13/03/86	B	2,30E+07	3,00E+06	2,30E+06	4,60E+06	AUSENTE	--	2,10E+04	1,80E+04
90652 ALT c	13/03/86	T	1	1	2,2	1	--	AUSENTE	AUSENTE	AUSENTE

Métodos de análise baseados na 16 a. edição do " Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-

APHA - ANWA - WPCF e Normas CETESB L 5.218, L 5.503 e L 5.313

(1) B = Água Bruta (2) T = Água Tratada

FONTE: CETESB

TABELA 30: ENSAIOS DE MUTAGENICIDADE: TRATAMENTO PLANEJADO NA SEGUNDA CONCEPÇÃO: ALTERNATIVAS (A), (B) E (C).

ALTERNATIVA	NÚMERO DA AMOSTRA	DATA DA COLETA	TIPO DA AMOSTRA	TESTE DE AMES
a	90635	10/03/86	B(1)	negativo
a	10636	10/03/86	T(2)	positivo
b	91477	17/03/86	B	positivo
b	91573	17/03/86	T	positivo
c	90642	13/03/86	B	negativo
c	90652	13/03/86	T	positivo

Método de extração e concentração de amostras: extração líquido X líquido, segundo norma ISO no. TC 197/SC5/W67, 1980.

(1) B = água bruta

(2) T = água tratada

FONTE: CETESB

Os resultados obtidos no tratamento efetuado como primeira concepção indicam uma remoção bastante significativa de coliformes totais, fecais salmonellas, colifagos e enterovírus. Além disso, houve remoção de fenol, cromo e ferro também bastante grande.

Por outro lado, o tratamento não conseguiu atribuir à água tratada ausência de atividade mutagênica, em que pese o fato desse ensaio não ter sido efetuado na água bruta.

A segunda concepção também mostrou a mesma coisa, ou seja, excelente remoção microbiológica e ineficiência no que diz respeito à inibição da mutagenicidade. Com relação à essa característica, SANTOS, C.L. (40) (1988) recomenda o uso de oxidantes alternativos, ao mesmo tempo em que apresenta uma série de vantagens e desvantagens para os mais conhecidos.

Evidentemente, caso se prossigam os estudos será necessário explorar o caminho apontado por esse autor.

V.3 - CONSEQUÊNCIAS DA SEGUNDA GRANDE CRISE

A segunda grande crise teve um efeito positivo na medida em que, por ocuparmos a chefia do departamento responsável pelo controle sanitário da SABESP, recebemos orientação no sentido de fazer um acompanhamento mais sistemático da qualidade das águas das represas, entre elas, Guarapiranga.

Assim sendo, foi iniciado um monitoramento visando à caracterização qualitativa das águas dessa represa através de levantamentos apoiados por exames de laboratório efetuados em amostras de água coletadas nos seus afluentes formadores, no seu efluente e no seu corpo, além de avaliar a evolução da qualidade das águas da bacia, tendo como objetivo perceber movimentos de tendência dos parâmetros mais significativos. Apresentamos, a seguir, os resultados desse monitoramento.

V.3.1 - A SITUAÇÃO ATUAL DOS AFLUENTES DA REPRESA GUARAPIRANGA

Apresentamos, a seguir, uma análise das condições da qualidade das águas dos formadores da Represa Guarapiranga, fundamentada por ensaios em laboratório.

V.3.1.1 - METODOLOGIA

A avaliação da qualidade das águas dos contribuintes da Represa Guarapiranga, foi feita mediante o estudo das cargas afluentes ao manancial, calculadas a partir de amostras de água coletadas em pontos de controle estrategicamente localizados.

Os pontos de controle representados na figura 4, relacionados no quadro 2, foram escolhidos objetivando representar os vários tipos de ocupação nas sub-bacias, responsáveis por 99% da contribuição natural do reservatório. Em relação à escolha dos parâmetros de controle, foi feita tendo em conta serem os mais representativos dos problemas que se verificam no manancial. Além disso, para efeito de quantificação de cargas, foram consideradas as médias aritméticas dos valores das concentrações dos parâmetros em cada ponto, de julho de 1987 a junho de 1989, analisados mensalmente.

Quanto às vazões contribuintes, foi considerada a média das vazões médias mensais afluentes à represa entre julho de 1987 e junho de 1989, ou seja, $13,79 \text{ m}^3/\text{s}$, ressaltando-se que esse valor engloba também os esgotos presentes nas sub-bacias além da contribuição natural.

FIGURA 4: REPRESA GUARAPIRANGA- PONTOS DE AMOSTRAGEM

QUADRO 2: PONTOS DE CONTROLE DE QUALIDADE DE AGUA NA BACIA DA
REPRESA GUARAPIRANGA

PONTO	DESCRIÇÃO	REPRESENTATIVIDADE
GU-9	Córrego 2	Area residencial, médio e alto padrão de urbanização, presença de clubes náuticos.
GU-10	Rio Bonito e Rio das Pedras	Area residencial, baixo e médio padrão de urbanização, favelas.
GU-11	Córrego São José	Area residencial, baixo e médio padrão de urbanização, favelas.
GU-12	Córrego Tanquinho	Area residencial, médio padrão de urbanização, presença de chácaras.
GU-13	Rio Parelheiros	Região de matas, chácaras e algumas atividades de horticultura, pequena ocupação urbana dispersa.
GU-14	Rio Itaim	Pouca ocupação urbana, presença de chácaras e matas.
GU-15	Ribeirão Santa Rita, afluente do Embu-Guaçu	Matas, núcleos urbanos-Cidade de Embu-Guaçu.
GU-16	Rio Embu-Guaçu	Região de chácaras, presença de núcleo urbano - cidade de Embu-Guaçu.
GU-17	Córrego Mombaça	Matas, chácaras, algumas atividades agrícolas, núcleos urbanos isolados.
GU-18	Rio Embu Mirim	Núcleos urbanos isolados-Embu, Itapeirica da Serra-chácaras e atividades agrícolas.
GU-19	Córrego Itupu	Area residencial, padrão médio/baixo de urbanização.
GU-20	Córrego Guavirituba	Area residencial, baixo e médio padrão, favelas.
GU-21	Jusante da Barragem	Carga efluente da represa.
GU-22	Córrego do Golf Club Guarapiranga	Matas, fazendas, clubes e algumas atividades agrícolas.

Nessas condições, a partir das concentrações de DQO observadas nos pontos representativos de sub bacias com esgotos domésticos, das vazões de contribuição natural dessas sub bacias e das vazões de esgotos domésticos previstas pela SABESP em seus projetos de esgotamento, foi possível avaliar a quantidade de

esgoto efetivamente lançada na represa a despeito da existência de coletores tronco e interceptores na região.

As tabelas 31, 32 e 33 mostram as concentrações médias dos parâmetros considerados, as vazões afluentes - contribuição natural e esgoto - e as cargas médias introduzidas na represa.

TABELA 31: CONCENTRAÇÕES MÉDIAS NOS AFLUENTES DA REPRESA

GUARAPIRANGA

PARAMETRO	DQO	SS	NT	N-NH ₃	N-NO ₃	FOSFATO TOTAL	COLI TOTAL	COLI FECAL
PONTO	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	/100ml	/100ml
GU-9	9,06	21,80	4,80	0,67	3,68	0,40	800x10 ³	160x10 ³
GU-10	104,98	120,61	17,89	13,49	0,39	3,07	19x10 ⁶	7,5x10 ⁶
GU-11	217,38	85,78	20,43	16,32	0,39	4,37	11,5x10 ⁷	27x10 ⁶
GU-12	93,50	104,50	16,37	11,19	0,21	2,74	11,7x10 ⁶	4,8x10 ⁶
GU-13	8,28	15,33	0,59	0,22	0,17	0,13	13,6x10 ³	2,4x10 ³
GU-14	7,94	23,13	0,82	0,34	0,26	0,17	15x10 ³	7,2x10 ³
GU-15	8,39	25,87	0,47	0,13	0,15	0,10	10,7x10 ³	4,9x10 ³
GU-16	10,48	26,98	0,48	0,14	0,11	0,12	11,6x10 ³	5,3x10 ³
GU-17	30,18	26,99	3,09	2,65	0,20	1,19	16,7x10 ³	6,4x10 ³
GU-18	11,36	20,66	1,01	0,45	0,39	0,27	31x10 ³	3x10 ³
GU-19	48,74	79,33	9,62	8,22	0,20	0,77	1,1x10 ⁶	0,7x10 ⁶
GU-20	289,62	144,19	12,57	7,87	0,48	3,17	28x10 ⁶	8x10 ⁶
GU-22	7,49	28,83	0,47	0,14	0,13	0,18	12x10 ³	6x10 ³

FONTE: SABESP

TABELA 32: ESTIMATIVAS DAS VAZÕES MÉDIAS DAS SUB-BACIAS
REPRESENTADAS PELOS PONTOS DE AMOSTRAGEM-PERÍODO DE
OBSERVAÇÃO: JULHO DE 1987 A JUNHO DE 1989 (m³/s)

PONTO	CONTRIBUIÇÃO NATURAL	ESGOTOS DOMÉSTICOS	TOTAL
GU-9	0,080	-	0,080
GU-10	0,107	0,060	0,167
GU-11	0,053	0,150	0,303
GU-12	0,120	0,045	0,165
GU-13	0,400	-	0,400
GU-14	0,280	-	0,280
GU-15	2,518	-	2,518
GU-16	4,224	-	4,224
GU-17	0,453	-	0,453
GU-18	3,971	-	3,971
GU-19	0,067	0,010	0,007
GU-20	0,053	0,200	0,253
GU-22	0,813	-	0,813
TOTAL	13,139	0,465	(*)13,604

(*) Não foram consideradas as contribuições de algumas sub-bacias com ocupação desprezível

FONTE: SABESP

TABELA 33: CARGAS MÉDIAS DOS AFLUENTES À REPRESA GUARAPIRANGA
(Kg/dia) - período de observação: julho/87 à junho/89

PONTO	CARGAS			
	DQO	SS	N-TOTAL	FOSFATOS
GU-9	62,6	150,7	33,2	2,8
GU-10	1514,7	1740,3	258,1	44,3
GU-11	3812,7	1504,5	358,3	76,6
GU-12	1332,9	1489,8	233,4	39,1
GU-13	286,2	529,8	20,4	4,5
GU-14	192,1	559,6	19,8	4,1
GU-15	1825,3	5628,2	102,3	21,8
GU-16	3824,7	9846,4	175,2	43,8
GU-17	1179,3	1056,4	120,9	46,6
GU-18	3897,6	7088,3	346,5	92,6
GU-19	310,3	537,8	64,0	5,1
GU-20	6330,9	3151,9	274,8	69,3
GU-22	526,1	2025,1	33,0	13,6
TOTAL	24903,8	34748,2	2020,1	459,1

OBS: O ponto GU-14 não foi considerado na somatória, por tratar-se de ponto localizado em afluente do Rio Parelheiros, portanto as cargas deste último incorporam a do primeiro.

FONTE: SABESP

V.3.1.2 - ANALISE DOS DADOS OBTIDOS

Da observação das tabelas 31, 32 e 33 pode-se concluir que os afluentes mais poluídos são o Rio Bonito (ponto 10), Ribeirão Itupu (pontos 12 e 19), Córrego São José (ponto 11) e Ribeirão Guavirituba (ponto 20), com destaque para os dois últimos.

Um outro fato que chama a atenção é que nas bacias do Rio Bonito e do Córrego São José existem redes coletoras de esgoto, coletores tronco e interceptores já implantados, portanto ao contrário do que ocorre na realidade, não deveria haver lançamentos de esgotos por esses cursos na represa. Por outro lado, na área representada pelo ponto 12 referente ao Ribeirão Itupu bem como a do ponto 20, Ribeirão Guavirituba, embora as redes estejam em fase final de implantação a instalação das elevatórias não seguem o mesmo ritmo, havendo muitos despejos lançados diretamente nesses córregos.

Outro curso de água bastante poluído é o Córrego Mombaça (ponto 17), cuja bacia não possui rede coletora, recebendo os despejos de forma direta dos loteamentos da área. Os principais formadores da represa, os rios Embu-Guaçu (pontos 15 e 16) e o Embu-Mirim (ponto 18), ainda mantém padrões aceitáveis de qualidade física e química, o que tem contribuído para o fato de que os métodos convencionais de tratamento de água ainda possam ser empregados em determinados períodos pelas estações de tratamento de água do Alto da Boa Vista e de Theodoro Ramos.

Quanto ao aspecto microbiológico, todos os contribuintes apresentam concentrações de coliformes totais e fecais superiores aos padrões estabelecidos para os corpos de água enquadrados na

classe 2 pela resolução no. 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Como pode ser constatado na tabela 31, nos mais poluídos as concentrações de coliformes fecais são da ordem de $10^7/100\text{ml}$, indicando a presença de grande quantidade de esgotos domésticos.

As cargas lançadas na represa pelos cursos de água que contém esgotos são comparáveis ou até maiores que a dos principais formadores, apesar de suas vazões serem menores. Tal fato é agravado pela proximidade das sub-bacias mais poluídas em relação à captação.

Pela observação da tabela 33, verifica-se que as cargas totais de matéria orgânica e dos macro nutrientes - nitrogênio e fósforo - principalmente aquelas provenientes das sub-bacias próximas à captação (pontos 10, 11, 19 e 20), são provavelmente suficientes para a eutrofização da represa, constituindo-se em substrato para o desenvolvimento de organismos aquáticos, em especial o fitoplâncton. Também pode ser verificado que é considerável a carga de sólidos suspensos que aportam ao manancial, o que indica alto potencial de assoreamento e presença de microrganismos.

Considerando-se as cargas e vazões afluentes à represa, tem-se os seguintes valores, em termos de concentração de substâncias que chegam ao reservatório, procedentes da bacia como um todo:

DQO: 21 mg/l

Sólidos suspensos: 30 mg/l

Nitrogênio total: 1,7 mg/l

Fosfatos: 0,4 mg/l

Os valores acima foram calculados imaginando-se o reservatório como completamente misturado, o que é aceitável para longos períodos e pelo fato de que a adoção do "fluxo de pistão", ou modelos hidráulicos intermediários, induziria a valores ainda maiores no corpo central do reservatório.

Quanto aos outros parâmetros analisados, não apareceram em cargas significativas e suas concentrações no efluente apresentaram-se dentro de limites aceitáveis.

V.3.2 - CONDIÇÕES ATUAIS DO EFLUENTE DA REPRESA GUARAPIRANGA

O monitoramento da qualidade da água da Represa Guarapiranga efetuado pela SABESP foi feito no canal que conduz a água às estações de tratamento (ponto 21 da figura 4) e abrange o período de julho de 1987 a junho de 1989 com observações mensais. A tabela 34 apresenta as médias aritméticas obtidas dos parâmetros analisados.

V.3.3 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DA REPRESA GUARAPIRANGA

Para se perceber a variação da qualidade das águas na bacia ao longo do tempo, foram comparados os dados de qualidade das águas relativos a 1982, publicados pela CETESB (7) (1983), com os dados provenientes do monitoramento da SABESP.

A comparação desses dados indica pouca variação da qualidade das águas dos rios Embu-Guaçu e Embu-Mirim entre 1982 e

1987/1989. Por outro lado, é visível um aumento significativo das cargas afluentes ao manancial em termos de nitrogênio e fósforo nos pontos 10, 11, 19 e 20.

A tabela 35 compara as concentrações de vários parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos coletados na bacia da represa entre 1982 e 1987/1989, lembrando-se que em 1982 as coletas das amostras foram realizadas em julho e agosto, meses de pouca chuva e, conseqüentemente, maior concentração de poluentes. Nessas condições, para efeito de comparação, na coluna relativa ao período 1987/1989 aparecem a média e o valor máximo observado no período.

TABELA 34: QUALIDADE DAS AGUAS DO EFLUENTE DA REPRESA(PERÍODO: JULHO/87 A JUNHO/89)

PARÂMETRO	CONCENTRAÇÃO(*)	PARÂMETRO	CONCENTRAÇÃO(*)
DQO	17,57	COLI TOTAIS	$3,3 \times 10^3$ /100ml
COLI FECAIS	946/100ml	COR	21 U.C.
TURBIDEZ	3,14 NTU	N-TOTAL	0,48
N-NH ₃	0,16	N-NO ₃	0,15
FOSFATOS	0,04	SOL. SUSPENSOS	14,5
FERRO	0,45	MANGANÊS	0,04
CLORETOS	10,57	ALCALINIDADE	16,35
DUREZA	21,77	MERCÚRIO	0,002
FENÓIS	0,002		

(*) Salvo indicação em contrário, valores expressos em mg/l.

FONTE: SABESP

TABELA 35: COMPARAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO EFLUENTE DA REPRESA ENTRE 1982 E O PERÍODO 1987/1989 (*)

PONTO	DOO		COLI TOTAL		COLI FECAL		N-NH3	
	1982	1987/1989	1982	1987/1989	1982	1987/1989	1982	1987/1989
6U-9	-	-	-	-	-	-	0,41	0,67 2,30
6U-10	242	105,00 280,00	3,30E+07	1,90E+07 9,00E+07	3,30E+07	7,60E+06 3,00E+07	21,00	13,50 36,00
6U-11	247	217,00 480,00	3,30E+07	2,70E+07 5,00E+07	7,90E+06	1,10E+07 5,00E+07	23,00	16,30 30,00
6U-12	34	94,00 198,00	1,18E+07	1,10E+07 5,00E+07	7,10E+04	4,80E+06 2,30E+07	8,80	11,20 24,50
6U-13	30	8,30 11,50	1,70E+03	1,40E+04 1,60E+05	2,30E+02	2,40E+03 1,60E+04	-	-
6U-14	-	-	-	-	-	-	0,22	0,34 1,00
6U-16	20	10,50 21,20	7,90E+03	1,16E+04 4,00E+04	3,30E+03	6,00E+03 5,00E+04	0,04	0,14 0,29
6U-17	-	-	-	-	-	-	0,10	2,65 9,20
6U-18	19	11,40 18,00	4,90E+03	3,10E+04 1,60E+05	1,70E+03	3,00E+03 1,10E+04	0,20	0,45 3,40
6U-19	14	47,00 77,00	3,30E+03	1,00E+06 9,00E+06	4,90E+02	6,00E+05 5,00E+06	7,70	8,22 14,80
6U-20	32	290,00 445,00	2,30E+06	2,90E+07 1,00E+08	1,78E+05	8,00E+06 3,00E+07	8,00	7,90 17,00

(*) Na coluna 1987/1989, o número superior correspondente a concentração média e o inferior ao valor máximo no período

FONTE: SABESP

A tabela 35 permite as seguintes conclusões:

1 - Apesar da carga da matéria orgânica indicada pela DQO ter mantido-se constante, nota-se nos rios Embu-Guaçu e Embu-Mirim um aumento nos níveis de coliformes totais e fecais e de nitrogênio amoniacal. Esse fato é preocupante, já que indica uma deterioração da qualidade das águas dessas sub-bacias, que juntas são responsáveis por cerca de 77% da contribuição total à represa.

Historicamente tem-se percebido que o comprometimento desses cursos de água, em certas épocas do ano, tem levado as estações de tratamento de água ao limite de suas capacidades, enquanto compostas por processos convencionais.

2 - Verifica-se um aumento do lançamento de DQO, coliformes e nitrogênio amoniacal a partir de sub-bacias que já possuíam em 1982 rede coletora ligada ao interceptor (pontos 11 e 12), o que pode significar ausência ou quebra de ligações entre a rede e o interceptor e a construção de novas redes sem essas ligações.

A proporção dos esgotos lançados nos córregos vem aumentando, sendo que esses locais apresentam crescimento na ocupação dos fundos de vales.

3 - Nas sub-bacias representadas pelos pontos 13, 19, e 20 percebe-se um crescimento considerável da presença de coliformes e aumento do nitrogênio amoniacal. Nos córregos Itupu (ponto 19) e Guavirutuba (ponto 20), em especial neste último, o incremento da DQO foi grande. Essas 3 sub-bacias não possuíam em 1982 rede coletora, que somente começou a ser implantada a partir de 1989.

Os aumentos refletem a desordenada expansão que ocorreu nesses locais.

4 - Em sub-bacias que ainda não têm rede de esgotos, como as representadas pelos pontos 14 e 17, houve aumento da concentração de nitrogênio amoniacal, o que deve ser creditado ao crescimento urbano em sua área. Em particular no córrego Mombaça (ponto 17), o aumento foi significativo.

Além disso, foi feita uma análise de tendências de comportamento da DQO nas principais sub-bacias através do método das médias móveis com número de ordem $n=4$, dos dados existentes na SABESP, relativos ao período compreendido entre junho de 1988 a agosto de 1989, sendo os dados apresentados na tabela 36.

TABELA 36: DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (mg/l): MÉDIAS MÓVEIS COM
NÚMERO DE ORDEM $n=4$

PONTO	MÊS DA ÚLTIMA AMOSTRAGEM							
	10/88	11/88	12/88	03/89	04/89	05/89	06/89	08/89
GU-9	8,3	9,8	10,2	9,2	8,9	9,1	8,9	9,7
GU-10	-	82,1	92,1	82,9	89,6	93,0	143,2	171,2
GU-11	161	223	227	225	217	187	285	297
GU-12	92	96	89	81	72	77	109	170
GU-13	7,1	8,0	9,9	9,7	10,2	9,0	8,5	7,6
GU-15	8,4	7,5	5,7	6,3	7,9	7,8	8,8	7,9
GU-16	9,1	7,1	9,1	9,7	12,3	12,4	10,5	9,8
GU-17	24	38	45	37	31	25	31	22
GU-18	10	10,1	11,2	13,2	14,1	13,8	13,5	11,2
GU-19	51	53	47	37	39	43	48	70
GU-20	812	315	246	222	216	255	305	327

FONTE: SABESP

A tabela 36 permite as seguintes conclusões:

1 - Nas sub-bacias onde não há lançamento significativo de despejos (pontos 9, 13, 15, 16, 17 e 18) a concentração de DQO tem se mantido estável, não se notando um acréscimo significativo no aporte de matéria orgânica no período.

2 - Por outro lado, nas áreas mais densamente ocupadas, onde se observam despejos de esgotos nos córregos (pontos 10, 11, 12, 19 e 20), percebe-se que as médias de DQO nos últimos meses atingiram valores mais altos que os da mesma época no ano anterior, indicando um aumento da carga poluidora desses córregos por matéria orgânica.

A tabela 37, preparada com dados da SABESP e da CETESB (8) (1984), permite verificar um aumento gradual da carga orgânica, bem como do nitrogênio amoniacal no efluente daquele manancial, indicando sua gradativa deterioração e diminuição de sua capacidade de depuração, enquanto que os outros parâmetros comparados mantiveram-se estáveis ou diminuíram suas concentrações. Especificamente em relação ao fósforo, a comparação pode estar prejudicada uma vez que a SABESP faz a análise de fosfato, enquanto a CETESB faz de fósforo total.

TABELA 37: CONCENTRAÇÃO MÉDIA NO EFLUENTE DA REPRESA GUARAPIRANGA
EM 1982 E 1984

PARÂMETRO(*)	1982	1984	1987 a 1989
DQO	1,08	13,58	15,57
N-Total	0,90	1,20	0,48
N-NH ₃	0,47	0,67	0,16
P-Total	0,060	0,075	0,013
Coli fecal			
(NMP/100 ml)	$3,9 \times 10^2$	$0,13 \times 10^3$	$3,3 \times 10^3$

(*) Salvo quando indicado em contrário, valores em mg/l

FONTE: 1) Dados de 1982 e período de 1987 a 1989: SABESP

2) Dados de 1984: bibliografia (8)

V.3.4 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, BACTERIOLÓGICAS E HIDROBIOLÓGICAS DO CORPO DA REPRESA GUARAPIRANGA

Como foi dito no item VII.1, o monitoramento das características físicas, químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas no corpo da represa, vem sendo feito anteriormente à existência da SABESP. Os trabalhos publicados pela EQUIPE DE CONTROLE SANITÁRIO DA COMASP (21) (1972) e por MANCUSO, P.C.S. (31) (1987) faziam referência às florações de algas no Reservatório Guarapiranga, bem como indicavam metodologia de controle através da aplicação de algicidas.

Em relação à concentração dos parâmetros controlados, os valores médios referentes ao corpo da represa não diferem muito do efluente, o que reforça o fato de que a hipótese de mistura completa feita em V.3.1 é razoável. Mesmo assim, a análise dessas concentrações no perfil vertical, ou seja, desde a superfície até o fundo, vem sendo feita no sentido de se verificar a validade da alteração da captação da água a ser tratada, possibilitando o acesso às águas mais ou menos profundas, conforme se necessite.

Para tanto, são feitas coletas de amostras para determinação de oxigênio dissolvido e temperatura, a cada metro, da superfície até o fundo. Quanto aos demais parâmetros, são analisados na superfície, no fundo e em profundidade intermediária. A análise dos dados obtidos permite afirmar:

1 - A Represa Guarapiranga não apresenta uma estratificação definida, nem mesmo nos meses mais quentes. A exceção de março de 1987, quando houve uma razoável variação de temperatura da superfície até o fundo, as temperaturas se distribuem com pequena ou desprezível alteração ao longo do perfil vertical. Isso se deve principalmente à pequena profundidade do lago e à ação dos ventos nessa bacia.

2 - Da mesma forma, a concentração de oxigênio dissolvido vem mantendo-se uniforme nas várias profundidades com valores quase sempre superiores a 7 mg/l.

3 - A cor e a turbidez mantêm-se em patamares semelhantes na superfície e na profundidade média, a primeira com níveis em

torno ou abaixo de 20 U.C. e a segunda com valores próximos a 5 N.T.U.. As vezes, no fundo da represa verifica-se um grande aumento dos índices desses dois parâmetros, indicando a presença de sedimentos com potencial de deterioração da qualidade da água.

4 - A concentração de coliformes fecais no corpo da represa não se altera significativamente com a profundidade, apresentando na maioria das vezes valores abaixo de 100 NMP/100 ml. Mesmo quando esse valor foi superado, as concentrações não ultrapassaram, em nenhuma amostra, 1000 NMP/100 ml.

5 - A quantidade de fitoplâncton na represa, que é seu principal problema em termos de tratamento de água, também não se modifica muito nas diferentes profundidades.

A tabela 38 mostra a frequência de florações de algas agrupadas em períodos de 5 anos.

TABELA 38: FREQUÊNCIA DE FLORAÇÕES DE ALGAS AGRUPADAS EM PERÍODOS DE 5 ANOS NA REPRESA GUARAPIRANGA

PERÍODO	FREQUÊNCIA	GRUPO DE ALGAS
1972-1976	2	Diatomaceas
1977-1981	3	Cianoficeas
1982-1986	7	Cianoficeas Cloroficeas
1987-1991	8	Cloroficeas Diatomaceas Cianoficeas

FONTE: SABESP

V.4 - A TENDÊNCIA DA EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Como foi dito no capítulo I, a evolução da qualidade da água da Represa Guarapiranga somente reflete a tendência da evolução da qualidade de vida das populações dos bairros mais periféricos, ou seja, reflete um estado entrópico da ocupação da Região Metropolitana de São Paulo. A proteção desse manancial, alertava OLIVEIRA, W.E. (38) (1961), "é uma necessidade inadiável, e que não sendo posta em prática servirá de motivo de crítica áspera e justa das gerações futuras, que poderão pagar caro esta nossa imprevidência".

O caso desse importante manancial de água pode ser colocado ao lado de outros igualmente conhecidos, como o citado caso do Rio Paraíba, retrata bem o que vai acontecer com os demais reservatórios das grandes cidades, uma vez que a ocupação desordenada das bacias hidrográficas decorre de fatores sócio-econômicos fora de controle.

MANCUSO, P.C.S. (32) (1989), argumentando sobre a existência de reuso potável indireto não planejado na Região Metropolitana de São Paulo, apresenta dados sobre o Rio Cotia. Esse rio, um afluente da margem esquerda do Rio Tietê, tem suas águas captadas em dois pontos para serem tratadas em duas estações de tratamento, conforme descrito em III.1.2 e apresentado na figura 5.

No trabalho citado (32), o autor após detalhar os dois sistemas de tratamento, apresentando dados qualitativos da água captada e produzida, tece comentários a respeito da situação

precária com que essa água é tratada se comparada com situações análogas, como é a do Potomac Estuary Water Treatment Plant, em Washington.

Dentro da idéia que foi colocada no item III.1.2 a respeito da necessidade de se avançar no desenvolvimento tecnológico do tratamento não convencional para águas igualmente não convencionais, sem perder de vista a necessidade de desenvolver instrumentos eficazes de proteção dos mananciais, apresentamos uma proposta de reuso potável indireto planejado para a Região Metropolitana de São Paulo.

V.5 - PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DA IDEIA DO REUSO POTÁVEL INDIRETO PLANEJADO

Para a LINS ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS (30) (1989) "a abordagem da prática do reuso planejado, preconizada pela SABESP, segue recomendações que já são clássicas a este respeito. Parte-se do reuso para usos sub-potáveis, industriais e agrícolas para, por essa via, desenvolver experiência técnica e gerencial indispensáveis ao eventual reuso futuro para outros fins, do tipo que pode-se chamar "terciário", por analogia ao termo empregado em sócio-economia".

Dentro dessa linha, com a qual concordamos plenamente, apontamos como absolutamente indispensável a concentração de esforços no sentido de desenvolver tecnologia apropriada para atacar de frente a questão do reuso, que como foi dito já está ocorrendo, embora haja quem teime o contrário.

A SABESP prevê a substituição do abastecimento de água na região coberta pela ETA do Baixo Cotia por água proveniente do Sistema Cantareira, o que permitiria a desativação daquela estação de tratamento de água. Nossa proposta é no sentido de utilizar aquela unidade para desenvolver tecnologia de reuso potável indireto, através do tratamento de uma mistura de água do Rio Cotia e a do efluente da ETE Barueri em proporções variáveis, podendo-se, numa situação limite, atingir 100% com água procedente da ETE, caindo no caso do reuso potável direto.

A água produzida seria oferecida às indústrias da região a preços compensadores, servindo como fator indutor de desenvolvimento industrial local. Futuramente, após o desenvolvimento da tecnologia necessária, todo o efluente da ETE Barueri, bem como os demais, estaria disponível para as finalidades que se fizessem necessárias, inclusive para mistura com água da Represa Billings e posterior potabilização em uma nova estação de tratamento de água especialmente construída, conforme a proposta da FIGUEIREDO FERRAZ: CONSULTORIA E ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. (23) (1990).

FIGURA 6: ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ALTO E DO BAIXO COTIA E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE BARUERI: PROPOSTA DE REUSO POTÁVEL INDIRETO PLANEJADO.

FIGURA 5: ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ALTO E DO BAIXO COTIA E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE BARUERI: ESQUEMA NORMAL DE FUNCIONAMENTO.

A tabela 39 apresenta os dados qualitativos disponíveis do efluente da ETE Barueri.

TABELA 39: QUALIDADE DA AGUA AFLUENTE E EFLUENTE DA ETE BARUERI -
PERÍODO: 01/01/91 A 30/09/91 (mg/l)

AFLUENTE			EFLUENTE		
DBO	DQO	(*)RNF	DBO	DQO	RNF
467	980	794	21	51	27
392	1071	360	29	75	27
242	820	360	15	50	9
454	1064	673	20	45	33
404	1283	382	21	59	21
174	270	229	8	17	11
157	440	164	24	58	13
270	674	216	24	56	13
500	560	1054	21	56	78
786	1054	667	22	58	18
800	1666	926	52	65	26
1250	2035	1333	35	57	16
1139	1849	595	82	135	119
1188	1959	1850	63	145	37
MÉDIA					
587,3	1121,9	686,1	31,2	66,9	33,0

(*) RNF = Resíduo não filtravel
FONTE: SABESP

V.5.1 - TRATAMENTO PROPOSTO

O tratamento apresentado na figura 7 serve apenas como sugestão. Evidentemente, pesquisas de laboratório devem nortear a escolha do processo mais indicado. Entretanto, julgamos procedente sua apresentação como ponto de partida e tem dupla finalidade:

- introduzir na Estação de Tratamento de Água do Baixo Cotia apenas as modificações indispensáveis;

- aproveitar a experiência obtida pela Potomac Estuary Water Treatment Plant, publicada por KAVANAUGH, G.H. et al. (25) (1981).

FIGURA 7: TRATAMENTO SUGERIDO PARA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ÁGUA DO BAIXO COTIA

MISTURA: câmara que possibilite uma mistura controlada de água do Rio Cotia com a água procedente da ETE Suzano.

AERAÇÃO: processo unitário a ser efetuado com aeradores de superfície no próprio leito da represa que precede a estação de tratamento, com as seguintes características:

- densidade de potência: $7,14 \times 10^{-2} \text{HP/m}^3$
- período de detenção: 20 minutos

MISTURA RÁPIDA E COAGULAÇÃO

- número de tanques: 2 em série
- período de detenção: 1 minuto por tanque
- gradiente de velocidade: 400 s^{-1}
- coagulante: sulfato de alumínio
- dosagem: 40-70 mg/l, como sulfato de alumínio
- coadjuvante de coagulação: polieletrólito aniônico (Hercofloc 1018)
- dosagem: 0,1 a 0,5 mg/l

FLOCULAÇÃO: floculadores existentes na estação de tratamento

DECANTAÇÃO: decantadores existentes na estação de tratamento

- ponto de aplicação: nos decantadores num local a ser determinado em função do monitoramento do teor de organoclorados no efluente da estação, conforme recomenda SANTOS, C.L. (40) (1988).

- desinfetante: inicialmente cloro.
- residual: 1,0 mg/l de cloro total
- desinfetante alternativo: dióxido de cloro

- residual e ponto de aplicação: a ser determinado em função dos organoclorados formados e da positividade de atividades mutagênicas

FILTRAÇÃO: filtros existentes na estação com dupla camada de areia e antacito.

ADSORÇÃO: em colunas de carvão ativado granular a ser especialmente projetada com regeneração do carvão baseada nos seguintes critérios alternativos:

critério 1: remoção de carbono orgânico total de 50%;

critério 2: remoção de organoclorados totais baseado em residual inferior a 100 mg/l.

Para acompanhar e otimizar o processo é necessário um programa de monitoramento especialmente projetado. O Denver's Potable Water Reuse Demonstration Project implantou em sua estação de demonstração para reuso potável direto um intenso programa de dois anos e meio de otimização do processo. De acordo com seu autor, LAUER, W.C. (26) (1990), ao lado do monitoramento físico e químico é imprescindível estudos para verificar efeitos sobre a saúde.

V.5.2. - MONITORAMENTO

Evidentemente, um plano detalhado de monitoramento deve ser feito na medida em que se avança nos estudos de laboratório para definição da melhor sequência de tratamento. Somente a partir da sequência definida é possível estabelecer os parâmetros, frequências e pontos de amostragem representativos do processo.

Em linhas gerais, deve-se contemplar as características físico-químicas e microbiológicas, além de fornecerem-se informações a respeito de efeitos sobre a saúde.

- Características físicas e químicas: no plano devem ser previstas análises de todos os parâmetros constantes na portaria 36/GM de 19 de janeiro de 1990 do Ministério da Saúde.

- Características microbiológicas: além da pesquisa de organismos do grupo coliforme indicado pela referida portaria 36, é recomendada a pesquisa de clostrídeos sulfito redutores, salmonelas, micobactérias, colifagos e vírus.

- Efeitos sobre a saúde: segundo BUIKEMA JR, A.L. (6) (1982), cerca de 2000 anos atrás Aristóteles colocou peixes de água doce em água do mar para observar seu comportamento, provavelmente para responder a seguinte questão: como esse meio afeta esses organismos?

Assim procedendo, ele fez um teste de toxicidade.

Devido à complexidade crescente dos resíduos lançados no meio ambiente, em particular a água, não é possível avaliar a toxicidade à saúde humana de amostras coletadas a partir dessa água devido ao fato de que essa mistura de substâncias químicas pode apresentar entre si efeitos sinérgicos, antagônicos, neutros ou aditivos.

Nessas condições, a utilização de bioensaios tem sido recomendada pela literatura especializada como a melhor tecnologia disponível para avaliação de toxicidade.

SATO, M.I.Z. & SANCHEZ, P.S. (41) (1991) destacam que os bioensaios têm a capacidade de detectar diferentes tipos de

atividades biológicas a nível molecular, tais como mutação do DNA em organismos de níveis de complexidade variadas, desde os mais inferiores como bactérias e fungos, até os superiores como plantas insetos, mamíferos, etc.

Entre os bioensaio "in vitro" de curta duração o mais conhecido é o de AMES (Salmonella/ Mammalian Microsome Mutagenesis Assay), capaz de detectar grande número de mutágenos ambientais (aproximadamente de 80 a 85%) falhando, no entanto, na detecção de alguns conhecidos cancerígenos.

Além desse, os citados autores (41) argumentam que nos últimos anos o teste de bioluminescência com Photobacterium phosphoreum - Sistema Microtox - e o bioensaio com Spirillum volutans, vêm sendo muito utilizados em função da elevada sensibilidade de ambos, bem como da correlação entre os resultados obtidos através desses testes com outros bioensaios convencionais de ampla utilização.

Além desses bioensaios "in vitro" recomenda-se o uso de bioindicadores como algas, dafnia, crustáceos e peixes no sentido de perceber efeitos de aditividade, antagônicos e sinérgicos.

VI - DISCUSSÃO FINAL E RECOMENDAÇÕES

Ao mesmo tempo em que o reuso de água vem se tornando tema cada vez mais presente em revistas e livros especializados estrangeiros, no Brasil o assunto ainda é tratado com certa reserva e até com preconceito não procedente, em nossa opinião.

Os objetivos delineados no capítulo I foram ordenados de forma a obter como produto final um conjunto de informações que pretende contribuir para o entendimento do tema.

Assim, o estudo da disponibilidade de água para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo foi feito para verificar a necessidade de prosseguir na busca da água, estudando as fontes disponíveis na região, bem como as demandas para um horizonte de planejamento não além do ano 2010.

O levantamento da história das crises no abastecimento de água que a região sofreu, bem como o estudo de alguns casos de grande importância, como o da Represa Guarapiranga e do Rio Cotia, foi feito para deixar claro dois aspectos fundamentais: o primeiro é que o reuso para fins potáveis na Região Metropolitana de São Paulo já é feito, o que vem justificar o preconceito somente pela desinformação, enquanto que o segundo aspecto é que o reuso potável indireto planejado representa apenas um acréscimo de segurança em relação ao não planejado.

Finalmente foi feita uma proposta para o desenvolvimento da idéia do reuso potável indireto planejado, no sentido de contribuir para sua adoção como alternativa viável ao não planejado, e também como fator de desenvolvimento regional.

Evidentemente as idéias apresentadas não têm a pretensão de esgotar o tema, senão apresentar alguns pontos para uma reflexão sobre a necessidade da criação de uma mentalidade voltada para a incorporação do reuso de água como instrumento de planejamento ambiental.

Para finalizar, apresentamos a seguir algumas recomendações para um desenvolvimento mais aprofundado da prática do reuso de água.

- Criação de um grupo de trabalho interinstitucional para desenvolvimento da tecnologia do reuso de água em todos seus aspectos.

- Criação de programa de monitoramento de qualidade de água que subsidie o grupo.

- Desenvolvimento de modelos de acompanhamento da qualidade das águas de superfície que são utilizadas por várias comunidades como fonte de água bruta para abastecimento público como no caso do Rio Paraíba.

- Desenvolvimento de padrões de qualidade de água que atendam, ao mesmo tempo, os requisitos ambientais e o pretendido reuso.

- Criação de programas de reciclagem de água em indústrias e em estações de tratamento de água, visando a minimização das descargas nos corpos de água.

- Estudo e desenvolvimento dos chamados "sistemas duplos de distribuição", para sua utilização no reuso não potável industrial.

- Criação de centro de pesquisa para desenvolvimento de processos avançados de tratamento de esgotos.

- Desenvolvimento e implantação de programas de adequação de mão de obra e treinamento de esgotos, bem como de monitoramento em qualidade de água.

- Criação de disciplina específica sobre reuso de água nos programas de pós-graduação das universidades.

- Informar a sociedade a existência do reuso potável indireto não planejado na Região Metropolitana de São Paulo, bem como as principais alternativas, entre as quais o reuso potável indireto planejado.

VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ABREU, R.M. Estratégia para despoluir as águas da Billings.
Revista Ambiente, 4(1): 36-43, 1990.
- 2- AHLSTROM, S.B. Obstacles to implementing reuse projects. Water Environment & Technology, 2(12): 67, 1990.
- 3- AMARAL E SILVA, C.C. A importância do saneamento do meio ambiente no disciplinamento do uso e da ocupação do solo, 1987. /Tese do Livre Docência - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo/.
- 4- AMARAL, R. Critérios para a interpretação da análises físico-químicas de águas. São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1984. /Mimeografado/.
- 5- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Dual water systems. AWWA manual M 24. Denver, 1980.
- 6- BUIKEMA JR., A.L. Biological monitoring. Part IV. Toxicity testing. In: CAIRUS, J. et al. Biological monitoring in water pollution. 1a. ed. Blacksburg, Pergamon Press, 1982. p. 239- 62.

7- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB.

Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.

São Paulo, 1983.

8- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB.

Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.

São Paulo, 1984.

9- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. São

Paulo 92: perfil ambiental e estratégia. A participação da

CETESB. São Paulo, 1991.

10- CHANEY, R.L. Manual for land application of treated municipal

wastewater and sludge. Ontário. Minister of Supply and

Services Canada, 1984.

11- COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DA AMÉRICA LATINA

E DO CARIBE. Nossa própria agenda. São Paulo, 1990.

12- CONSÓRCIO ENGIESAN: ENGEVIX - IESA - TECNOSAN. Revisão do

Plano Diretor de Esgotos da RMSF. Relatório técnico. São

Paulo, 1989.

13- CONSÓRCIO NACIONAL DE ENGENHEIROS CONSULTORES - CNEC. Análise

da demanda e oferta de água da SABESP aos grandes

consumidores de água da RMSF e avaliação de critérios e

valores tarifários. Relatório técnico. São Paulo, 1975.

- 14- CONSÓRCIO NACIONAL DE ENGENHEIROS CONSULTORES - CNEC. Estudo de viabilidade e programa de fornecimento de água da SABESP a grandes consumidores de água da RMSP e avaliação de critérios e valores tarifários. Relatório técnico. São Paulo, 1980.
- 15- COSTA E SILVA, R.J. et al. Guaracabi - plano de um novo sistema sul de abastecimento de água da Grande São Paulo. Revista DAE, 46(146): 236-46, 1986.
- 16- CULP, G. et al. Wastewater reuse and recycling technology. Park Ridge. Noyes Data, 1980.
- 17- CULP, R.L. et al. Handbook of advanced wastewater treatment. 2a. ed. New York, Van Nostrand Reinhold, 1977.
- 18- DEAN, R.B. et al. Water reuse: problems and solution. New York, Academic Press, 1981.
- 19- DEB, A.K. & EVANS, M.D. Dual distribution system analysis. Journal of American Water Works Association, 2: 103-8, 1980.
- 20- EDWARDS, P. Aquaculture: a component of low cost sanitation technology. Washington D.C., World Bank Technical Paper, nº. 36, 1985. (Library of Congress).

- 21- EQUIPE DO SETOR DE CONTROLE SANITARIO DA COMASP. In:
CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITARIA. XIII,
Assunção, 1972. Anais. São Paulo, 1972. p. 21-32.
- 22- EUREAU- UNION OF NATIONAL ASSOCIATION OF WATER SUPPLIERS.
Drinking Water Directive. 80/778/EC. Proposal for
Modification. Views of Eureau. Bruxelas, 1991.
- 23- FIGUEIREDO FERRAZ; CONSULTORIA E ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA.
Consolidação do Plano Diretor de Abastecimento de Água da
Região Metropolitana de São Paulo. Relatório Técnico. São
Paulo, 1990.
- 24- HAMANN, C.L. & MCEWEN, B. Potable water reuse. Water
Environment & Technology, 3: 74-80, 1991.
- 25- KAVANAUGH, G.H. et al. The Potomac Estuary Experimental
Water Treatment Plant: a case study of treating a heavily
polluted source. In: Water Reuse Symposium 2º.,
Washington, 1981. Proceedings. Washington, American Water
Works Association, 1981, 84-103.
- 26- LAUER, W.C. Water quality for potable reuse. In: Biennial
Conference of The International Association on Water
Pollution Research and Control, 15º., Kyoto, 1990.
Proceedings. Great Britain, IAWPRC, 1990, 2171-80.

- 27- LAUER, W.C. et al. Denver's Potable Water Reuse Project. Current status. In: Water Reuse Symposium, 3º., San Diego, 1984. Proceedings. Denver, American Water Works Association, 1984, 316-36.
- 28- LAVRADOR FILHO, J. Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil. São Paulo, 1987./Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/.
- 29- LAVRADOR FILHO, J. Algumas considerações sobre o reuso planejado da água para fins industriais na Região Metropolitana de São Paulo. Revista RIO, 31(2): 52-6, 1989.
- 30- LINS ENGENHARIA, CONSULTORIA E PROJETOS. Estudo de viabilidade técnica, econômica e financeira da reutilização de efluentes das estações de tratamento de esgotos de Barueri e Suzano. Relatório técnico. São Paulo, 1989.
- 31- MANCUSO, P.C.S. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. 14º., São Paulo, 1987. Anais. São Paulo, 1987. p. 463-82.

- 32- MANCUSO, P.C.S. Reuso de Agua. São Paulo, 1989. /Dissertação de Mestrado-Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo/.
- 33- MEICHES, J. Contribuição para o estudo das limitações impostas pela qualidade das águas naturais para seu aproveitamento. O problema da poluição das águas e a sua recuperação para uso em sistemas de abastecimento de água, 1964. /Tese de Livre Docência- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/.
- 34- MIDDLEBROOKS, E.J. Water Reuse. Ann Arbor Science, England, 1982.
- 35- MINISTER OF SUPPLY AND SERVICES CANADA. Manual for land application of treated municipal wastewater and sludge. Ontario, 1984.
- 36- MONTGOMERY CONSULTING, J.M. Water treatment principles & design. New York, John Wiley & Sons, 1985.
- 37- OKUN, D.A. A potencial for water reuse- dual supplies. In: American Water Works Association Seminar on Reuse, Minneapolis, 1975. Proceedings. Denver, American Water Works Association, 1975, II.1-II.12.

- 38- OLIVEIRA, W.E. Proteção das águas da Bacia do Guarapiranga.
Revista DAE, 42: 86-93, 1961.
- 39- ROCHA, A.A. A limnologia, os aspectos ecológico-sanitários e a macrofauna bentônica da Represa do Guarapiranga na Região Metropolitana de São Paulo, 1976. /Tese de Doutorado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo/.
- 40- SANTOS, C.L. O controle de trihalometanos (THM) nas águas de abastecimento público. São Paulo, 1988. /Dissertação de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo/.
- 41- SATO, M.I.Z. & SANCHEZ, P.S. Bioensaios microbianos aplicados no controle de contaminantes tóxicos ambientais. São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1991. /Mimeografado/.
- 41- STEPHAN, D.G. & WEINGERGER, L.W. Wastewater reuse- has it "arrived?" Journal WPCF, 40 (4): 529-39, 1968.
- 43- WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Water reuse- manual of practice SM-3-Systems Management. Washington, 1983.

- 44- WEBER, M.D. et al. Manual for land application of treatment municipal wastewater and sludge. Ontario. Minister of Supply and services Canada, 1984.
- 45- WESTERHOFF, G.P. Un update of reseach needs for water reuse. In Water Reuse Symposium, 3^o., San Diego, 1984. Proceedings. Denver, American Water Works Association, 1984. 1731-42.
- 46- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Reuse of effluentes: methods of wastewater treatment and health safequards of a WHO meeting of experts. Technical report series n^o. 517. Genebra, 1973.