

**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Saúde Pública**

**Desafios e perspectivas para recuperação da qualidade  
das águas do rio Tietê na região metropolitana de São  
Paulo**

**Eduardo Mazzolenis de Oliveira**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Saúde Pública da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Doutor em Ciências.**

**Área de Concentração: Saúde Ambiental**  
**Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Rossin**

**São Paulo**  
**2015**

# **Desafios e perspectivas para recuperação da qualidade das águas do rio Tietê na região metropolitana de São Paulo**

**Eduardo Mazzolenis de Oliveira**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.**

**Área de Concentração: Saúde Ambiental**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Rossin**

**Versão Revisada**

**São Paulo**

**2015**

# **Challenges and prospects for recovery of the Tiete River water quality in the Metropolitan Region of São Paulo**

**Eduardo Mazzolenis de Oliveira**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Saúde Pública da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Doutor em Ciências.**

**Área de Concentração: Saúde Ambiental**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Rossin**

**Versão Revisada**

**São Paulo**

**2015**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida **exclusivamente** para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da tese.



*Aos meus pais Odilon (in memoriam) e Diva, minha esposa Regina e meus filhos Eduardo e Mônica pela compreensão, amor e apoio incondicional*

*...os especialistas em recursos hídricos têm se esquecido dos verdadeiros fins ou objetivos da gestão da água. A meu ver, os “fins” da gestão da água são questões como mitigação da pobreza, redistribuição regional e conservação ambiental.*

*Asit K. Biswas  
“Quo vadis, mundo água” (2010)*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof Dr. Antonio Carlos Rossin, pelos ensinamentos, orientação, apoio nas horas mais difíceis e dedicação que foram fundamentais para a realização do trabalho.

Ao prof Dr João Vicente Assunção pelo incentivo e apoio para o início da pesquisa.

Ao Dr Cristiano Kenji Iwai, da Divisão de Apoio de Controle de Fontes da CETESB, pela compreensão e incentivo para a conclusão da pesquisa.

Aos Profs. Drs. Pedro Mancuso, Ricardo Toledo, Leandro Giatti, Aristides de Almeida Rocha, Carlos Roberto Santos e Wadnerley Paganini pelos comentários e sugestões para aperfeiçoamento do texto.

Aos Profs. Drs Juliano Groppo da FUMEP-Piracicaba e Marcelo Lauretto da USP-Leste, pelas contribuições e orientações nos cálculos estatísticos.

Aos geógrafos Nilcéia Bianchini e Sergio Rizo, pelo apoio na discussão e elaboração dos produtos geográficos que possibilitaram muitas das análises desta pesquisa.

À Leila Gomes do DAEE, pela solicitude e orientação quanto às bases de dados sobre recursos hídricos.

À Monica e Eduardo Rocabado, meus queridos filhos, que contribuíram no levantamento de dados estatísticos e edição do texto.

Aos colegas da CETESB, pela compreensão e apoio em todas as horas, e ao Nelson Menegon, pela leitura e sugestões para melhoria do texto final.

À Maria Cristina Leite, pelas pacientes horas trabalhadas na correção e edição do texto.

A todos os funcionários e docentes do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Saúde Pública da USP, em especial Renilda e Pedro Daniel, pelo apoio e orientação no encaminhamento de todos os trâmites necessário para realização do trabalho.

Aos funcionários da biblioteca da CETESB, em especial a Sonia Barbosa, pela presteza e disposição em contribuir para o levantamento dos dados..

## RESUMO

As políticas de saneamento e recursos hídricos nas grandes aglomerações urbanas brasileiras constituem-se, desde meados dos anos de 1960, em um grande desafio para os poderes públicos e a sociedade em geral. Tal é o caso da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) na qual a riqueza gerada convive com problemas sociais e ambientais conhecidos, como a degradação dos principais corpos de água, em especial, o rio Tietê entre Mogi das Cruzes e Pirapora, gerando incômodos e algumas vezes protestos de setores da população.

Esses protestos foram fundamentais para mobilizar os poderes públicos, à véspera da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (CNUMAD) em 1992.

A disponibilidade de recursos internacionais e o momento político possibilitaram a formulação de políticas e a realização de ações considerando aspectos sociais, ambientais e a participação pública, fatos inéditos até aquele momento. São desse período o lançamento do Programa de Despoluição do Tietê, com uma série de obras de controle de poluição e intervenções na macrodrenagem, os projetos de saneamento e recuperação dos corpos de água, como o Projeto “Córrego Limpo” e o Programa “Mananciais” e a implantação de estrutura institucional de gestão de recursos hídricos baseada em fóruns descentralizados regionais como os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH).

Entretanto, após vinte e três anos de investimentos, aproximadamente 50% da população metropolitana não dispõe de esgoto tratado (10 milhões de habitantes) e 11% não dispõe de rede de coleta (dois milhões e duzentos mil habitantes). A situação das águas do rio Tietê, se tomado como indicador, ainda continua degradada no trecho metropolitano.

Entre as diversas explicações sobre a situação apresentada estão aquelas que destacam o intenso crescimento demográfico e urbano – industrial de uma grande metrópole, em região ambientalmente frágil, localizada nas cabeceiras dos principais formadores da bacia e a fragilidade institucional de suas políticas públicas.

Baseado no contexto apresentado, a pesquisa enveredou por outros caminhos, menos explorados, visando ampliar o conhecimento dos desafios colocados. Primeiramente, avaliar os resultados do processo de implantação dos programas de controle da poluição hídrica, no período 1998 – 2013, que vai do encerramento da 1ª etapa do Projeto Tietê até a assinatura das obras da 3ª etapa. Em segundo lugar, comparar a estratégia utilizada na bacia do Alto Tietê com aquela adotada na Grande Londres para recuperar o rio Tâmsa, constantemente citado na literatura sobre o tema quando se discutem as dificuldades encontradas no caso paulista.

A abordagem adotada partiu da realização de revisão bibliográfica com foco no processo de constituição da metrópole e na forma de apropriação de suas águas, fatores estratégicos na degradação da qualidade das águas do rio Tietê e seus afluentes.

A seguir, dividiu-se a bacia do Alto Tietê em unidades criadas para esta pesquisa: os Compartimentos Sanitários Ambientais, baseados nas áreas de drenagem dos esgotos metropolitanos. Nessas unidades foram analisados os resultados dos programas de controle de poluição hídrica, as variações da cobertura da terra e da demografia.

Os valores encontrados foram avaliados frente aos resultados das análises estatísticas de tendências espacial e temporal de dez variáveis de qualidade de água e de um estudo de caso sobre a relação entre aquelas e as variáveis hidrológicas.

Os estudos de tendência foram precedidos de análises exploratórias, verificação de sua normalidade e sazonalidade por meio da utilização de estatísticas paramétricas e não paramétricas dos dados brutos da rede de monitoramento da CETESB com apoio de softwares estatísticos.

As conclusões sobre as análises de tendências indicaram que houve melhorias nos valores de algumas das variáveis, em determinados trechos do Rio Tietê, e que esta melhora está relacionada com a ampliação do sistema de coleta e tratamento de esgotos.

Os dados da experiência inglesa foram importantes para constatar que, embora ocorresse em época e contextos diferentes da experiência paulista, guarda com esta, aspectos comuns: localização em região ambientalmente crítica, intenso e rápido crescimento populacional e urbano-industrial.

Por outro lado, a pesquisa identificou que a recuperação do Tâmesa na Grande Londres fornece lições importantes para nossa realidade: começa por coletar e afastar esgotos e progressivamente ampliar e aperfeiçoar o sistema de esgotamento sanitário. As ações executadas pelos ingleses desde o século XIX até meados do século XX, contaram com ativa participação dos órgãos públicos, dos institutos de pesquisa, e da sociedade em geral.

A pesquisa constatou que, entre os desafios para a recuperação do rio Tietê na Região Metropolitana de São Paulo, está o processo de implementação, operação e gestão do sistema de esgotamento sanitário, apesar da importância de vários fatores interferentes. Este sistema deve ser baseado em objetivos claros, ambiental e economicamente viáveis, socialmente monitorados, a fim de promover a participação dos municípios e fortalecer os vínculos entre os organismos públicos de saneamento e controle de poluição.

As perspectivas, em que pese importância dos vários fatores interferentes, apontam para um caminho longo e dispendioso, mas também uma grande oportunidade, viável, para

implementar através das ações estruturantes do setor de saneamento, uma metrópole mais sustentável.

**Palavras chave:** Sistema de Esgotamento Sanitário, Região Metropolitana de São Paulo, Bacia do Alto Tietê, Análises Estatísticas de Tendências, Qualidade da Água, Grande Londres, rio Tâmisa.

## **ABSTRACT**

Sanitation and water resources policies in major Brazilian urban agglomerations constitute since the mid-1960s, a great challenge for public authorities and society in general. Such is the case of the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP) in which the generated wealth coexists with known social and environmental problems such as the degradation of the main bodies of water, in particular the Tiete River between Mogi das Cruzes and Pirapora, generating nuisances and sometimes protests from sectors of the population.

These protests were instrumental in mobilizing public authorities, on the eve of the United Nations Conference on Environment (UNCED) in 1992.

The availability of international funds and the political situation made possible the formulation of policies and carrying out actions considering social, environmental and public participation, unpublished facts so far. This period are the launch of the Tiete Restoration Program, with a series of pollution control works and interventions in the macro drainage, sanitation projects and restoration of water bodies, such as the project "Clean Stream" and the program "Streams" and the establishment of institutional framework for water management based on decentralized regional forums such as the River Basin Committees (CBH). However, after twenty-three years of investment, approximately 50% of the metropolitan population has no treated sewage (10 million) and 11% does not have collection network (two million two hundred thousand inhabitants). The situation of the waters of the river Tiete, if taken as an indicator, is still degraded in the metropolitan stretch.

Among the various explanations of the situation presented are those that highlight the intense demographic and urban growth - a large industrial city in environmentally fragile region, located in the headwaters of the main tributaries of the basin and the institutional weakness of public policies.

Based on the presented context, the research embarked on other paths, less explored, to enhance understanding of the challenges posed. First, evaluates the results of the water pollution control programs implementation, occurred in the period 1998 - 2013, which runs from the end of the 1st stage of the Tietê Project up to the signature of the works for its 3rd stage. Second, compares the strategy used in the Upper Tiete River basin with that, adopted in Greater London, to recover the Thames River, constantly quoted in the literature. The approach adopted started conducting literature review focused on the metropolis constitutional process and in the location of its waters bodies, strategic factors in the degradation of water quality of the Tiete River and its tributaries.

Then it was divided the basin of the Upper Tiete in units created specifically for this research: the Environmental Health Compartments, based on the drainage areas of the metropolitan sewage system. In these units the results of water pollution control programs, changes in land cover and demography, were surveyed.

The values were evaluated against the results of the spatial trends of statistical analysis and temporal ten water quality variables and a case study on the relationship between those and hydrological variables. The trend studies were preceded by exploratory analyzes, verifying normality and seasonality by using parametric and non-parametric statistics of raw data from the monitoring network CETESB to support statistical software

The findings on trends analysis indicated that there were improvements in the values of some variables in certain stretches of the Tiete River, and this improvement is related to the expansion of the sewage recollection and treatment system.

Data from the English experience were important to note that, although it was in time and in different contexts of the São Paulo experience, guard with this common features: location in environmentally critical region, intense and rapid population and urban-industrial growth. On the other hand, the survey found that the recovery of the Thames River in Greater London provides important lessons for our reality: initially collect and drain away the sewage and gradually expand the sewage system, and the actions taken had active participation of government agencies, the research institutions, and society. This action occurred from the nineteenth century to the mid-twentieth century.

The survey found that among the challenges to recovery of the Tietê River in the Metropolitan Region of São Paulo, is the implementation process, operation and management of the sewage system, despite the importance of various interfering factors. This system should be based on clear goals, environmentally and economically feasible, socially monitored, in order to promote the involvement of municipalities and strengthening the linkages between sanitation and pollution control public bodies. Prospects, despite the importance of various interfering factors point to a long and costly way, but also a great opportunity, feasible, to implement through the structuring actions of the sanitation sector, a more sustainable metropolis.

**Key words:** Sewage system, metropolitan region of Sao Paulo, Alto Tiete basin, Trend Statistics Analysis, Water Quality, Greater London, the River Thames.

## SUMÁRIO

|           |                                                                                                                                                     |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                              | <b>27</b> |
| 1.1.      | QUESTÕES .....                                                                                                                                      | 33        |
| 1.2.      | OBJETIVOS .....                                                                                                                                     | 35        |
| 1.3.      | JUSTIFICATIVAS, MOTIVAÇÕES E ORGANIZAÇÃO DO TEXTO .....                                                                                             | 35        |
| <b>2.</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                                                                                                  | <b>39</b> |
| 2.1.      | A APROPRIAÇÃO DAS ÁGUAS NO PROCESSO DE .....<br>METROPOLIZAÇÃO DE SÃO PAULO .....                                                                   | 40        |
| 2.1.1.    | A “conquista” das terras e a apropriação elétrica das águas na formação da<br>“Aglomeração Paulistana” .....                                        | 40        |
| 2.1.2.    | O “padrão periférico” de expansão da metrópole e a degradação .....<br>da qualidade dos mananciais.....                                             | 54        |
| 2.2.      | ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO E .....<br>RECUPERAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA .....                                                                 | 61        |
| 2.2.1.    | Notas sobre a drenagem urbana .....                                                                                                                 | 62        |
| 2.2.2.    | Implantação dos sistemas de esgotamento sanitário: dos primórdios ao<br>SANEGRAN .....                                                              | 69        |
| 2.2.3.    | Políticas de controle de poluição das águas .....                                                                                                   | 80        |
| 2.2.4.    | Iniciativas de gestão regional e recuperação dos corpos de água .....                                                                               | 88        |
| 2.3.      | A REVISÃO DOS PLANOS DIRETORES DE ESGOTOS DA .....<br>RMSP, A “CONSTRUÇÃO” E IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE.....<br>DESPOLUIÇÃO DO RIO TIETÊ (PDT)..... | 97        |
| 2.3.1.    | A revisão do SANEGRAN e as bases do PDT .....                                                                                                       | 97        |
| 2.3.2.    | O PDT: lançamento, descrição geral e etapas .....                                                                                                   | 100       |
| 2.3.3.    | As revisões dos PDEs e o PDT .....                                                                                                                  | 107       |
| 2.3.4.    | Processo de gestão do PDT .....                                                                                                                     | 111       |



|        |                                                                                                                                        |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.4.   | PORQUE OS CORPOS DE ÁGUA DA METRÓPOLE .....<br>PAULISTA SE DEGRADAM E PORQUE É TÃO DIFÍCIL RECUPERÁ-LOS<br>: ESTUDOS E ABORDAGENS..... | 113 |
| 2.4.1. | Estudos sobre causas das variações na qualidade da água do Tietê e uma comparação<br>com o Tâmis.....                                  | 113 |
| 2.4.2. | Análise comparativa entre as experiências do Tietê e o Tâmis.....                                                                      | 114 |
| 2.4.3. | Abordagens sobre os aspectos político-institucionais.....                                                                              | 114 |
| 2.4.4. | Os programas de controle da poluição hídrica ao longo da constituição .....<br>da RMSP: Síntese da revisão bibliográfica.....          | 116 |
| 2.5.   | PROGRAMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO HÍDRICA E .....<br>RECUPERAÇÃO DO RIO TÂMISA NA GRANDE LONDRES .....                                 | 119 |
| 2.5.1. | Constituição da metrópole de Londres, problemas sanitários e degradação da<br>qualidade das águas .....                                | 120 |
| 2.5.2. | Controle da poluição hídrica e a recuperação da qualidade das águas ....                                                               | 125 |
| 2.5.3. | O Gerenciamento de recursos hídricos e o processo de recuperação do .....<br>Tâmis.....                                                | 132 |
| 2.6.   | AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DOS CORPOS DE ÁGUA.....                                                                                         | 135 |
| 2.6.1. | Elementos básicos dos programa de avaliação de qualidade de águas ....                                                                 | 135 |
| 2.6.2. | Recursos hídricos, qualidade ambiental e saúde pública .....                                                                           | 137 |
| 2.6.3. | Normas legais sobre qualidade de água .....                                                                                            | 139 |
| 2.6.4. | Modelagem matemática de qualidade de água como ferramenta de .....<br>planejamento e gestão.....                                       | 143 |
| 2.7.   | ANÁLISE DE TENDÊNCIAS .....                                                                                                            | 148 |
| 2.7.1. | Características dos dados hidrológicos e abordagens para análise de .....<br>tendências .....                                          | 149 |
| 2.7.2. | Análise exploratória de dados .....                                                                                                    | 152 |
| 2.7.3. | Análises confirmatórias: sazonalidade e análise de tendências .....                                                                    | 154 |
| 3.     | MATERIAIS E MÉTODOS .....                                                                                                              | 156 |

|           |                                                                                       |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1.      | METODOLOGIA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....                                    |            |
|           | NA BAT.....                                                                           | 156        |
| 3.1.1.    | Dados dos censos demográficos e das condições sanitárias dos .....<br>domicílios..... | 157        |
| 3.1.2.    | Uso do solo .....                                                                     | 158        |
| 3.1.3.    | Sistemas de esgotamento sanitário.....                                                | 158        |
| 3.1.4.    | Variáveis hidrológicas e de qualidade das águas superficiais.....                     | 160        |
| 3.1.5.    | Análise de Tendências .....                                                           | 174        |
| 3.1.6.    | Ajustes da concentração ajustada pela vazão (CAV) .....                               | 177        |
| 3.2.      | A DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE ESTUDO .....                                               | 178        |
| 3.2.1.    | Bacia do Tâmisa na Grande Londres (BTGL) .....                                        | 178        |
| 3.2.2.    | Compartimento Sanitário Ambiental (CSA).....                                          | 180        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                                   | <b>188</b> |
| 4.1.      | CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO ALTO TIETÊ .....                                     | 188        |
| 4.1.1.    | Bacia do Alto Tietê e a Região Metropolitana de São Paulo.....                        | 188        |
| 4.1.2.    | Características gerais.....                                                           | 195        |
| 4.1.3.    | As águas da metrópole: vazões, usos, fluxos e qualidade.....                          | 205        |
| 4.1.4.    | Sistemas de esgotamento sanitário.....                                                | 210        |
| 4.2.      | CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO TÂMISA NA.....<br>GRANDE LONDRES .....               | 217        |
| 4.2.1.    | A Grande Londres e o Tâmisa .....                                                     | 217        |
| 4.2.2.    | Características gerais, vazões, usos da água e qualidade da água.....                 | 220        |
| 4.2.3.    | Sistema de esgotamento sanitário da Grande Londres .....                              | 222        |
| 4.3.      | RESULTADOS DA ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE .....                                |            |
|           | NA BAT .....                                                                          | 225        |
| 4.3.1.    | Estatísticas descritivas e análise exploratória .....                                 | 225        |
| 4.3.2.    | Concentrações das variáveis .....                                                     | 226        |

|           |                                                                                                                                          |            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.3.    | Sazonalidade e tendências.....                                                                                                           | 233        |
| 4.3.4.    | Efeitos das variáveis hidrológicas nas tendências de qualidade .....                                                                     | 239        |
| 4.3.5.    | Ajuste dos valores de concentração às variáveis de vazão (CAV) .....                                                                     | 243        |
| 4.3.6.    | Expansão demográfica, da cobertura do uso do solo e da evolução das cargas poluidoras orgânicas .....                                    | 244        |
| 4.4.      | PROGRAMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO .....                                                                                                  | 252        |
| 4.4.1.    | Bacia do Alto Tietê .....                                                                                                                | 252        |
| 4.4.2.    | Rio Tâmis na GL.....                                                                                                                     | 268        |
| 4.5.      | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....                                                                                                           | 272        |
| 4.5.1.    | Análise das tendências das variáveis de qualidade frente à situação dos ..... sistemas de saneamento, à demografia e ao uso do solo..... | 272        |
| 4.5.2.    | As interferências das variáveis hidrológicas .....                                                                                       | 275        |
| 4.5.3.    | Síntese comparativa das estratégias de recuperação do rio Tâmis na GL.... e do rio Tietê na RMSP .....                                   | 276        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                                                                                                   | <b>282</b> |
| <b>6.</b> | <b>RECOMENDAÇÕES.....</b>                                                                                                                | <b>286</b> |
|           | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                                 | <b>288</b> |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 1:</b> Primeiras ações saneadoras das várzeas.....                                                                                                                                 | 42  |
| <b>Quadro 2:</b> A Comissão de Melhoramentos e a Divisão de Rios.....                                                                                                                        | 44  |
| <b>Quadro 3:</b> Apropriação “elétrica” das águas (continua).....                                                                                                                            | 48  |
| <b>Quadro 4:</b> Iniciativas em drenagem urbana na RMSP - HIBRACE .....                                                                                                                      | 63  |
| <b>Quadro 5:</b> Iniciativas em drenagem urbana na RMSP - PDMAT 1, 2 e 3. ....                                                                                                               | 66  |
| <b>Quadro 6:</b> Quantidades de material assoreado nos rios Tietê-Pinheiros.....                                                                                                             | 68  |
| <b>Quadro 7:</b> Classificação dos materiais .....                                                                                                                                           | 68  |
| <b>Quadro 8:</b> Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas: “Partido Billings” - Greeley & Hansen/DAE (1947-1956) .....                                                   | 69  |
| <b>Quadro 9:</b> Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas - “Partido Billings” - HIBRACE.....                                                                            | 74  |
| <b>Quadro 10:</b> Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas: “Partido Billings” - Hazen and Sawyer (1965 – 1967) e Programa Integral de Obras de Esgotos (1969-1971)..... | 75  |
| <b>Quadro 11:</b> Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas – “Partido Pirapora” – “Solução Integrada” (1971 – 1973).....                                                 | 77  |
| <b>Quadro 12:</b> Indicadores do SANEGRAN .....                                                                                                                                              | 78  |
| <b>Quadro 13:</b> Primeiro sistema de classificação dos corpos de água no Estado de São Paulo (1955) .....                                                                                   | 82  |
| <b>Quadro 14:</b> Controle de poluição/ arranjos institucionais - primórdios.....                                                                                                            | 84  |
| <b>Quadro 15:</b> Controle de poluição/arranjos institucionais: CETESB e edição de normas legais (1970 – 1977) .....                                                                         | 85  |
| <b>Quadro 16:</b> Programa de controle da Poluição Industrial PCPI (1990 - 2008) .....                                                                                                       | 87  |
| <b>Quadro 17:</b> Iniciativas de planejamento regional: primórdios (continua) .....                                                                                                          | 89  |
| <b>Quadro 18:</b> Gerenciamento de recursos hídricos: regras operativas da Bacia do Alto Tietê (1975 – 1982) .....                                                                           | 94  |
| <b>Quadro 19:</b> Gerenciamento de recursos hídricos: primórdios .....                                                                                                                       | 94  |
| <b>Quadro 21:</b> Revisão do SANEGRAN/COPLADES: 2ª fase 1991-1993 .....                                                                                                                      | 99  |
| <b>Quadro 22:</b> Investimentos previstos no PDT (proposta original) .....                                                                                                                   | 102 |
| <b>Quadro 23:</b> Objetivo e metas do PDT (continua) .....                                                                                                                                   | 103 |
| <b>Quadro 24:</b> Resumo descritivo do PDT/Projetos de uso múltiplo .....                                                                                                                    | 104 |
| <b>Quadro 25:</b> Aprofundamento da Calha do Tietê – vazões veiculadas .....                                                                                                                 | 107 |

|                                                                                                                                            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Quadro 26:</b> Planos Diretores de Esgoto e o PDT (continua).....                                                                       | 108   |
| <b>Quadro 27:</b> Estratégias para recuperação da qualidade do Tâmesa na região de Londres<br>(1892-1949) .....                            | 128   |
| <b>Quadro 28:</b> Estratégias para recuperação da qualidade do Tâmesa na região de Londres<br>(1951-1979) .....                            | 129   |
| <b>Quadro 29:</b> Sumário dos principais aspectos do gerenciamento dos recursos hídricos na<br>Inglaterra e País de Gales (continua) ..... | 133   |
| <b>Quadro 30:</b> Evolução da modelagem matemática de qualidade de água (continua).....                                                    | 144   |
| <b>Quadro 31:</b> Metodologia de cálculo das cargas orgânicas domésticas (continua).....                                                   | 1599  |
| <b>Quadro 32:</b> Redes de monitoramento de qualidade de água (São Paulo e Bacia do Alto<br>Tietê) .....                                   | 15962 |
| <b>Quadro 33:</b> Pontos da rede de monitoramento utilizados (continua).....                                                               | 1633  |
| <b>Quadro 34:</b> Bacias de esgotamento da RMSP .....                                                                                      | 159   |
| <b>Quadro 35:</b> Descrição geral dos Compartimentos Sanitário - Ambientais (CSA).....                                                     | 187   |
| <b>Quadro 36:</b> Municípios com território na bacia do Alto Tietê - UGRHI 6 (continua) .....                                              | 15990 |
| <b>Quadro 37:</b> População e densidade demográfica dos municípios da RMSP (2010).....                                                     | 193   |
| <b>Quadro 38:</b> RMSP nas UGRHIs .....                                                                                                    | 194   |
| <b>Quadro 39:</b> Vazões e usos da água na BAT:.....                                                                                       | 205   |
| <b>Quadro 40:</b> Capacidade nominal e produção média das ETAs (2010) .....                                                                | 206   |
| <b>Quadro 41:</b> Características do Sistema Principal - 2008.....                                                                         | 212   |
| <b>Quadro 42:</b> Características gerais das Bacias Principais da BAT.....                                                                 | 213   |
| <b>Quadro 43:</b> Sistemas de esgotamento sanitários por CSA – características gerais.....                                                 | 214   |
| <b>Quadro 44:</b> Características principais dos Sistemas Isolados (2010) (continua) .....                                                 | 215   |
| <b>Quadro 45:</b> Características gerais da Grande Londres.....                                                                            | 217   |
| <b>Quadro 46:</b> Localização e coordenadas do rio Tâmesa .....                                                                            | 219   |
| <b>Quadro 47:</b> Resultados da aplicação do teste estatístico de Pettitt.....                                                             | 238   |
| <b>Quadro 48:</b> Resumo dos dados climatológicos .....                                                                                    | 239   |
| <b>Quadro 49:</b> Expansão demográfica, da cobertura do uso do solo e da evolução das cargas<br>poluidoras orgânicas .....                 | 245   |
| <b>Quadro 50:</b> Atividades por CSA no fim da 1ª etapa do PDT.....                                                                        | 159   |
| <b>Quadro 51:</b> Metas e resultados das etapas do PDT .....                                                                               | 264   |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 1:</b> Evolução dos saldos migratórios (RMSP, Município e Estado de São Paulo, 1940 - 2010).....                                                                   | 55  |
| <b>Tabela 2:</b> Evolução da população total (RMSP, Município e Estado de São Paulo, 1940 a 2010).....                                                                       | 58  |
| <b>Tabela 3:</b> Normais climatológicas EM-MS (1961 - 1990).....                                                                                                             | 201 |
| <b>Tabela 4:</b> Precipitação segundo a estação meteorológica do IAG .....                                                                                                   | 201 |
| <b>Tabela 5:</b> Recordes absolutos da EM - IAG/USP.....                                                                                                                     | 203 |
| <b>Tabela 6:</b> Vazão média diária de água doce na região estuarina do Tâmesa da Grande Londres .....                                                                       | 221 |
| <b>Tabela 7:</b> Vazões e população atendida pelo SES da Grande Londres .....                                                                                                | 223 |
| <b>Tabela 8:</b> Resultados das variáveis relacionadas às atividades industriais (continua).....                                                                             | 226 |
| <b>Tabela 9:</b> Resultados das variáveis sanitárias.....                                                                                                                    | 228 |
| <b>Tabela 10:</b> Tendências das variáveis sanitárias no período 1986 - 2013.....                                                                                            | 235 |
| <b>Tabela 11:</b> Tendências das variáveis relacionadas às atividades industriais no período 1986 - 2013 .....                                                               | 235 |
| <b>Tabela 12:</b> Tendências das variáveis sanitárias no período 1998 - 2013.....                                                                                            | 236 |
| <b>Tabela 13:</b> Tendências das variáveis relacionadas às atividades industriais no período 1998 - 2013 .....                                                               | 237 |
| <b>Tabela 14:</b> Resultados da análise das concentrações ajustadas à vazão (CAV) para a variável $DBO_{5,20}$ nos pontos TIET 4150 e TIPI 4900 no período 2002 - 2011 ..... | 244 |
| <b>Tabela 15:</b> Densidade demográfica, cargas poluidoras e cobertura da terra na BAT, por CSA .....                                                                        | 246 |
| <b>Tabela 16:</b> Evolução do tratamento de esgotos na BAT (ETEs do Sistema Principal, Sistemas Isolados e Sistemas Autônomos) .....                                         | 255 |
| <b>Tabela 17:</b> Relação entre esgoto tratado x disponibilidade hídrica por CSA.....                                                                                        | 257 |
| <b>Tabela 18:</b> Coleta, tratamento e afastamento de esgotos no Sistema Principal (2006) .....                                                                              | 258 |
| <b>Tabela 19:</b> Características ambientais da BAT e da GL .....                                                                                                            | 280 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1:</b> As várzeas do rio Pinheiros em 1929 (antes das retificações), em condições normais .....                                           | 42  |
| <b>Figura 2:</b> Ocupação de trecho das várzeas do rio Pinheiros por volta de 1987, já retificado, frente ao traçado original do rio (em azul)..... | 43  |
| <b>Figura 3:</b> Qualidade da água do Tietê no trecho da Capital (1938).....                                                                        | 46  |
| <b>Figura 4:</b> Perfil esquemático do Sistema Light .....                                                                                          | 51  |
| <b>Figura 5:</b> Complexo hidro – energético intermetropolitano .....                                                                               | 53  |
| <b>Figura 6:</b> A RMSP e as áreas de mananciais .....                                                                                              | 60  |
| <b>Figura 7:</b> Área da Macrometrópole paulista .....                                                                                              | 61  |
| <b>Figura 8:</b> Ações dos PDMAT 1 -2 -3.....                                                                                                       | 67  |
| <b>Figura 9:</b> Proposta Greeley & Hansen .....                                                                                                    | 71  |
| <b>Figura 10:</b> Plano Greeley & Hansen (ETEs).....                                                                                                | 72  |
| <b>Figura 11:</b> Concepção geral do Plano Diretor SANEGRA .....                                                                                    | 79  |
| <b>Figura 12:</b> Volume bombeado para a Billings (hm <sup>3</sup> ) entre 01/09/2007 e 31/12/2009.....                                             | 97  |
| <b>Figura 13:</b> Planta esquemática da ampliação da Calha do Tietê – Trecho I e II .....                                                           | 106 |
| <b>Figura 14:</b> Bacia do Tâmsa e a Grande Londres .....                                                                                           | 120 |
| <b>Figura 15:</b> População da Grande Londres .....                                                                                                 | 121 |
| <b>Figura 16:</b> Caricaturas sobre a degradação do Tâmsa .....                                                                                     | 123 |
| <b>Figura 17:</b> SES londrino no projeto original de Bazalgette.....                                                                               | 126 |
| <b>Figura 18:</b> Construção do SES de Crossness ao longo do Tâmsa (na confluência entre o Tâmsa e Barking Creek) em 1860 .....                     | 127 |
| <b>Figura 19:</b> Grande Londres, região estuarina do Tâmsa e principais ETEs (anos de 1970). .....                                                 | 130 |
| <b>Figura 20:</b> Implantação das ETEs de Londres e diminuição da carga poluidora lançada no estuário do Tâmsa .....                                | 131 |
| <b>Figura 21:</b> População da GL e concentração média de OD no estuário do Tâmsa em Crossness .....                                                | 132 |
| <b>Figura 22:</b> Elementos básicos dos programas de avaliação de qualidade de água .....                                                           | 136 |
| <b>Figura 23:</b> A sequência das questões de qualidade de água e o desenvolvimento dos países industrializados.....                                | 138 |
| <b>Figura 24:</b> Alguns tipos de tendência nas séries de observações .....                                                                         | 151 |
| <b>Figura 25:</b> Procedimentos para preparação da base de dados.....                                                                               | 161 |

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 26:</b> Pontos da rede de monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia do Alto Tietê.....             | 165 |
| <b>Figura 27:</b> Preparação dos dados para análise de tendências .....                                                      | 169 |
| <b>Figura 28:</b> Aplicação do “Lowess” aos dados do ponto TIPI 4900 para DBO .....                                          | 171 |
| <b>Figura 29:</b> Correções devido à aplicação da técnica “Lowess” .....                                                     | 173 |
| <b>Figura 30:</b> “Thames River Basin District”, “Thames Catchments” .....                                                   | 179 |
| <b>Figura 31:</b> Grande Londres e as “Thames Cachtments” .....                                                              | 180 |
| <b>Figura 32:</b> Localização geral das bacias de esgotamento da RMSP .....                                                  | 183 |
| <b>Figura 33:</b> Sistemas de esgotamento e bacias de esgotamento da RMSP .....                                              | 184 |
| <b>Figura 34:</b> Compartimentos Sanitário-Ambientais .....                                                                  | 186 |
| <b>Figura 35:</b> UGRHIs.....                                                                                                | 189 |
| <b>Figura 36:</b> Bacia do Alto Tietê (UGRHI 6).....                                                                         | 189 |
| <b>Figura 37:</b> RMSP e sua localização no Estado e na região sudeste do país .....                                         | 192 |
| <b>Figura 38:</b> Municípios e sub-regiões da RMSP.....                                                                      | 192 |
| <b>Figura 39:</b> Mapa geológico da Bacia do Alto Tietê .....                                                                | 196 |
| <b>Figura 40:</b> Climograma de São Paulo-SP a partir de dados da EM IAG-USP.....                                            | 202 |
| <b>Figura 41:</b> Série histórica da precipitação anual na RMSP.....                                                         | 202 |
| <b>Figura 42:</b> Distribuição espacial dos índices pluviométricos na RMSP .....                                             | 204 |
| <b>Figura 43:</b> Brisa marinha e a chuva na RMSP .....                                                                      | 204 |
| <b>Figura 44:</b> Esquema unifilar da BAT e a macrodrenagem urbana .....                                                     | 207 |
| <b>Figura 45:</b> Enquadramento dos corpos de água da BAT .....                                                              | 209 |
| <b>Figura 46:</b> Sistema Principal e Sistemas Isolados da RMSP.....                                                         | 211 |
| <b>Figura 47:</b> Grande Londres e Distritos (Boroughs) em 31 de dezembro de 2012 .....                                      | 218 |
| <b>Figura 48:</b> Status ecológicos dos rios na Grande Londres .....                                                         | 222 |
| <b>Figura 49:</b> Sistema de esgotamento sanitário de Londres .....                                                          | 224 |
| <b>Figura 50:</b> Distribuição acumulada empírica: DBO <sub>5,20</sub> - OD no rio Tietê (série 1998 - 2013) (continua)..... | 230 |
| <b>Figura 51:</b> Representação da alteração brusca na série temporal do OD (1998 – 2011) com a estatística de Pettitt ..... | 238 |
| <b>Figura 52:</b> Precipitação média anual (mm) – Posto Pluviométrico Mirante de Santana (2002 - 2011).....                  | 239 |
| <b>Figura 53:</b> Precipitação média diária na EM-MS (2002 - 2011).....                                                      | 240 |
| <b>Figura 54:</b> Box-Plot da Precipitação média mensal na EM-MS (2002 - 2011).....                                          | 240 |
| <b>Figura 55:</b> Vazão média mensal afluente ao reservatório de Pirapora.....                                               | 241 |



|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 56:</b> Vazão média anual afluyente ao reservatório de Pirapora .....                                                 | 241 |
| <b>Figura 57:</b> Vazão média mensal afluyente à barragem da Penha .....                                                        | 241 |
| <b>Figura 58:</b> Vazão média anual afluyente à barragem da Penha .....                                                         | 241 |
| <b>Figura 59:</b> Carga orgânica (DBO <sub>5,20</sub> ): 2002 - 2011 – Pirapora.....                                            | 242 |
| <b>Figura 60:</b> Carga de DBO <sub>5,20</sub> – Barragem da Penha (2002 - 2011) .....                                          | 242 |
| <b>Figura 61:</b> Carga orgânica no Tietê (t/DBO/dia) – Barragem da Penha (2002 - 2011).....                                    | 243 |
| <b>Figura 62:</b> Carga orgânica no Tietê (t/DBO/dia) – Barragem da Penha (2002— 2011) ....                                     | 243 |
| <b>Figura 63:</b> Cobertura da terra na BAT por CSA em 2002 .....                                                               | 247 |
| <b>Figura 64:</b> Cobertura da terra na BAT por CSA em 2010 .....                                                               | 248 |
| <b>Figura 65:</b> Densidade demográfica na BAT por CSA em 1991 .....                                                            | 249 |
| <b>Figura 66:</b> Densidade demográfica na BAT por CSA em 2000.....                                                             | 250 |
| <b>Figura 67:</b> Densidade demográfica na BAT por CSA em 2010.....                                                             | 251 |
| <b>Figura 68:</b> Domicílios com instalação sanitária adequada na BAT por CSA em 2000 .....                                     | 253 |
| <b>Figura 69:</b> Domicílios com instalação sanitária adequada na BAT por CSA em 2010.....                                      | 254 |
| <b>Figura 70:</b> Evolução do tratamento de esgotos na BAT .....                                                                | 256 |
| <b>Figura 71:</b> Situação do sistema de coleta de esgotos do Sistema Principal .....                                           | 259 |
| <b>Figura 72:</b> Redução das cargas poluidoras industriais pelo Programa de Controle da Poluição Industrial (PCCI) .....       | 260 |
| <b>Figura 73:</b> Situação atual e perspectivas de expansão do sistema Principal de esgotamento sanitário da BAT (por CSA)..... | 265 |
| <b>Figura 74:</b> Estruturas de alívio para transbordamento das vazões do SES londrino nas grandes precipitações .....          | 270 |
| <b>Figura 75 :</b> Detalhe de uma das estruturas de alívio lançando efluentes e águas de chuva no Tâmbisa, em Londres .....     | 270 |
| <b>Figura 76:</b> Thames Tideway Tunnel.....                                                                                    | 271 |

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

|                  |                                                                                    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ABC</b>       | São Bernardo, São Caetano, Santo André                                             |
| <b>ANA</b>       | Agência Nacional de Águas                                                          |
| <b>APRM</b>      | Áreas de proteção de mananciais                                                    |
| <b>ARSESP</b>    | Agência Reguladora de Saneamento e Energia                                         |
| <b>AT</b>        | Alto Tietê                                                                         |
| <b>BAT</b>       | Bacia do Alto Tietê                                                                |
| <b>BD</b>        | Base de dados                                                                      |
| <b>BID</b>       | Banco Interamericano de Desenvolvimento                                            |
| <b>BNH</b>       | Banco Nacional de Habitação                                                        |
| <b>BTGL</b>      | Bacia do Tâmesa na Grande Londres                                                  |
| <b>CAV</b>       | Concentração ajustada pela vazão                                                   |
| <b>CBH</b>       | Comitê de Bacia Hidrográfica                                                       |
| <b>CDM</b>       | Conselho de Desenvolvimento Metropolitano                                          |
| <b>CE</b>        | Comunidade Europeia                                                                |
| <b>CECPA</b>     | Conselho Estadual de Controle da Poluição                                          |
| <b>CECPA-USP</b> | Comissão de Estudos Ambientais da USP                                              |
| <b>CESA</b>      | Comissão Especial de Saneamento Ambiental                                          |
| <b>CETESB</b>    | Companhia Ambiental do Estado de São Paulo                                         |
| <b>CF</b>        | Constituição Federal                                                               |
| <b>CICPAA</b>    | Comitê Intermunicipal de Controle de Poluição das Águas e do Ar                    |
| <b>CODEGRAN</b>  | Conselho de Desenvolvimento da Grande São Paulo                                    |
| <b>COMASP</b>    | Companhia Metropolitana de Água de São Paulo                                       |
| <b>CONAMA</b>    | Conselho Nacional do Meio Ambiente                                                 |
| <b>CONSEMA</b>   | Conselho Estadual de Meio Ambiente                                                 |
| <b>CONSULTI</b>  | Conselho Consultivo Metropolitano de Desenvolvimento Integrado da Grande São Paulo |
| <b>COPLADES</b>  | Conselho Diretor do Plano Diretor de Esgotos                                       |
| <b>COPLAT</b>    | Comissão de Planejamento do Alto Tietê                                             |
| <b>CNUMAD</b>    | Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento              |
| <b>CPA</b>       | Comitê Técnico de Controle de Poluição das Águas (CPA),                            |
| <b>CSA</b>       | Compartimento Sanitário Ambiental                                                  |

|                           |                                                                                                              |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DAE</b>                | Departamento de Águas e Esgotos -                                                                            |
| <b>DAEE</b>               | Departamento de Águas e Energia Elétrica                                                                     |
| <b>DBO<sub>5,20</sub></b> | Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias e a 20 °C                                                           |
| <b>DNAE</b>               | Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica                                                            |
| <b>DOS</b>                | Departamento de Obras Sanitárias                                                                             |
| <b>DQA</b>                | Diretiva Quadro da Água                                                                                      |
| <b>EA</b>                 | Environment Agency                                                                                           |
| <b>ED</b>                 | Estatística descritiva                                                                                       |
| <b>EDA</b>                | Exploratory data analysis                                                                                    |
| <b>EEE</b>                | Estação elevatória de esgoto                                                                                 |
| <b>EIA/RIMA</b>           | Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto ambiental                                               |
| <b>EMAE</b>               | Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.                                                                |
| <b>EMPLASA</b>            | Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano                                                               |
| <b>ENGIESAN</b>           | Engevix, Internacional e Tecnosan                                                                            |
| <b>ETE</b>                | Estação de tratamento de esgotos                                                                             |
| <b><i>f</i></b>           | Parâmetro de suavização, span ou bandwidth da RNP- Lowess                                                    |
| <b>FABHAT</b>             | Fundação Agência da Bacia do Alto Tietê                                                                      |
| <b>FESB</b>               | Fomento Estadual de Saneamento Básico                                                                        |
| <b>FIESP</b>              | Federação das Indústrias do Estado de São Paulo                                                              |
| <b>GEGRAN</b>             | Grupo Executivo da Grande São Paulo                                                                          |
| <b>GEPROCAV</b>           | Programa de Canalização de Córregos, Implantação de Vias de Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vale |
| <b>GESP</b>               | Governo do Estado de São Paulo                                                                               |
| <b>GL</b>                 | Grande Londres                                                                                               |
| <b>GLA</b>                | Greater London Authority                                                                                     |
| <b>HIBRACE</b>            | Hidroconsult, Brasconsult e Cesa                                                                             |
| <b><i>h(u)</i></b>        | Função peso simétrica da RNP - LOWESS                                                                        |
| <b>IAG</b>                | Instituto Agrônomo e Geofísico                                                                               |
| <b>IBGE</b>               | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                                                              |
| <b>IQA</b>                | Índice de qualidade de águas                                                                                 |
| <b>JBIC</b>               | Japan Bank for International Cooperation                                                                     |
| <b>LCC</b>                | London County Council                                                                                        |
| <b>LOWESS</b>             | Locally Weighted Scatterplot Smoothing                                                                       |

|                      |                                                                                                |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MINFRA - GESP</b> | Comitê Executivo do Acordo do Ministério de Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo |
| <b>MINTER</b>        | Ministério do Interior                                                                         |
| <b>MK</b>            | Mann Kendall                                                                                   |
| <b>MKS</b>           | Mann Kendall Sazonal                                                                           |
| <b>MMA</b>           | Ministério do Meio Ambiente                                                                    |
| <b>MME</b>           | Ministério de Minas e Energia                                                                  |
| <b>MT</b>            | Monotonic Trend                                                                                |
| <b>NRA</b>           | National River Authority                                                                       |
| <b>OD</b>            | Oxigênio dissolvido (mg/L)                                                                     |
| <b>OECE</b>          | Overseas Economic Cooperation Fund                                                             |
| <b>OFWAT</b>         | The Water Services Regulation Authority                                                        |
| <b>ONG</b>           | Organização não governamental                                                                  |
| <b>ONU</b>           | Organização das Nações Unidas                                                                  |
| <b>P</b>             | Fósforo Total                                                                                  |
| <b>PBH</b>           | Plano de Bacia Hidrográfica                                                                    |
| <b>PCCI</b>          | Programa de Controle de Poluição Industrial                                                    |
| <b>PCJ</b>           | Piracicaba – Capivari - Jundiaí                                                                |
| <b>PDE</b>           | Plano Diretor de Esgotos                                                                       |
| <b>PDMAT</b>         | Programa de Macrodrenagem Urbana da Bacia do Alto Tietê                                        |
| <b>PDRHM</b>         | Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista            |
| <b>PDT</b>           | Programa de Despoluição do Tietê                                                               |
| <b>PERH</b>          | Plano Estadual de Recursos Hídricos                                                            |
| <b>pH</b>            | Potencial Hidrogeniônico                                                                       |
| <b>PMDI</b>          | Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado                                               |
| <b>PMSB</b>          | Plano Municipal de Saneamento Básico                                                           |
| <b>PMSP</b>          | Prefeitura do Município de São Paulo                                                           |
| <b>Q</b>             | Vazão                                                                                          |
| <b>RAE</b>           | Repartição de Águas e Esgotos                                                                  |
| <b>RBD</b>           | River Basin District                                                                           |
| <b>RECAP</b>         | Refinaria Capuava                                                                              |
| <b>RMSP</b>          | Região Metropolitana de São Paulo                                                              |

|                     |                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RNP</b>          | Regressão não paramétrica                                                               |
| <b>RP</b>           | Regressão paramétrica                                                                   |
| <b>S</b>            | Estatística de Mann-Kendall                                                             |
| <b>SABESP</b>       | Companhia Estadual de Saneamento Básico do Estado de São Paulo                          |
| <b>SAGAMACS</b>     | Sociedade para Análises Gráficas e Mecanográficas Aplicadas aos Complexos Sociais       |
| <b>SANESP</b>       | Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo                                      |
| <b>SC</b>           | Setor Censitário                                                                        |
| <b>SES</b>          | Sistema de esgotamento sanitário                                                        |
| <b>SESan</b>        | Secretaria de Energia e Saneamento                                                      |
| <b>SFH</b>          | Sistema Financeiro da Habitação                                                         |
| <b>SFS</b>          | Sistema financeiro do Saneamento                                                        |
| <b>SIGRH</b>        | Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos                                 |
| <b>SIMOX</b>        | Dissolved Oxygen Simulation                                                             |
| <b>SMA</b>          | Secretaria de Estado de Meio Ambiente                                                   |
| <b>SOMA</b>         | Secretaria de Obras e Meio Ambiente                                                     |
| <b>SMK</b>          | Sazonal de Mann Kendall                                                                 |
| <b>SP</b>           | Sistema Principal de Esgotamento Sanitário                                              |
| <b>SPAT</b>         | Sistema Produtor de Água do Alto Tietê                                                  |
| <b>SPCA</b>         | Serviço de Controle de Poluição de Água                                                 |
| <b>ST</b>           | Setp Trend                                                                              |
| <b>SW</b>           | Estatística de Sahpiro-Wilk                                                             |
| <b>TIET</b>         | Pontos de monitoramento de qualidade de água ao longo do rio Tietê                      |
| <b>TIES</b>         | Ponto de monitoramento de qualidade de água no rio Tietê no reservatório Edgar de Souza |
| <b>TIPI</b>         | Pontos de monitoramento de qualidade de água no rio Tietê no reservatório Pirapora.     |
| <b>TWA</b>          | Thmaes Water Autorithy                                                                  |
| <b>UGRHI</b>        | Unidade de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos                                 |
| <b>UHE</b>          | Usina Hidrelétrica                                                                      |
| <b>UN - HABITAT</b> | Conferência das Nações Unidas, Habitat                                                  |
| <b>USEPA</b>        | United States Environmental Protection Agency                                           |

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| <b>USGS</b> | United States Geological Survey   |
| $\hat{y}$   | Parâmetro estimado na estatística |
| <b>VAR</b>  | Variância                         |

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1976, na 1ª Conferência sobre Assentamentos Humanos (Habitat I) realizada em Vancouver, a Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu a urbanização como um fenômeno presente. Naquela ocasião, as cidades ainda eram vistas mais como geradoras de poluição e consumidoras dos recursos nacionais (UN-HABITAT, 2007). Em 1996, a Conferência Habitat II, realizada na Turquia, a ONU muda o tom ao colocar foco sobre os desafios da urbanização em mundo crescentemente globalizado.

Em 2007, o planeta atinge o impressionante número de vinte megacidades – aquelas que segundo a ONU abrigam mais de dez milhões de pessoas. Em 2008, agora com aproximadamente 3,4 bilhões de pessoas, atingiu-se a marca histórica de 50% da população mundial vivendo nas áreas urbanas.

É esperado que até o final de 2030, 60% da população total esteja vivendo nas zonas urbanas, superando aquela que vive nas áreas rurais em 1,8 bilhão de habitantes e se atinja a marca de cinquenta e oito megacidades, a maior parte em países em desenvolvimento – Mumbai, Délhi, Daca, São Paulo, Cidade do México — à exceção de Tóquio e Nova Iorque (UN- HABITAT, 2007).

As megacidades, mais do que apenas grandes cidades do passado, são palco de intensas e complexas interações sociais, políticas, demográficas, econômicas e ecológicas (KRAAS, 2007), formando uma rede em que se estabelecem grandes conexões e fluxos de competição e cooperação na economia global (LEITE, 2010).

Tal escala e dinamismo faz das megacidades, motores de inovação cultural e científica, reduzindo as distâncias, aproximando as pessoas, acelerando e diversificando as atividades e econômicas e sociais (LEITE, 2010). Naquelas que apresentam períodos de elevado crescimento econômico surgem frequentemente oportunidades econômicas, geralmente acompanhadas por degradação ambiental e problemas sociais, situação que se agrava na maioria das megacidades dos países em desenvolvimento (KRAAS, 2007), como é o caso da cidade de São Paulo.

Esse é o caso da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), hoje a quarta aglomeração urbana do mundo, na qual estão instaladas importantes indústrias e localizados os principais centros de decisões políticas, econômicas e financeiras nacionais e internacionais.

A concentração espacial dos capitais mobilizados da expansão do complexo cafeicultor e, posteriormente, das empresas estrangeiras, foi estratégica para a estruturação metropolitana de São Paulo, um núcleo urbano modesto com quinze mil habitantes no fim do século XIX.

As vantagens econômicas da aglomeração de atividades produtivas, além de proporcionar um intenso crescimento do setor terciário, passam a atrair grandes fluxos migratórios. Em decorrência, a Capital assiste, desde a década de 1920, a um impressionante crescimento da população e de expansão da mancha urbana. As demandas sociais e dos setores produtivos dessa nova etapa, exigem vultosos investimentos dos poderes públicos em infraestrutura urbana, em especial no sistema viário como o “Plano de Avenidas” de Prestes Maia em 1930, na macrodrenagem urbana (canalizações e retificações de cursos de água e ocupação dos fundos de vale).

A partir do fim dos anos de 1940, ficam evidentes os problemas da aglomeração frente às vantagens efetivas que impulsionaram o crescimento da metrópole (SINGER, 1977): problemas de tráfego, especulação imobiliária, precárias condições habitacionais (incluindo a insuficiência dos serviços de saneamento) para grandes contingentes populacionais, degradação na qualidade dos corpos de água causada pelos efluentes domésticos e industriais lançados *in natura* nas águas dos rios Tietê, Tamanduateí, Pinheiros e afluentes. As represas Billings e Guarapiranga, inicialmente construídas para atender o setor elétrico e que passaram a ser utilizadas como mananciais de abastecimento público, começaram a sentir os efeitos do bombeamento das águas poluídas dos rios Tietê e Pinheiros, desde o início dos anos de 1960<sup>1</sup>. GROSTEIN (2001) comenta que esse “modo de fazer cidade”, caracterizado por componentes de “insustentabilidade” vinculados aos processos de expansão e transformação urbana e a baixa qualidade de vida de parcelas significativas da população, foram a tônica do padrão urbano brasileiro entre 1950 e 1990, descontadas as peculiaridades regionais, quando se formaram pelo menos treze cidades com mais de um milhão de habitantes.

Em meados da década de 1960, a degradação da qualidade de vida de grandes parcelas da população, despertou mobilizações sociais, logo foram cerceadas pelo golpe militar de 1964 e somente no final dos anos de 1970 voltariam à agenda política.

Já em meados dos anos de 1980, criaram-se as primeiras instâncias participativas para discussão de ações e políticas como o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) e,

---

<sup>1</sup> Sua utilização como mananciais de abastecimento público foi definida no item A do Decreto Federal nº 16.884, de 27 de março de 1925, assinado pelo presidente Arthur Bernardes, que aprovava o plano de obras e o aproveitamento da força hidráulica das águas do Tietê e afluentes desde que não prejudicassem “o abastecimento de água das populações que seriam naturalmente servidas pelos mananciais a captar”.



desde o início dos anos de 1990, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH) e os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) e, mais recentemente, o Conselho Metropolitano.

Os poderes públicos paulistas, motivados pela grande mobilização social gerada pela “Campanha pela Recuperação do Rio Tietê”, passaram a agir mais sistematicamente, desde 1991, em programas de controle da poluição hídrica<sup>2</sup>. A “Campanha” reuniu 1,2 milhão de assinaturas e provocou a criação do Programa de Despoluição do Tietê (PDT).

Os programas de controle de poluição hídrica contribuíram para melhoria da qualidade do meio ambiente urbano e das condições sanitárias da população ao ampliar a coleta e o tratamento dos esgotos: o PDT promoveu a redução de 95% da carga poluidora orgânica industrial, e a elevação dos índices de coleta de esgotos de 63% para 84% e os de tratamento (do esgoto coletado) de 15% para 43%, no período 1990 - 2010.

Entretanto, um rápido percurso por textos e declarações publicados em documentos oficiais e na grande imprensa, indica que não há um claro consenso sobre os resultados das ações frente às ações e investimentos realizados, ou seja, melhorias perceptíveis na condição dos corpos de água metropolitanos, a saber:

- Revisão e Atualização do Plano Diretor de Esgotos da RMSP de 2000:  
Constata que as amostras coletadas pela CETESB mostram que *“a qualidade dos rios ao longo dos anos, vem apresentando contínua deterioração....”* (CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULT, 2000).
- Relatório de Término do Projeto (PCR) do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), referente às conclusões da segunda etapa do PDT:  
comenta que *“...os resultados dos indicadores de efeitos sobre a qualidade da água do rio, previstos no Marco Lógico do Programa, não refletem adequadamente o impacto das ações realizadas”* (BID, 2009). A justificativa foi a complexidade do sistema hídrico metropolitano associado às cargas difusas.
- Reportagem publicada no jornal *Folha de São Paulo*:  
*“A situação do rio Tietê é dramática, mas poderia ser pior se não tivesse havido o plano de despoluição, segundo a SABESP”* (SIGULEM, 2011).
- Matéria do site *Carta Maior* (publicação eletrônica multimídia):

---

<sup>2</sup> Entre os mais importantes para a recuperação dos corpos de águas pela sua abrangência regional e que serão tratados aqui estão planos diretores de saneamento e suas revisões e atualizações, os programas de esgotamento sanitário, em especial o Programa de Despoluição do Tietê, e controle de poluição industrial.

*Não por acaso, a Europa aprendeu a muito tempo que só planejamento e eficiência na execução podem não apenas corrigir um grave problema urbanístico como também mantê-lo à disposição da população. O rio Tâmsa, em Londres, talvez seja o caso mais emblemático de uma transformação radical na paisagem urbana... Um sistema de captação de esgoto foi ... sendo aperfeiçoado e ganhou suas primeiras estações de tratamento por volta da década de 1960. Nem tudo é perfeito, tanto que enormes quantidades de lixo, especialmente de garrafas e sacos de plástico são retiradas do rio pela ONG Thames21, que realiza a limpeza periódica. De todo modo, é um processo que já dura mais de 120 anos e que não está sujeito aos casuísmos e interesses privados vistos no Brasil (COSTA, 2011).*

- Reportagem publicada no jornal *O Estado de São Paulo*:

*“Apesar do aumento nos índices de coleta e tratamento de esgoto na Grande São Paulo, a qualidade dos rios, córregos e represas da região continua ruim” (BUGARELLI, 2012).*

- Reportagem publicada no jornal *Folha de São Paulo*:

*O governo de SP disse ontem que o rio Tietê não terá mais cheiro ruim e poderá ter até peixes em 2015 em toda a região metropolitana, em razão do trabalho de despoluição que está sendo feito... Segundo o governo, ao final dessa etapa, haverá "alguma vida aquática" entre Suzano e Pirapora do Bom Jesus, no trecho que corta a capital e onde não há oxigênio (GALLO, 2012).*

- Relatórios de qualidade de águas da CETESB:

Os relatórios anuais de qualidade de águas publicado pela CETESB nos últimos dez anos não destacam melhorias nem decréscimos marcantes (em número de pontos de monitoramento e variáveis) nos dados da rede de qualidade. Essa constatação indica, por um lado, efeitos positivos dos investimentos realizados que tem evitado a piora nos dados de qualidade, mas por outro, preocupação quanto à eficácia daqueles investimentos.

Entre as abordagens utilizadas para explicar as dificuldades enfrentadas no processo de recuperação da qualidade dos corpos de água metropolitanos<sup>3</sup>, em especial o rio Tietê, há três vertentes que chamam atenção por serem constantemente veiculadas na imprensa e em textos oficiais.

---

<sup>3</sup> Recuperação da qualidade dos corpos de água metropolitanos significa, para os propósitos desta tese, a evolução dos valores das variáveis físico-químicas e biológicas de qualidade, em termos espaciais e temporais, no período de estudo, medida tanto em relação aos padrões legais de enquadramento dos trechos do rio Tietê definidos pelo Decreto Estadual nº 10.755 de 22 de novembro de 1977, quanto pelas metas de avaliação definidas na pesquisa.

A primeira associa a velocidade do processo de constituição da RMSP<sup>4</sup> ao crescimento dos *deficits* dos serviços públicos: os desequilíbrios se estabelecem e se aprofundam quanto mais rápido é o crescimento da população e da mancha frente às medidas para solucioná-los<sup>5</sup>. A segunda, em geral associada à primeira, está relacionada a determinados fatores interferentes, tanto físicos como institucionais, tais como: localização da metrópole na cabeceira dos seus rios, onde estão assentados grandes continentes populacionais e de atividades econômicas consumidoras de água e geradoras de cargas poluidoras, alterações drásticas no regime hídrico da bacia devido à macrodrenagem e aos múltiplos usos da água, a desarticulação entre as políticas públicas metropolitanas, em especial uso do solo, recursos hídricos e saneamento. Os textos a seguir, extraídos de referências de planos e estudos sobre a RMSP/BAR, são ilustrativos dessas abordagens:

- Plano Diretor SANEGRAN (1977):

*Tanto no que se refere a abastecimento de água como esgotos sanitários, as cidades que constituem a Região Metropolitana de São Paulo nunca tiveram serviços à altura de suas necessidades. O crescimento vertiginoso e até imprevisível da região e a incapacidade dos órgãos governamentais em dotá-las de serviços públicos adequados às suas necessidades, no mesmo ritmo, estão entre os principais fatos geradores dessa situação (SABESP, 1977).*

- Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (2002):

*A problemática de recursos hídricos desta Bacia decorre, principalmente, do fato da Região Metropolitana de São Paulo ser uma das áreas de maior adensamento urbano do mundo....*

*A expulsão da população de baixa renda para as zonas periféricas das cidades agrava a degradação ambiental pela expansão desordenada, pela falta de infraestrutura urbana adequada, e os consequentes problemas de ocupação de áreas de proteção a mananciais e das várzeas, de necessidade de expansão dos sistemas de abastecimento de água, coleta de esgotos sanitários e de coleta de lixo...*

*A Região Metropolitana de São Paulo possui baixa disponibilidade hídrica por habitante, comparável às áreas mais secas do Nordeste Brasileiro. Isto ocorre por estar localizada numa região de cabeceira e por ser o maior aglomerado urbano do país, apesar de contar com índices pluviométricos na faixa de 1.400 mm por ano (FUSP, 2000).*

- Plano Diretor de Esgotos da Região Metropolitana de São Paulo (PDE, 2010):

*Como resultado do intenso crescimento populacional e econômico acumulado, as demandas de todos os serviços básicos aumentam, mas defasados entre si: o*

---

<sup>4</sup>Segundo MARICATO (2011), a forma, a velocidade do processo de constituição e o gigantismo que marcam as metrópoles dos países capitalistas não desenvolvidos, tal como ocorreu em São Paulo, inspirou teorias que lançaram mão de conceitos como “inchamento”, “macrocefalia”, “desequilíbrio”. RIBEIRO e ALVES FILHO (2006) analisam os mecanismos decisórios e as políticas públicas, tomadas em função da percepção de “caos urbano” decorrente de episódios de inundação.

<sup>5</sup> A esse respeito é representativa a frase do prefeito paulistano Figueiredo Ferraz (1971-1973): “São Paulo deve parar”.

*abastecimento de água foi priorizado e o serviço de coleta, afastamento e tratamento de esgotos foi sempre desenvolvido posteriormente (CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT, 2013).*

- Despoluição do Rio Tietê

*A partir de 1950, o rio Tietê experimentou uma paulatina degradação de suas águas em consequência: (i) do processo desordenado de ocupação da RMSP associado ao processo de industrialização e chegada de grande contingente populacional de outras regiões do país... (BID, 1992).*

A terceira vertente vem da discussão entre as características e os problemas do caso paulista frente às bem-sucedidas experiências internacionais em regiões metropolitanas que têm servido de inspiração, como o caso do Sena em Paris<sup>6</sup> e do Tâmsa em Londres, principal fonte de referência para o PDT.

Essas cidades assistiram a um intenso crescimento populacional e urbano desde o início do século XIX o que levou à geração de grandes quantidades de efluentes urbano-industriais lançados inicialmente *in natura* nos rios e córregos, por conta da insuficiência da infraestrutura sanitária. As consequências foram a degradação de qualidade das águas e o surgimento de epidemias como diarreia, disenteria e febre tifoide com inúmeras vítimas fatais. Os órgãos públicos daqueles países realizaram investimentos e promoveram ações de saneamento (legislações, políticas) que não tardaram a apresentar resultados satisfatórios. A crescente tomada de consciência dos custos para saúde pública colocou essas ações de melhoria urbana na agenda política das principais cidades mundiais em meados do século XIX.

As infraestruturas urbanas e sanitárias de Londres e Paris ainda sofreriam depois da 1ª e 2ª guerras mundiais exigindo reformas importantes: os sistemas de coleta e tratamento de efluentes urbano-industriais passaram por complementações e aperfeiçoamentos tecnológicos para dar conta do crescimento urbano, populacional e dos problemas ambientais relacionados à drenagem, operação do sistema de esgotamento sanitário e à dinâmica das marés na região estuarina em ambas as regiões.

A história do Tâmsa e do Sena ainda teria muitos capítulos até o fim da década de 1970 quando foram considerados como rios recuperados.

---

<sup>6</sup> A experiência sobre Sena na região metropolitana de Paris ganhou destaque internacional e passou a ser discutida no Brasil. Em 13 de dezembro de 2013, o governador Geraldo Alckmin assinou com o presidente francês, François Hollande, acordos de cooperação prevendo a troca de conhecimentos e tecnologias entre a SABESP e a entidade responsável daquele país pela despoluição do rio Sena.

Hoje, quase todos os habitantes londrinos, parisienses e de outras cidades de países considerados desenvolvidos têm acesso ao fornecimento de água segura, sistemas de coleta e tratamento dos esgotos e têm seus principais corpos de água ambientalmente recuperados e integrados à paisagem urbana.

Um traço distintivo muito comentado em ambos os casos é a participação pública, desde o fim do século XIX. No caso da experiência do Tâmis, a mobilização inicial se deu pela ação de grupos políticos e econômicos, seguidos pela comunidade científica e por fim, outros setores sociais (em especial entidades ambientalistas). Por volta de 1960, essa participação contou com entidades e fóruns específicos de gestão e regulação de serviços.

### 1.1. QUESTÕES

As abordagens apresentadas até agora fornecem explicações parciais para a situação de escassez qualitativa e quantitativa das águas metropolitanas, na medida em que há poucas convergências sobre a avaliação dos resultados frente às políticas adotadas e à situação dos recursos hídricos metropolitanos, tal como se apresenta hoje. Sem desconsiderar a importância dessas abordagens, há outras vertentes explicativas representadas pela rica literatura de vários autores (as referências citadas aqui não pretende esgotar as obras e autores) que partem da crítica do processo de urbanização da RMSP. Discutem a importância do modo e da forma do processo de urbanização<sup>8</sup>, mais do que a escala e velocidade, e a história de apropriação dos recursos naturais<sup>9</sup>. Embora já se tenha avançado no entendimento dos processos de degradação-recuperação dos corpos de água metropolitanos, entende-se que há aspectos relacionados à implantação das políticas e ações que ainda precisam ser aprofundados. Tendo por base as abordagens apresentadas, é fundamental conhecer

***Qual a contribuição dos programas de controle da poluição hídrica nas tendências espaciais e temporais da qualidade das águas do rio Tietê, no período 1998 – 2013, na RMSP?***

---

<sup>8</sup> SINGER (1977), GROSTEIN (2001), MARICATO (2013)

<sup>9</sup> RIBEIRO et al. (2006), FRACALANZA (2002), CUSTÓDIO (2012), RUTKOWSKI et al. (2010), OSEKI (1993).

A resposta a essa questão está relacionada a outro questionamento básico, mas fundamental quando se discute sobre a recuperação da qualidade dos corpos de água

*Quais têm sido as tendências espaciais e temporais da qualidade das águas do rio Tietê no período 1998 – 2013, em outras palavras, a qualidade da água do rio Tietê, na bacia do Alto Tietê, nestes vinte anos, melhorou?*

As atividades da pesquisa não podem se esgotar na melhoria do conhecimento da situação, mas devem contribuir para subsidiar a continuidade do processo de recuperação da qualidade dos corpos de água. Portanto, deve-se questionar sobre

*Quais desafios e perspectivas estão colocados para continuidade dos programas de controle da poluição hídrica na RMSP?*

Por fim, ao pesquisar os programas metropolitanos de controle de poluição hídrica do rio Tietê e os resultados por eles alcançados, imediatamente vem à tona a experiência bem-sucedida que os inspiraram e são constante fonte de referência: a recuperação do rio do Tâmisa na Grande Londres. Entende-se que há uma oportunidade privilegiada e pouco explorada de

*Compreender de forma mais detalhada, as estratégias utilizadas e os resultados alcançados, a partir da análise de alguns aspectos comuns nos dois casos, considerando suas características e especificidades.*

A proposição tomada como hipótese central desta Pesquisa é que:

*Os programas de controle da poluição hídrica implantados na RMSP, no período definido, contribuíram, parcialmente, para a melhora nos valores das tendências espaciais e temporais de certas variáveis de qualidade de água. À parte dessas melhoras, os programas de controle de poluição hídrica ainda devem enfrentar desafios quanto ao planejamento, implantação e gestão de suas ações para que o processo de recuperação do rio Tietê e dos corpos de água metropolitanos seja mais extensivo e permanente.*

Em relação às análises comparativas entre a experiência do Tâmbisa e do Tietê, entende-se que podem contribuir para o enfrentamento dos desafios colocados no caso paulista, desde que se leve em conta as peculiaridades históricas, socioeconômicas e ambientais, em especial no que se refere ao planejamento e gestão das ações, os mecanismos de envolvimento da sociedade e comunidade científica, mais dos que nos aspectos tecnológicos.

## 1.2. OBJETIVOS

A presente tese tem como objetivo geral avaliar os resultados obtidos com a implantação dos programas de controle de poluição hídrica na RMSP que visam auxiliar no processo de **recuperação da qualidade** das águas do rio Tietê, no período 1998 – 2013 e contribuir para os **desafios e perspectivas** da continuidade a esse processo. Foram considerados ainda os seguintes objetivos específicos:

- Ampliar o conhecimento sobre a influência dos demais fatores interferentes nas variações na qualidade do rio Tietê.
- Avaliar os aspectos centrais da experiência de recuperação do rio Tâmbisa, na região metropolitana da Grande Londres, considerando suas especificidades, para posicionar melhor o debate sobre sua aplicabilidade ou avaliações comparativas frente às ações de despoluição na RMSP.

## 1.3. JUSTIFICATIVAS, MOTIVAÇÕES E ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

É inquestionável a ação dos fatores interferentes físicos e institucionais anteriormente citados: complexidade socioeconômica, ambiental e geográfica da RMSP, fragilidade de suas políticas setoriais.

No entanto, justamente por conta desses fatores, entende-se que é fundamental, compreender a implantação e gestão dos programas de controle da poluição hídrica, pouco discutidos, mas, fundamentais em regiões como a bacia do Alto Tietê.

Ao avaliar as tendências espaciais e temporais das variáveis de qualidade de água e ponderar os efeitos dos citados programas deve-se contribuir para um melhor entendimento dos processos de degradação-recuperação dos corpos de água metropolitanos e, ao mesmo tempo,

utilizar as respostas ambientais a esses fatores de um ponto de vista mais prático, para subsidiar diretrizes e ações relacionadas ao uso do solo, gerenciamento de recursos hídricos e saneamento básico<sup>10</sup>.

Entende-se que a RMSP/BAT, palco de grandes mobilizações com amplo alcance social e ambiental, pode se beneficiar da pesquisa, desde que seja realizada a partir das críticas sobre o modo do processo de urbanização e as formas de apropriação de suas águas. Em que pese a criticidade dos problemas socioambientais, temas como a recuperação dos corpos de água, focados no rio Tietê, podem ser oportunidade para desencadear processos de aprendizagem social para a promoção de uma cultura metropolitana mais forte.

KLINK (2009) alerta que não se devem buscar modelos ótimos de governança metropolitana, mas atentar para as possibilidades colocadas pelos diversos arranjos institucionais existentes na sociedade: convênios, contratos de gestão, comitês de bacias, agências e câmaras de desenvolvimento, cujo funcionamento, limites e potencialidades são raramente explorados.

Exemplos de recuperação do Tâmbisa e do Sena que enfrentaram e enfrentam desafios semelhantes, em alguns aspectos, aos anteriormente comentados em relação ao Tietê na RMSP, em suas respectivas regiões metropolitanas podem ser fontes de inspiração e referência. No entanto, em que pese a magnitude dos problemas e os resultados ambientais alcançados em megacidades de países desenvolvidos como Londres, sua aplicação em megacidades de países em desenvolvimento como a RMSP, deve levar em conta as peculiaridades de cada realidade para evitar perdas de tempo e recursos ou a adoção de estratégias pouco adaptáveis às nossas realidades.

Segundo BISWAS (2010), o gerenciamento integrado de recursos hídricos, por exemplo, pode funcionar muito bem na França, mas não deve ser aplicado sem discussão em outras situações em que as escalas dos rios, os cenários legais e institucionais, bem como as condições sociais, econômicas e administrativas são diferentes. Ainda segundo o autor (2006), as megacidades dos países industrializados expandiram suas economias concomitantemente ao processo de crescimento urbano e os poderes públicos foram capazes de prover os serviços necessários. Enquanto isso, as megacidades dos países em desenvolvimento, adotaram políticas urbanas e de saneamento que levaram ao acúmulo dos *deficits* no provimento desses serviços.

---

<sup>10</sup> Saneamento básico, tal como definido pelo artigo 3º da Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário (instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários), limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.



Em vista do exposto, a motivação da pesquisa foi ampliar o entendimento sobre os programas de controle da poluição hídrica da RMSP, trabalhada profissionalmente e academicamente no mestrado, para além das abordagens existentes. Ao mesmo tempo, verificar o quanto se pode aprender com a experiência internacional, tratada de forma insuficiente na grande imprensa e utilizada de forma pouco crítica.

Pretende-se assim, contribuir para enfrentar os **desafios** e vislumbrar, de forma mais clara, **as perspectivas** de continuidade do processo de **recuperação da qualidade das águas rio Tietê da RMSP**.

Para atingir os objetivos definidos e responder às questões colocadas, estruturou-se a tese em cinco capítulos.

O Capítulo 2 trata da Revisão Bibliográfica que aborda, inicialmente, as avaliações críticas das experiências de caracterização do processo de apropriação das águas da Bacia do Alto Tietê (BAT) e as estratégias de recuperação da qualidade de suas águas, particularmente quanto à evolução dos sistemas de esgotamento e de forma semelhante, para a recuperação ambiental do Tâmbora.

A seguir, são repassadas as principais referências bibliográficas tanto sobre os temas da pesquisa quanto sobre as regiões selecionadas e são comentados, criticamente, conceitos básicos sobre variáveis de qualidade, cargas poluidoras, comportamento dos poluentes, análise espacial-temporal de tendências das variáveis e modelagem matemática de qualidade de água.

O Capítulo 3 trata de apresentar a metodologia empregada, iniciando pelos fundamentos teóricos.

Para melhor avaliar as tendências das variáveis de qualidade de água criou-se uma unidade de análise para este trabalho: o Compartimento Sanitário Ambiental (CSA), baseado nas bacias de macrodrenagem de esgotamento sanitário e nos pontos da rede de monitoramento e definiu-se a bacia da Grande Londres como unidade territorial para evitar comparações espúrias (regiões de dimensões muito diferentes).

A seguir, foram definidas as bases de dados utilizadas e a forma de tratamento dos dados. No caso da BAT foi realizada uma avaliação geral de tendências espaço-temporais das variáveis de qualidade para toda a bacia e por CSA, no período 1986 - 2013, em alguns pontos com série histórica e uma avaliação mais detalhada, no período 1998 - 2013.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e os discute frente aos objetivos da pesquisa, o Capítulo 5 sistematiza as principais conclusões e o Capítulo 6 indica algumas recomendações para continuidade das pesquisas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos sobre recuperação dos corpos de água em regiões complexas como a RMSP/BAT, exigem avaliar, de forma integrada, a implantação-operação-manutenção das infraestruturas, os arranjos institucionais necessários, o conhecimento do ambiente, os interferentes quanti – qualitativos, os projetos e ações dos poderes públicos e dos mais diversos setores usuários.

Considerando que há disponível uma rica literatura que estuda as águas da metrópole abordando alguns dos aspectos mencionados, entendeu-se, como citado na introdução, a necessidade de avaliar, a contribuição dos programas de controle da poluição hídrica, em especial, os sistemas de esgotamento sanitário.

Como tais programas envolvem temas, áreas de atuação e/ou interface, emanadas de um ou vários atores, estatais e não estatais, a abordagem adotada visando atingir os objetivos propostos na tese, foi a seguinte:

- Delimitar a abrangência à avaliação dos sistemas de esgotamento sanitário, de controle de poluição e de qualidade de água do rio Tietê na RMSP. Tal escolha também foi motivada pela importância paradigmática que teve e tem as ações visando a recuperação do principal corpo-d'água da metrópole – como retrato da recuperação de toda BAT (e da RMSP) do qual o Tietê é a drenagem principal.
- Considerar os sistemas de abastecimento de água e drenagem urbana na Caracterização da Região para compor o quadro geral de análise e auxiliar nos resultados e conclusões da pesquisa.
- Contextualizar a pesquisa ao longo do processo de constituição da metrópole. Para tanto, foram consultadas diversas referências bibliográficas disponíveis sobre a RMSP e a BAT – trabalhos acadêmicos, publicações técnicas, científicas e de pesquisadores – resumidas em quadros e tabelas ao longo do capítulo, sem a pretensão de “recontar” a história ou elaborar súmula exaustiva de informações que podem ser encontradas nos trabalhos originais.
- Por fim, elaborou-se no item 2.6 do Capítulo 2 uma síntese crítica, de todos os temas abordados, de forma integrada, para dialogar com os resultados e discussões do item 4.2, Capítulo 4 e com as conclusões no Capítulo 5.

## 2.1. A APROPRIAÇÃO DAS ÁGUAS NO PROCESSO DE METROPOLIZAÇÃO DE SÃO PAULO

A estruturação metropolitana de São Paulo, a partir do final do século XIX, confunde-se com a história da concentração espacial do capital e das atividades industriais em São Paulo, mobilizadas inicialmente pela expansão do complexo cafeicultor e, posteriormente, por outros interesses políticos e econômicos.

### 2.1.1. A “conquista” das terras e a apropriação elétrica das águas na formação da “Aglomeração Paulistana”

A localização de São Paulo relativamente ao sistema hidrográfico do planalto paulista tem importância considerável nos primeiros tempos da colonização (PRADO JÚNIOR, 1983). Ocupava terrenos pouco acidentados no alto de uma colina (25 a 30 m, entre 740 e 745 m em relação ao nível do mar), onde hoje é o Pátio do Colégio, no divisor de águas do córrego do Anhangabaú e do rio Tamanduateí, o que garantia segurança ao povoado contra invasores, terras férteis, água em abundância para abastecimento (tanto superficiais como subterrâneas pelo lençol freático raso), solos de fácil escavação e pescado para a alimentação, além de possibilitar grande mobilidade por meio dos rios Tietê e Tamanduateí.

Ainda que não passasse de um núcleo urbano modesto com pouco mais de vinte mil habitantes, São Paulo, por volta de 1860, já era Capital da Província, concentrando funções administrativas, comerciais e culturais. Tal condição, aliada às peculiaridades de sua localização geográfica – na confluência Estrada de Ferro São Paulo Railway, inaugurada em 1867, e apenas a cinquenta quilômetros do porto de Santos – tornou-se estratégica para que a cidade passasse a abrigar funções e serviços necessários à expansão do complexo cafeeiro transferido do Rio de Janeiro para São Paulo, a partir de 1870, e vai constituir a base do sistema urbano paulista (ARAÚJO, et al., 1989).

Esses aspectos permitem dizer, segundo MEYER (2004), que a estruturação metropolitana de São Paulo é o resultado de um processo histórico que envolveu as características físicas e ambientais do planalto paulista e as formas de ocupação urbana. Segundo a autora, o sistema ferroviário polarizado pela cidade de São Paulo, associado ao sistema de bondes e

posteriormente às avenidas e estradas, organizou as forças de expansão metropolitana e reforçou a hegemonia da capital, justificando a afirmação de que São Paulo nasceu metropolitana.

Na virada do século, entre os anos de 1890 e 1900, a cidade de São Paulo amplia sua população em 14% ao ano, uma das maiores de sua história.

As grandes alterações, provocadas pela dinâmica de reprodução da economia cafeeira, particularmente a partir da República (1889), exigiram um segmento urbano mais considerável (OLIVEIRA, 1978) e a estruturação de serviços públicos: sistemas de transporte, geração e transmissão de energia elétrica, construção civil, sistemas de abastecimento de água, serviços de limpeza pública e esgotamento sanitário, entre tantas outras.

As águas do Tietê, já se encontravam poluídas desde o começo do século XX. É sintomática a preocupação do fiscal dos rios do município de São Paulo, Joaquim José de Freitas, expressa ao primeiro prefeito da capital, Antônio da Silva Prado, quanto à poluição do Tietê (TONIOLO, 1986):

*De há muito acompanho pari-passu, as medidas e providências que a administração vai esforçadamente tomando ou planeando para o saneamento da cidade e bem estar de seus habitantes. De há muito me arreio da poluição do Rio Tietê e espero remédio contra este mal. Mas há dois anos este receio se tornou pavor e hoje, sinto a necessidade de chamar a zelosa atenção do Sr Dr Prefeito para que reclame dos poderes competentes a solução deste problema de vida ou morte para São Paulo. Estou convencido que este é o problema mais momentoso de São Paulo... (p. )*

A urbanização transformou rapidamente o meio ambiente de São Paulo e passou a ser sinônimo de modernização, de incorporação de novos valores e hábitos dos países “civilizados”, particularmente para a vida da elite. Esses modelos de urbanização seguiam os padrões técnicos das cidades limpas, higiênicas, arborizadas de Londres e Paris e foram adotados pelos nossos primeiros urbanistas a partir da década de 1920.

As elites e a classe média ocupam a zona central e, posteriormente, a zona oeste (transpondo o vale do Anhangabaú), expandindo-se pelas regiões mais altas, próximas do centro.

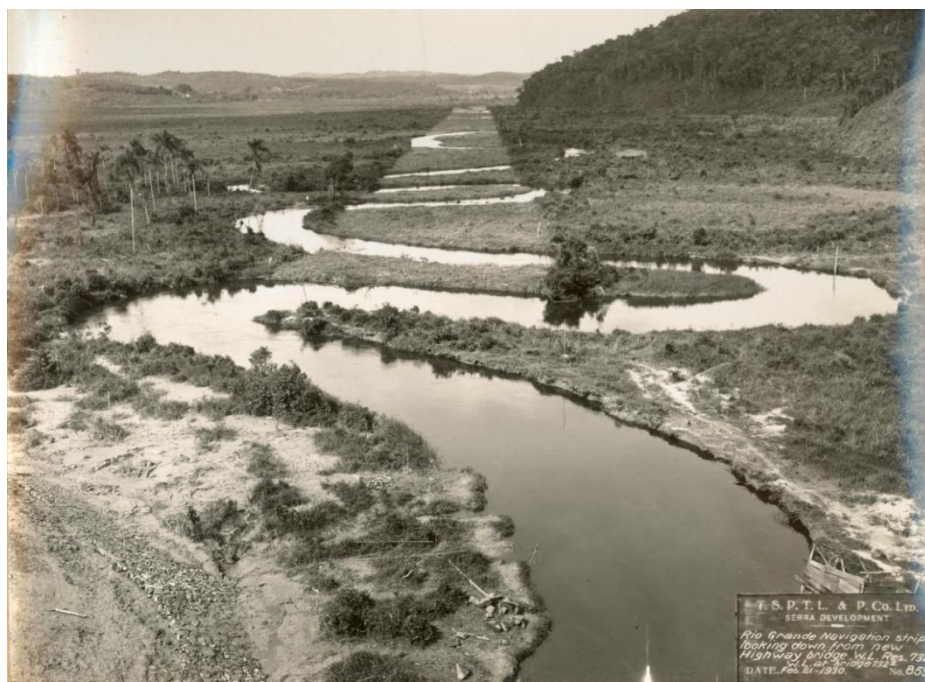
O saneamento das várzeas para implantação da Estrada de Ferro São Paulo Railway, cujos terrenos planos eram bastante favoráveis, propiciou, a partir do final do século XIX, a “conquista” para a cidade das áreas baixas, alagadiças, focos de doenças (em especial a epidemia de febre amarela que grassava na cidade em 1889) pela estagnação de esgotos e acúmulo de detritos. Desde então, sucederam-se planos e projetos de implantação de obras de canalização e de estruturas hidráulicas no rio Tietê e seus principais afluentes (Quadro 1).

**Quadro 1:** Primeiras ações saneadoras das várzeas

| <b>Comissão de Estudos Hidrográficos – GESP (1890)</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Embora a preocupação com a canalização do rio Tietê fosse antiga, a epidemia de febre amarela incentivou providências governamentais no sentido de dessecar e sanear as várzeas dos rios. Em 1890, o GESP nomeou uma Comissão para proceder a estudos dos terrenos e da hidrografia dos rios Tamanduateí e Tietê. |
| <b>Retificação do Tamanduateí (1852 – 1892)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Em 1852, foi realizada a primeira retificação do Tamanduateí na região central (São Bento e Ladeira do Carmo) e, entre 1892 e 1915, novos trechos entre Ipiranga e Ponte Pequena.                                                                                                                                 |

A posterior ocupação destas áreas se tornou um grande negócio, uma vez que em sua condição natural eram caracterizadas por meandros, com baixíssimas declividades de seus talvegues e, portanto, dificuldade para o escoamento das ondas de cheia, criando grandes zonas de inundação, da qual a mais célebre foi a de 1929. A Figura 1 mostra as várzeas do rio Pinheiros em condições normais com seus meandros e a Figura 2, um trecho desse rio, já retificado nos dias atuais, com extensa ocupação das várzeas, visível a partir do traçado original (em azul) ao fundo da imagem.

A área saneada passou a ser explorada comercialmente para a instalação de empreendimentos industriais (fábricas e locais de armazenamento).



**Figura 1:** As várzeas do rio Pinheiros em 1929 (antes das retificações), em condições normais  
Extraído de Águas Claras do Rio Pinheiros - História (2015)





## Quadro 2: A Comissão de Melhoramentos e a Divisão de Rios

Lei Municipal nº 2 644, de 30 de agosto de 1923, organizou a Comissão, sob o comando de Saturnino de Brito (devido às grandes enchentes de 1922-1923). No mesmo ano, a Comissão publica relatório em que propõe: preservação das áreas alagadas (chamadas “coroas”) por meio da retificação do rio Tietê entre Osasco e Penha, a implantação de comportas de regularização e represamento dos formadores do Tietê na altura de Mogi das Cruzes, Jundiaí, Taiaçupeba, Beritiba, Balainho, para conter as enchentes; criação de um parque fluvial urbano metropolitano compreendido pela faixa do leito maior, preservado como várzea ao longo do rio para as grandes vazões do Tietê na época das cheias. Saturnino apontava as necessidades de preservação dos rios Tietê, Pinheiros e Guarapiranga como indispensáveis ao abastecimento de água não só na Capital como de grande parte do interior do estado. Em 1925, a Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), baseada no projeto de Saturnino de Brito, cria a “Divisão” que retomou as obras de retificação do Tietê, paralisadas desde o final do século XIX, no trecho compreendido entre Guarulhos e Osasco (executadas na década de 1940). Apesar do caráter metropolitano do problema, durante as três décadas seguintes, a PMSP executou os trabalhos de retificação do Tietê, dentro do município (desde a foz do rio Pinheiros até a foz do rio Aricanduva).

Segundo DOMINGOS (2013), Saturnino é um dos mais importantes representantes do urbanismo sanitarista brasileiro dessa época, defensor da implantação de soluções tecnológicas que levassem em conta a realidade brasileira (em termos técnicos, sociais e ambientais) <sup>11</sup>.

Ainda no final da década de 1920, a Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê é novamente reestruturada sob a chefia de João Florence de Ulhôa Cintra, no segundo mandato do prefeito José Pires do Rio (1925 a 1928), e propõe modificações nos projetos iniciais de Saturnino de Brito, em especial, o aproveitamento viário e imobiliário da várzea do Tietê com a construção de duas extensas avenidas marginais e de 20 pontes de concreto armado, permitindo a ocupação por loteamentos e logradouros públicos, além da instalação de um grande terminal ferroviário que centralizaria as comunicações com a Capital. Essa mudança de visão, segundo Campos (apud CARVALHO E CAMPOS NETO, 2014), também interessava à Companhia Light que não desejava qualquer medida de controle de vazão das águas dos rios Tietê e Pinheiros, como os previstos na proposta de Brito.

---

<sup>11</sup> Entre tantas realizações, foi o responsável pela adoção do sistema separador absoluto de esgotamento sanitário frente ao sistema unitário inglês, predominante internacionalmente para coleta e afastamento das águas residuárias e drenagem urbana utilizado, inicialmente, em Londres e Paris, por considerá-lo inviável por causa do alto índice pluviométrico de nossas cidades.



A Comissão encomenda estudo a Prestes Maia que propõe o “Plano de Avenidas”. Segundo CAMPOS (2000), o Plano é um documento singular por tratar-se de uma realização individual e um documento oficial da Prefeitura de São Paulo. No primeiro caso, o engenheiro civil e arquiteto Francisco Prestes Maia (1896-1965) expõe seus conhecimentos e opiniões sobre as intervenções urbanas na cidade atualizadas com o pensamento urbanístico internacional e os projetos em pauta na Prefeitura e no setor privado. No segundo caso, apresenta estudo que se torna documento oficial da Comissão da Prefeitura.

A implantação da nova proposta teve início na gestão do prefeito Pires do Rio em 1928, mas devido à crise econômica e política (Revolução de 1930), o Plano fica engavetado e é iniciado e executado parcialmente por Antônio Prado em 1934.

As obras são retomadas em 1938 com a nomeação de Prestes Maia como prefeito da cidade pelo interventor Adhemar de Barros. A execução do Plano contou com a participação direta de Prestes Maia em duas outras passagens pelo executivo municipal como prefeito. O primeiro trecho das marginais foi inaugurado em 1957, os demais durante os anos de 1960 sob a gestão do prefeito Faria Lima (a partir de 1965), à exceção de um último trecho concluído em 1977.

Depois do Plano de Avenidas, as várzeas passaram a integrar os sistemas urbanos: a opção pela retificação e canalização de rios e córregos visava os projetos de parcelamento do solo urbano e a implantação de ruas e avenidas dos programas de melhorias urbanas (TRAVASSOS e GROSTEIN, 2007)<sup>12</sup>

Outra consequência da implantação do Plano que contribuiu no processo de constituição da metrópole foi a descentralização da população para áreas periféricas fazendo-a convergir ao centro todos os dias, com a implantação das linhas de bonde e de ônibus (e posteriormente veículos) pelas ruas e avenidas.

As mudanças na estrutura do Estado e a modernização do parque industrial brasileiro trouxeram as sementes do processo de metropolização da Capital (ARAÚJO, 1989). Em termos espaciais, a partir dos anos de 1940, a expansão territorial da mancha urbana do

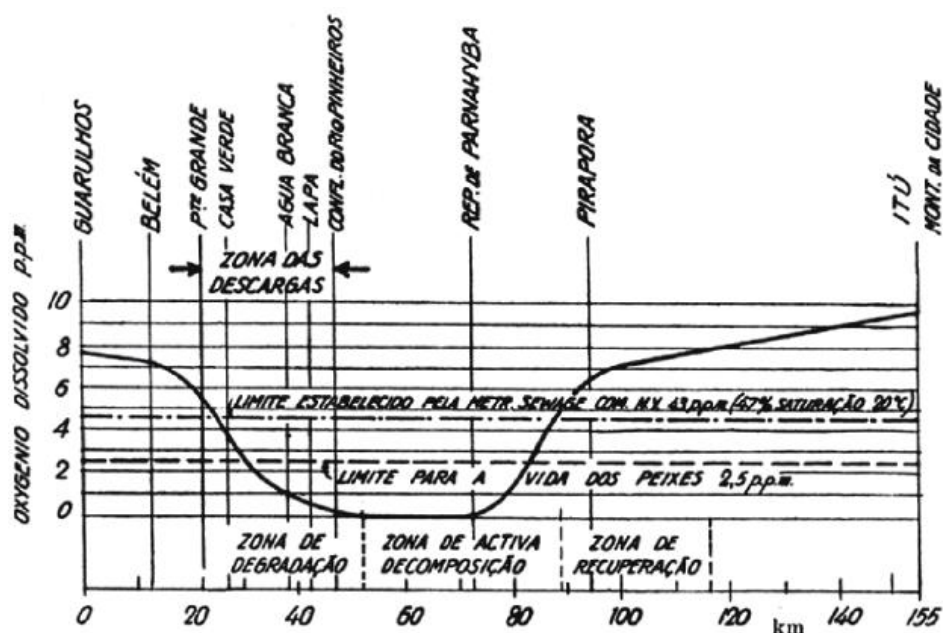
---

<sup>12</sup> A esse propósito, DOMINGOS (2013) destaca, que a drenagem de baixadas e a expansão de áreas urbanas teve início na década de 1930, com a atuação do recém-criado Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e considera o Plano de Avenidas um exemplo dessa fase.

município de São Paulo e dos municípios limítrofes mobilizados pela expansão da atividade industrial vão constituindo a “Aglomeração Paulistana”<sup>13</sup>.

Ampliaram-se as pressões sobre os recursos hídricos da metrópole e sobre a infraestrutura de saneamento disponível: o Tietê passou a servir de veículo para o esgoto industrial e urbano.

Um estudo pioneiro sobre a qualidade do rio Tietê foi o realizado por Jesus Neto entre 1938 - 1946 (ROCHA, 1991) mostrando claramente o efeito do lançamento de esgotos *in natura* a partir do bairro do Belém sobre as concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD): os valores atingiam, em média, de 3,7 mg/L à altura da Casa Verde e aproximavam-se de zero na altura da confluência com o Pinheiros, só vindo a recupera-se a partir de Pirapora (Figura 3).



**Figura 3:** Qualidade da água do Tietê no trecho da Capital (1938)

Extraído de: Boletim da Repartição de Águas e Esgotos, vol. 2, nº 4, dezembro de 1938.

As necessidades energéticas crescentes da nova metrópole, desde os anos de 1930, favoreceram as estratégias de apropriação das águas metropolitanas nos fins do século XIX pela companhia anglo-canadense Light and Power, (concessionária paulista de energia até o fim dos anos de 1960), provocando alterações importantes nos cursos de água da região e impactos no sistema sanitário e de drenagem urbana que também se estenderam até próximo aos dias atuais.

<sup>13</sup> O termo “Aglomeração Paulistana” é utilizado por volta de 1957 (MEYER, 2004) para descrever a metrópole nascente, tanto pela sua extensão espacial e contingente populacional, quanto pela sua relação com os municípios vizinhos (Osasco e Guarulhos, além dos anteriormente citados).

A Light, por meio de uma série de intervenções hidráulicas, “capturou” as águas e esgotos da metrópole, tratados ou não, e por meio de um sistema de barramentos, retificações, canais e bombas elevatórias, as encaminhou para o Reservatório Billings (Quadro 3) de onde eram lançadas no rio Cubatão para gerar energia elétrica na usina Henry Borden na Baixada Santista (Figura 4).

A Light ainda obteria grande lucratividade na delimitação da área de inundação que seria a base para loteamentos de alto padrão.

**Quadro 3:** Apropriação “elétrica” das águas (continua)

| <b>UHE – Santana do Parnaíba (1901)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Em 23 de setembro de 1901, entra em operação a Usina Hidrelétrica (UHE) de Parnaíba, posteriormente denominada Edgar de Souza, com dois geradores de 1 MW. Considerada a “pedra fundamental” da implantação da Light em São Paulo, Edgar de Souza, está localizada 33 km a oeste da cidade de São Paulo nas proximidades da cidade de Parnaíba, onde o Tietê tornava-se estreito e encachoeirado, (região da Cachoeira do Inferno).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Reservatório M’Boi Mirim (1908)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| O reservatório M’Boi Mirim (Guarapiranga), primeiro reservatório construído na região, foi inaugurado em 1908, com a finalidade inicial de regularizar a vazão do rio Tietê e garantir a produção de energia elétrica na UHE – Parnaíba. A partir de 1928, passou a servir como manancial de abastecimento público. A bacia do Guarapiranga, situada no sudoeste da RMSP, entre as latitudes 23°42’ e 23°45’ S e longitudes 46°27’ e 46°42’ W, e a 746,5 m de altitude, ocupa área equivalente 639 km <sup>2</sup> (sendo que a represa representa 4% desta área). Abrange nos dias atuais, os municípios de São Paulo (34%), Embu (7%), Itapeverica da Serra (23%), Embu-Guaçu (24%), Cotia (3%), São Lourenço da Serra (5%) e Juquitiba (1%), concentrando áreas urbanizadas de baixo padrão habitacional. Entre 1980 e 1999, a região da bacia do Guarapiranga teve a sua população ampliada de 332 mil para 650 mil pessoas, dentre as quais 450 mil estão situadas no município de São Paulo. A represa Guarapiranga é o segundo maior sistema produtor de água da RMSP, com capacidade de acumulação de cento e noventa e quatro milhões de metros cúbicos de onde a SABESP retira uma vazão média de 12 m <sup>3</sup> /s de água, responsável pelo abastecimento de cerca de 3 milhões de habitantes na RMSP. |
| <b>UHE – Rasgão - UHE – Henry Borden (1925-1927)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Em 1925, entra em operação da UHE Rasgão, próximo à Santana do Parnaíba, com 22 MW. Em 10 de outubro de 1926, são inauguradas a barragem do rio das Pedras, na vertente marítima, e a Usina de Cubatão (externa), depois denominada Henry Borden. O reservatório Rio das Pedras (27 milhões de m <sup>3</sup> , 25 m de altura e 126 m de comprimento), interligaria o futuro reservatório Billings por um canal de 3,5 km à UHE – Henry Borden, a 713 m abaixo para gerar 24MW. Em 1927, antes de terminar a Usina de Cubatão, a Light foi autorizada a aumentar a capacidade de Henry Borden (Lei Estadual n.º 2.249, de 27 de dezembro de 1927, e Decreto Estadual n.º 4.487, de 9 de novembro de 1928) com a utilização das águas dos rios Tietê – Pinheiros, para o reservatório Billings, formado pelo represamento das águas do rio Grande (também denominado Jurubatuba).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Quadro 3:** Apropriação “elétrica” das águas (continuação)

| <b>Implantação do Reservatório Jurubatuba (Billings) - Início da retificação do rio Pinheiros (1934 – 1940)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>As obras de retificação do rio Pinheiros iniciaram-se em 1934 e o processo de enchimento da Billings foi concluído em 1937. Em 1939, foi inaugurada a elevatória de Pedreira, na barragem do rio Grande, a aproximadamente 25 km da foz do rio Pinheiros revertendo as águas da represa Guarapiranga para a represa Billings. A Light instalou em Pedreira, bombas-turbinas (que podem funcionar como moto-bombas ou como turbo-geradores). A capacidade de reversão da UE - Pedreira é de 270 m<sup>3</sup>/s. A cota da Represa do Rio Grande foi elevada em 14 m, passando a 747 m, aumentando assim, significativamente, a capacidade da Usina de Cubatão sem a necessidade da construção de novas barragens, expediente utilizado pela Light em duas outras oportunidades. Em 1940, a Light inaugurou a UE - Traição, a cerca de 9 km de foz do rio Pinheiros (também sistema moto-bombas), com capacidade de reversão de 280 m<sup>3</sup>/s e, em 1942, a Estrutura do Retiro. Essas modificações deram origem ao “Canal do Pinheiros” com cerca de 25 km de extensão (desde a elevatória de Pedreira até o paredão do Retiro), dividido em duas seções: o Alto Pinheiros (0 – 15,7 km) e o Baixo Pinheiros (15,7 – 25,2 km). O reservatório Billings, com 1,21 bilhão de m<sup>3</sup>, 127 km<sup>2</sup>, área inundada máxima (correspondente a 18,6% da área total da bacia hidrográfica) e tempo de retenção médio de 600 dias, é o maior reservatório de água da RMSP. Sua vazão natural média é estimada em 12,5 m<sup>3</sup>/s.</p> |
| <b>Ampliação e consolidação do Sistema Hidroelétrico da Light - Alto Tietê (1946 – 1961)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>Em 1946, a Light obteve autorização (Decreto Federal nº 2.008 de 29 de outubro) para represar as águas do rio Tietê em Parnaíba (alteada em 6,57 m e a casa de máquinas, transformada em EE). A jusante de Santana do Parnaíba, foi construído o reservatório de Pirapora, represando as águas dos rios Tietê e Juqueri. Em 1952, a UHE - Parnaíba foi demolida, construindo-se em seu lugar o reservatório Edgar de Souza com capacidade para inverter o curso das águas do rio Tietê. Isso permitiu ampliar a UHE - Henry Borden desde 1955 com a construção de usina subterrânea em Cubatão. Com o término das obras em Parnaíba e a retificação do Pinheiros (respectivamente em 1955, 1956 e 1957), começaram a funcionar as bombas de Edgar de Souza e a operar a reversão dos rios Tietê (a partir de Pirapora) e Pinheiros para o sistema Billings - Pedras (por meio do Summit Control e do canal de ligação), sendo lançadas serra abaixo para gerar energia em Henry Borden. Em 1954, a Light construiu a usina Termelétrica Piratininga (potência final de 470 MW), próxima a Traição. A última unidade foi instalada em 1961, completando a capacidade total da usina: 508 MW médios (considerada a vazão média da bacia do Alto Tietê), 450 MW firmes (consideradas as condições de estiagem), 880 MW totais: 460 MW da usina superficial, 420 MW da subterrânea</p>                                                                                                                                                                   |

**Quadro 3:** Apropriação “elétrica” das águas (conclusão)

| Situação atual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A usina elevatória da UHE-Parnaíba foi desativada em 1982 para dar lugar a atual Barragem Edgard de Souza onde foram construídas três comportas de fundo e uma testada de eclusa, com a finalidade de aumentar a capacidade de escoamento do rio Tietê (e minimizar enchentes na cidade de São Paulo). O Sistema Light opera hoje com 15% de sua capacidade em vista das determinações ambientais e legais, apesar do reconhecimento de sua importância estratégica pela ANEEL (KELNNER et al., 2010) devido à proximidade em relação aos grandes centros consumidores, trazendo grande confiabilidade para o sistema elétrico (Figura 4). |



Com o esquema de reversão de vazões Tietê - Pinheiros em direção ao reservatório Billings, os problemas de qualidade da água se tornaram cada vez mais visíveis, seja pelos problemas da gestão do sistema hídrico em si (fluxos e capacidade de dispersão) quanto pela precariedade do sistema de esgotamento sanitário. As crises ampliaram-se a partir daí e tornaram-se mais frequentes com o crescimento espacial da cidade de São Paulo: em 16 de abril de 1936, São Paulo incorporou o município de Santo Amaro, ampliando sua área total em 47,1%.

Durante os anos de 1950, somente 40% da população paulistana tinham rede de esgoto e apenas 50%, rede de água. COSTA RODRIGUES (apud ROCHA, 1991), constata a degradação dos níveis de qualidade das águas do Tietê no final dos anos de 1950 no estudo *Poluição das Águas nas Bacias do Alto Tietê e Cubatão*, em particular no trecho Vila Maria – confluência com o Pinheiros em que os lançamentos somavam 120 toneladas de  $\text{DBO}_{5,20}/\text{dia}$ . Os estudos da empresa americana Hazen and Sawyer sobre os esgotos da RMSP para o Departamento de Águas e Esgotos (SÃO PAULO, 1967) concluíram que toda água que passava por São Paulo é totalmente poluída, exceto a montante de Guarulhos. Até o início dos anos de 1960, o Tietê ainda possuía 6,0 mg/L de OD mg/L até aquela cidade e em partes turbulentas de Guarulhos e do Tamanduateí (ROCHA, 1991). A carga poluidora devido aos esgotos domésticos e industriais lançados nos corpos de água (incluindo as estimativas das áreas não coletadas) representavam 517 toneladas de  $\text{DBO}_{5,20}/\text{dia}$ .

A partir dos anos de 1950, a prioridade era a retirada dos esgotos das casas para jogá-los, sem tratamento, nos rios, tanto que o prefeito Adhemar de Barros passou a interligar as redes de esgoto sanitário da cidade fazendo-as desembocarem no Tietê sem tratamento. Essa prática, entretanto, provocava o curto-circuito esgoto bruto – rios (SÃO PAULO, 1974), ou seja, a transferência dos pontos de lançamento de um local para outro.

A partir dos anos de 1970, consolida-se um impressionante complexo hidro – energético intermetropolitano (Figura 5), articulando as bacias do Piracicaba-Capivari-Jundiaí (PCJ), Alto Tietê e Baixada Santista, por meio do Sistema da Light com as águas “novas” vindas com a implantação do Sistema Cantareira.





Esse sistema promoveu a transposição de águas do PCJ para a bacia do Alto Tietê e desta, em forma de águas residuárias, para a Baixada Santista por meio do Sistema Light.

As consequências ambientais da adoção do “primado” energético para o uso das águas em detrimento dos usos múltiplos, desde meados dos anos de 1950, associadas à insuficiência da coleta e do tratamento dos esgotos, foram cercar a cidade de São Paulo por águas poluídas de todos os lados: Tamanduateí, Tietê, Pinheiros e Billings.

#### 2.1.2. O “padrão periférico” de expansão da metrópole e a degradação da qualidade dos mananciais

O período de 1920 a 1940 assistiu a um crescimento populacional acelerado da Capital e dos municípios do entorno: em 1940, 39,7% da população residia na cidade de São Paulo e 43,5% na RMSP. Entretanto, o período de maior expansão da região metropolitana paulista estendeu-se do final da segunda Guerra Mundial ao início dos anos de 1960. Entre 1900 e 1950, a população de São Paulo aumentou em mais de nove vezes seu tamanho, passando de cerca de duzentos e quarenta mil habitantes para dois milhões e duzentos mil.

O fato marcante é que esse crescimento se dirige para os núcleos suburbanos – em torno de 720.000 habitantes (124% no período) – estabelecidos ao longo das ferrovias e vias de circulação rodoviária e pela consequente absorção destes pela mancha urbana da capital, configurando o chamado “padrão periférico de crescimento”<sup>14</sup>.

A dinâmica demográfica no período 1940 - 1960 esteve influenciada pela queda nos níveis de mortalidade, manutenção dos padrões de alta fecundidade, intensos fluxos migratórios de vários estados do Brasil e do interior do estado.

Em termos espaciais, a implantação da rede rodoviária possibilitou grande desenvolvimento da indústria automobilística – atendendo às mudanças tecnológicas das empresas que necessitavam terrenos maiores para as fábricas – reforçando a concentração industrial ao longo da via Anchieta nos municípios da região do ABC (Santo André, São Bernardo e São Caetano). Até 1970, a concentração industrial em São Paulo e adjacências foram responsáveis por 43,5% do valor da produção industrial brasileira.

---

<sup>14</sup> A rede de transportes baseada inicialmente nos bondes (movidos pela energia de Henry Borden) é fortalecida pela implantação das linhas de ônibus, o que possibilita o adensamento dos vazios entre os bairros isolados e o centro da cidade de São Paulo, alimentada pelo contínuo fluxo de migrantes para a Capital e pela especulação imobiliária.

Esse processo acentuou a extensão de áreas ocupadas pelos usos urbanos, na medida em que o crescimento das atividades secundárias demandou o surgimento de vários tipos de serviços com a alocação de maior espaço para os estabelecimentos industriais e comerciais.

Entre 1950 e 1960, o saldo migratório foi de 1.236.037 pessoas e correspondeu a 60% do crescimento absoluto da população metropolitana (Tabela 1).

**Tabela 1:** Evolução dos saldos migratórios (RMSP, Município e Estado de São Paulo, 1940 - 2010)

| Período   | RMSP      | Capital   | Municípios<br>Periféricos |
|-----------|-----------|-----------|---------------------------|
| 1940-1950 | 801.304   | 629.025   | 172.279                   |
| 1950-1960 | 1.236.037 | 915.891   | 320.146                   |
| 1960-1970 | 2.030.374 | 1.285.343 | 745.031                   |
| 1970-1980 | 2.205.757 | 1.143.946 | 1.151.811                 |
| 1980-1991 | -274.692  | -755.965  | 481.273                   |
| 1991-2000 | 240.259   | -449.535  | 689.794                   |
| 2000-2010 | 179.766   | -430.275  | 610.041                   |

Fonte: Extraído de BAENINGER (2011)

As consequências na infraestrutura são sentidas: na região do ABC, por volta de 1955, a população abastecida com rede de água era muito reduzida e, em sua maioria, obrigada a usar água de poço, geralmente, contaminada por fossas negras.

A expansão populacional e as migrações acompanharam o processo de industrialização da RMSP ultrapassando os oito milhões de habitantes em 1970 quando começaria a ocorrer uma desaceleração do seu crescimento. A partir daí, o crescimento seguiu outro padrão.

Os maiores custos decorrentes da aglomeração metropolitana (congestionamento das vias de transporte, aumento nos índices de poluição das águas e do ar, encarecimento da terra movido pela especulação imobiliária), as restrições legais (leis metropolitanas, de zoneamento industrial, de mananciais etc.) e o ressurgimento do movimento sindical no ABC, acabaram criando as condições para uma descentralização relativa da atividade industrial para o interior. Contribuiu ainda nesta direção, o apoio do Governo Federal via II Plano Nacional de Desenvolvimento - PND (1974-1979), atrelado ao financiamento externo.

O II PND passou a privilegiar as atividades produtivas em outras regiões (Minas Gerais, Nordeste etc.), em particular, o interior do estado de São Paulo, onde as cidades como Campinas, Sorocaba, São José dos Campos, Ribeirão Preto, entre outras, tiveram grande

aceleração do seu crescimento populacional e industrial e se firmaram como novos polos de crescimento populacional, com taxas de expansão demográfica superiores às da capital e da Grande São Paulo.

Boa parte das indústrias que saíram da RMSP (GUARIBA NETO et al., 1988), se localizaram no “Entorno Metropolitano”, região de 150 km de raio em torno da Capital.

Ainda assim, a indústria paulistana ou localizada na RMSP não deixou de crescer, mas passou a fazê-lo a taxas menores que a média nacional.

Entre 1970 e 1980, as taxas de crescimento da região ainda superavam 4% a.a., sendo o comportamento migratório responsável por 50% de seu crescimento absoluto. Nesse período, apenas São Caetano do Sul e Salesópolis registraram saldos migratórios negativos. A capital paulista, por sua vez, recebeu mais de um milhão de migrantes, ou seja, quase a metade das pessoas que se mudaram para o entorno metropolitano (Tabela 1).

O crescimento populacional da RMSP, ainda mais lento, passa por considerável adensamento devido, entre outras razões, às migrações intrametropolitanas que continuam em direções e velocidades diferentes também até os dias atuais<sup>15</sup>.

A partir de 1990, acelera-se no país um movimento de reestruturação produtiva potencializado pela internacionalização maciça decorrente do capitalismo moderno. O nível de concentração industrial na RMSP se mantém semelhante ao de 1985, mas a metrópole converte-se agora em localização privilegiada de sede de grandes empresas industriais<sup>16</sup> e centro de atividades terciárias do país. A concentração do sistema bancário potencializou e induziu a criação e o desenvolvimento de novas atividades de serviços, principalmente ligadas às tecnologias de informação e à gestão dos negócios empresariais e financeiros.

Segundo ARAÚJO (2001), a dinâmica econômica derivada dessa reestruturação tecnoprodutiva produz impactos com graves consequências para a região. As principais alterações ocorridas no mercado de trabalho da RMSP acirraram as dificuldades de inclusão dos trabalhadores na estrutura ocupacional com predominância de ocupações de nível básico, sem qualificação, com menores remunerações e crescente precarização da posição na ocupação com baixa capacidade de geração de ocupações assalariadas com carteira de trabalho assinada. Para a autora (2001), no período 1988-99, houve redução dos ocupados no

---

<sup>15</sup> Um dado revelador é o favelamento e o cortiçamento que atingiram, respectivamente, 7,7 % e 35 % da população total da RMSP, em 1987. Em cem anos o território cresce em 400%

<sup>16</sup> Não ocorre um processo de "desconcentração", mas sim, de reestruturação industrial: várias plantas (ou parte delas) foram transferidas da região e outras ali se instalaram (empresas inovadoras intensivas em ciência e tecnologia).

setor industrial, que representavam cerca de 30% da estrutura ocupacional da RMSP, em 1988, passando para cerca de 20%, em 1999, ampliação de ocupações no setor serviços, em especial, aqueles relacionados à produção e os pessoais/domésticos.

No final da década de 1990, cresceram as dificuldades devido à queda do nível da atividade econômica, repercutindo diretamente nos estratos mais pobres da população, em especial daquela residente nas regiões metropolitanas. A proporção dos pobres na RMSP apresentou trajetória acelerada de crescimento: evoluiu de aproximadamente 27%, em 1995, para 30%, em 1997, chegando próximo a 39%, em 1999, um aumento de 45% em apenas quatro anos.

Esse quadro explica em parte, o processo de esvaziamento do centro e o crescimento da periferia da RMSP. No período 1980/1991, configura-se uma nova dinâmica demográfica:

- O saldo migratório da RMSP passa a ser negativo em duzentos e cinco mil pessoas. O município de São Paulo reverteu seu posto de atração populacional ao registrar uma perda superior a setecentos mil habitantes. Osasco, Salesópolis, Santo André e São Caetano do Sul também se destacaram como áreas de emigração. Carapicuíba, Diadema, Guarulhos e São Bernardo do Campo – a despeito de permanecerem com saldos migratórios positivos – diminuíram significativamente seus ganhos populacionais.
- A RMSP perde importância em relação à população do estado com taxas de crescimento populacional decrescentes, em torno de 1,8% a.a (de 50% nos anos de 1980, para 47,74% em 2007).
- As cidades de Santana do Parnaíba e Vargem Grande Paulista – ambas com população inferior a 100 mil habitantes – são as que mais cresceram, com incrementos populacionais anuais superiores a 5%.

No período 1991-2000 ocorre uma estabilização dos índices demográficos da RMSP, mas o saldo migratório voltou a ser positivo em mais de duzentos e quarenta mil pessoas. No entanto, a tendência geral, ainda que seja uniformemente distribuída no território metropolitano, continua mais intensa na periferia da região (Tabelas 1 e 2). As únicas cidades caracterizadas por expulsar população são: Diadema, Santa Isabel, São Caetano do Sul e São Paulo, que perderam 261 mil migrantes a menos que no período anterior, o que contribuiu para a reversão do saldo migratório. Em particular, os ganhos populacionais em Barueri, Biritiba-Mirim, Caieiras, Cajamar, Guararema, Guarulhos, Mairiporã e Vargem Grande Paulista contribuíram com os resultados positivos dos movimentos migratórios da região.

No decorrer dos anos 2000, o saldo migratório – embora menor que nos anos de 1990, continua positivo. Apenas Diadema, Santo André, São Caetano do Sul e São Paulo marcaram saldos negativos.

**Tabela 2:** Evolução da população total (RMSP, Município e Estado de São Paulo, 1940 a 2010)

| Ano  | RMSP       | Capital    | Estado     | RMSP<br>X<br>Estado (%) | Taxa de crescimento<br>(% a.a.) |         |        |
|------|------------|------------|------------|-------------------------|---------------------------------|---------|--------|
|      |            |            |            |                         | RMSP                            | Capital | Estado |
| 1940 | 1.568.045  | 1.326.261  | 7.180.316  | 21,83                   | 5,44                            | 5,23    | 2,44   |
| 1950 | 2.688.091  | 2.208.543  | 9.134.423  | 29,44                   | 5,93                            | 5,73    | 3,41   |
| 1960 | 4.791.245  | 3.856.913  | 12.979.049 | 36,92                   | 5,56                            | 4,45    | 3,22   |
| 1970 | 8.178.241  | 5.962.856  | 17.771.948 | 46,02                   | 4,38                            | 3,58    | 3,49   |
| 1980 | 12.549.856 | 8.475.380  | 25.040.712 | 50,12                   | 1,86                            | 1,15    | 2,12   |
| 1991 | 15.369.305 | 9.610.659  | 31.436.273 | 48,89                   | 1,68                            | 0,91    | 1,82   |
| 2000 | 17.852.637 | 10.426.384 | 36.974.378 | 48,28                   | 1,33                            | 0,55    | 1,50   |
| 2010 | 19.683.975 | 11.253.503 | 41.262.199 | 47,80                   | 0,44                            | 0,41    | 1,03   |

Fonte: Extraído de BAENINGER, 2011

O município de São Paulo, reforçando a tendência já observada na década anterior, segue expulsando um contingente decrescente de migrantes.

De modo geral, os movimentos migratórios estabilizaram-se nos mesmos padrões apontados entre 1991/2000, com destaque aos saldos registrados pelas cidades médias e intermediárias, além de Guarulhos.

Esse movimento intraurbano reforça o padrão periférico de urbanização, no qual a porção central da metrópole, sobretudo no município de São Paulo, perde população, enquanto os municípios do entorno metropolitano continuam a apresentar taxas positivas o que mantém o crescimento da mancha urbana (incluindo aqui as camadas de maior poder aquisitivo que se dirigem para a periferia da metrópole a partir da década de 1980 em busca de condomínios fechados). A esse respeito, os dados dos Censos do IBGE de 2000 e 2010 (FBHAT, 2013) indicavam que a população dentro das áreas de proteção dos mananciais na Região Metropolitana de São Paulo cresceu 12,36% e que em 2010, moravam 2.421.127 pessoas dentro dos limites dos mananciais.

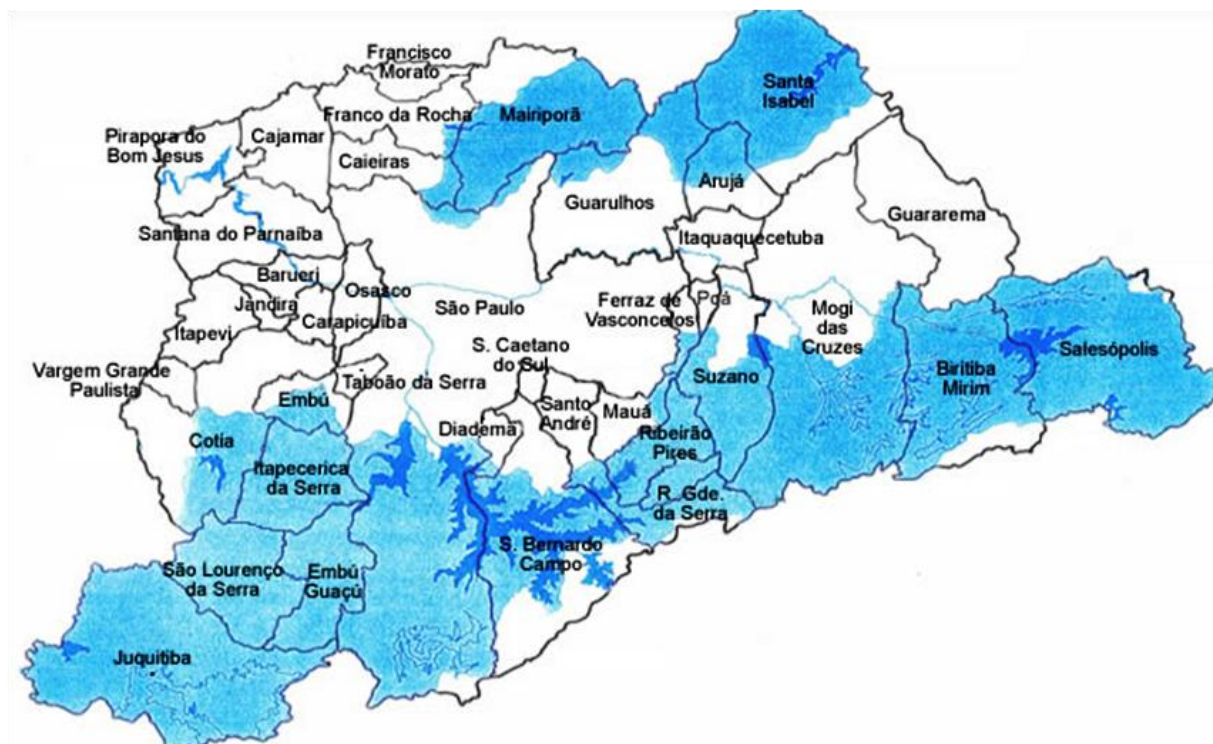
As populações de baixa renda, atraídas pela especulação imobiliária e, em certa medida pelo próprio poder público<sup>17</sup>, se instalam progressivamente nas áreas periféricas da metrópole e passam a morar nas regiões dos mananciais, em particular na região sul (Figura 6). Além disso, nessas regiões, havia disponibilidade de terrenos a preços mais acessíveis, sejam pela precariedade dos sistemas públicos de água, esgotos, vias de transporte, seja pelo incentivo da especulação imobiliária na ocupação de áreas irregulares quanto à legislação de parcelamento do solo e de proteção ambiental.

Outro movimento de expansão na década de 1970 ocorreu inicialmente na direção oeste, devido ao lançamento de empreendimentos imobiliários e terras para o assentamento residencial das classes média - alta e alta, nos eixos das rodovias Raposo Tavares, Régis Bittencourt e, posteriormente, Castelo Branco e, a seguir, em direção à Serra da Cantareira.

A população do município de São Paulo em 2010 atingiu 11.253.503 habitantes. No entanto, na primeira década do século XXI, o centro de São Paulo inverteu a tendência de queda das décadas anteriores: as regiões centrais que tinham perdido 265 mil moradores nos anos de 1990 (a população cresceu a uma taxa de apenas 0,76%), na primeira década de 2000 ganharam 216 mil habitantes (a população cresceu a taxas em torno de 1,2%).

---

<sup>17</sup> A oferta pública de grandes conjuntos habitacionais desde a década de 1960 (mais intenso na região leste) estimulou a autoconstrução na periferia devido à oferta de lotes urbanizados de baixo preço.



**Figura 6:** A RMSP e as áreas de mananciais

Fonte: SIGAM, 2014

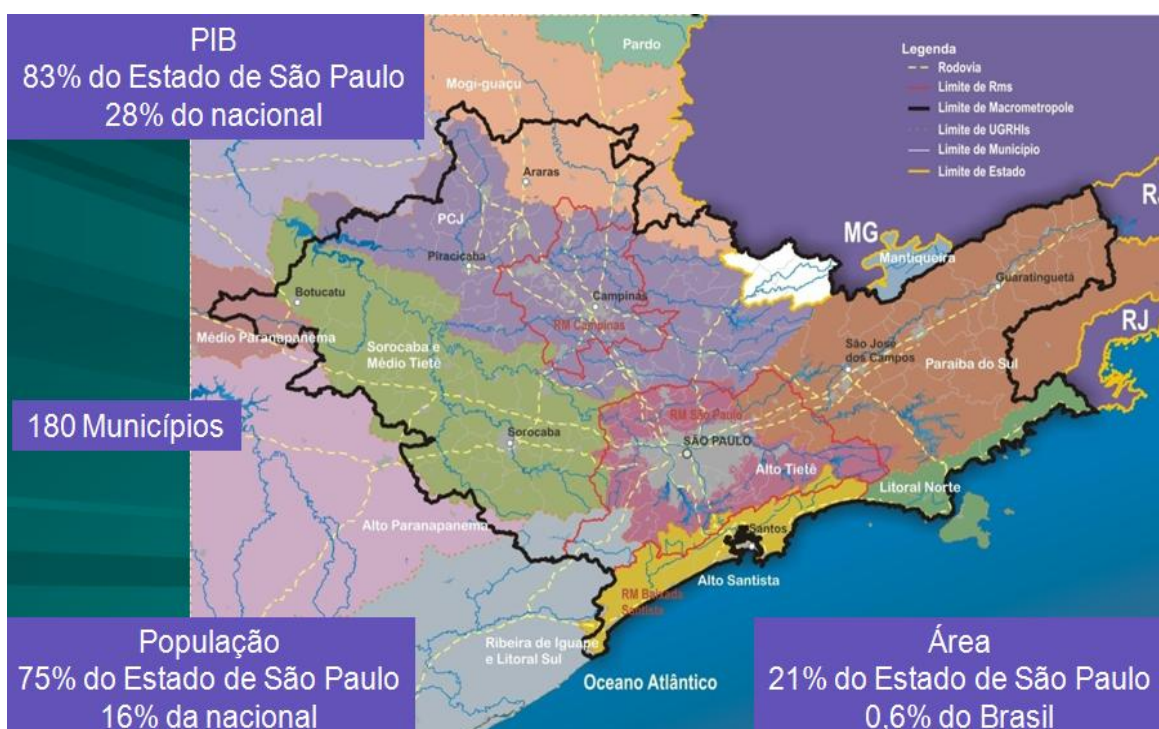
Segundo a SEADE (2012), a dinâmica demográfica paulista vem apresentando diminuição no ritmo de crescimento populacional, resultado da interação entre a queda da fecundidade (cuja taxa atingiu, em 2010, o patamar de 1,7 filho por mulher), ampliação da longevidade (alcançando 71,5 anos para os homens e 78,6 anos para as mulheres), e redução da migração (a taxa diminuiu para 1,2 migrante ao ano por mil habitantes).

Em meados do século XX, o processo de interiorização da indústria consolidou-se e ampliou-se com a maior articulação econômica entre as aglomerações urbanas metropolitanas: São Paulo, Campinas, Santos e Vale do Paraíba, a região de Sorocaba e os municípios em suas áreas de influência. Os estudos da Secretaria de Estado de Meio Ambiente já indicavam, desde 1988, que os problemas socioambientais observados na RMSP poderiam se reproduzir no entorno metropolitano e exigiram

*ações de planejamento regional, de caráter restritivo e corretivo, principalmente no que diz respeito à preservação dos recursos naturais, notadamente a água. Isto exige, naturalmente, uma série de ações concentradas por parte dos órgãos públicos (GUARIBA NETO et al., 1988).*



O Governo do Estado reconhecendo a importância dessa grande área socioeconômica de 52.000 km<sup>2</sup> (21% da área do estado), denominou-a de Macrometrópole Paulista (Figura 7). Segundo SILVA (2008), nesse espaço, o abastecimento de água, a despoluição das águas urbanas, o controle de inundações e o aproveitamento energético, transbordam os tradicionais limites metropolitanos e interagem cada vez mais entre si e com outros sistemas de infraestrutura revelando uma complexidade de escopo.



**Figura 7:** Área da Macrometrópole paulista  
Fonte: Extraído de COBRAPE/CONCREMAT (2013)

## 2.2. ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO E RECUPERAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

A atual configuração dos sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem da bacia do Alto Tietê é produto de inúmeras iniciativas (estudos, projetos, obras), executadas ou não, associadas a inúmeros arranjos institucionais, mais ou menos centralizados, nem sempre articulados entre si que representam a face mais visível da “lógica” do modelo de apropriação das águas metropolitanas. Lógica aqui em destaque para diferenciar-se das constantes

explicações sobre as insuficiências do planejamento no desenvolvimento da metrópole paulista e de suas infraestruturas.

### 2.2.1. Notas sobre a drenagem urbana

Qualquer política metropolitana de recuperação da qualidade ambiental, em geral, e das águas em particular, deve considerar o campo da drenagem urbana, em seus aspectos técnicos (obras e projetos) e institucionais. Assim já o fizeram, entre outros, SANTOS et al. (2002), SEABRA (1987), OSTROWSKY (1989), MATTES (2001), RIBEIRO et al. (2006), CUSTÓDIO (2012).

Baseados em alguns aspectos tratados por esses autores, interessa aqui compreender, de forma resumida, os principais eventos que deram origem ao atual sistema de macrodrenagem metropolitana (SMDM), sua relação com o SES, e depreender as consequências atuais e futuras sobre o processo de recuperação de qualidade das águas.

Um primeiro ponto que vem a tona são os paradigmas tecnológicos sobre a drenagem urbana, adotados desde os fins do século XIX, impulsionados pelo “Plano de Avenidas” de 1930, até próximo dos dias atuais:

- Canalização de rios e córregos com o aumento da condutividade hidráulica, retificações, aproveitamento das várzeas para a construção de vias, pontes, viadutos.
- Intervir em duas frentes relacionadas aos eventos de inundação, em geral, interligados: na drenagem principal da RMSP/BAT, nos rios Pinheiros, Tamanduateí e Tietê e nos rios e córregos da rede hídrica metropolitana.

Se a ocupação urbana até meados do século se deu nas terras “conquistadas” aos rios, de topografia mais suave, a partir de meados dos anos de 1950, com a consolidação do “padrão periférico” de expansão da metrópole, a população, vai progressivamente ocupando as áreas periféricas na margem dos rios ou as de relevo mais acidentado, com solos mais frágeis e sem critérios técnicos:

*Assim, a expansão urbana vem se processando, via-de-regra, através de intensas e extensas terraplenagens e de exposições cada vez maiores e mais prolongadas dos solos de alteração aos processos erosivos, em uma prática nociva e nada criativa do ponto de vista técnico, de privilegiar, persistentemente, a adaptação dos terrenos aos projetos ao invés de adequar os projetos às características naturais dos terrenos (SANTOS, 2002).*

O aumento substancial do coeficiente de *run-off* (relação entre precipitação e deflúvio) gera volumes crescentes de água, que em tempos cada vez menores, escoam para drenagens naturais e construídas, tornando-as progressivamente incapazes de lhes dar vazão, se acumulando na grande extensão da planície meândrica da região (em que a relação entre largura do rio Tietê e sua planície está em torno de 1:40).

Esse período que vai até o início dos anos de 1960, coincide com um momento em que as diretrizes para os sistemas de infraestrutura urbana no país estavam subordinadas aos projetos de parcelamento do solo urbano e de sistemas rodoviários (DOMINGOS, 2013). Novas diretrizes só viriam a ser estabelecidas com a implantação, a partir de 1964, do Sistema Financeiro do Saneamento e da Habitação (SFS e SFH) para implantação de equipamentos em fundos de vale (coletores de esgotos, avenidas).

O agravamento das inundações, associado ao aumento da frequência dos prejuízos sociais causados, leva os poderes públicos a agir mais sistematicamente.

Segundo RIBEIRO et al. (2006) as enchentes serviram ainda de motivação para justificar investimentos que reforçam o modelo vigente, sem maiores contestações. Na visão dos autores, o reconhecimento de uma situação de caos urbano associado ao reconhecimento do caráter prioritário ou emergencial das ações, servia tanto à estratégia discursiva e de ação política para justificar a priorização de investimentos em determinadas áreas da metrópole frente à outras, quanto ao esvaziamento dos mecanismos colegiados criados na década passada para enfrentar os problemas hídricos. As grandes intervenções na drenagem principal são retomadas a partir de meados da década de 1960 com execução de parte das proposições do HIBRACE (Quadro 4) tendo agora o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) como executor.

#### **Quadro 4.** Iniciativas em drenagem urbana na RMSP - HIBRACE

| <b>Plano HIBRACE - COPLAT/GESP (1968)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quanto à drenagem urbana, o HIBRACE definiu a retificação e/ou canalização, limpeza e desassoreamento dos rios Tietê, Tamanduateí, Pinheiros e de seus principais afluentes. O segmento do Tietê entre a ponte velha de Osasco e a barragem Edgard de Souza foi concluído em 1977. Nas cabeceiras do rio Tietê foram projetadas e construídas as seguintes barragens reguladoras e para usos múltiplos (regularização de vazões, abastecimento de água, irrigação, piscicultura e lazer): Ponte Nova (1971), Penha (1983), Jundiá (1989), Canal de Interligação entre as barragens do AT (1992), Biritiba (2001), Paraitinga (2003) Taiaçupeba (concluída em definitivo só em 2008). |

| <b>Retificação do Tietê (1968 – 1969)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A partir do Plano HIBRACE (1968) e do agravamento dos problemas, o DAEE passa a assumir as obras de drenagem na RMSP/BAT. A partir de 1968, retoma a retificação e aprofundamento do leito do Tietê, no trecho a jusante do MSP e a barragem Edgard de Souza, atividade que se repetirá inúmeras vezes daqui para frente.                                                                                                                                                                                   |
| <b>Projeto Várzeas do Tietê - DAEE (1976)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| O Parque Ecológico do Tietê foi criado e inaugurado em 1982. Seu objetivo principal é recuperar várzeas remanescentes na BAT, a montante da Barragem da Penha (70 km e 90 km <sup>2</sup> ) entre São Paulo e Salesópolis (até a nascente), contribuindo para controlar vazão em torno de 498 m <sup>3</sup> /s na barragem, impedir sua ocupação e conferir benefícios sociais, incluindo reassentamento das populações que vivem no entorno das várzeas e melhoria dos indicadores de saúde e ambientais. |

Um momento importante e pouco citado nas referências sobre o tema se deu no início da gestão do governador Franco Montoro, em 1985, quando da aprovação de novas diretrizes para o “Aproveitamento dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo” (BRASIL, 1985), discutida no Conselho de Desenvolvimento da Grande São Paulo (CODEGRAN) e aprovada no âmbito do Comitê Executivo do Comitê do Acordo do Ministério de Minas e Energia e Governo do Estado de São Paulo (MINFRA-GESP).

O documento alerta para a necessidade de uma visão mais integrada da gestão dos recursos hídricos que leve em conta os processos de expansão urbana metropolitana e a necessidade de implantar planejamentos mais articulados visando coerência e objetividade para a atuação dos órgãos envolvidos. Chama ainda atenção, no caso da drenagem urbana, a adoção de novas políticas diferentes dos modelos tradicionais – que sempre enfocaram a solução dos problemas exclusivamente na execução de obras – baseadas na exploração máxima de um eficiente sistema de operação de canais, estruturas, algo que não aparece mais frequentemente nas novas propostas na RMSP.

Por volta de 1986, o DAEE elaborou o projeto “Ampliação da Calha do Rio Tietê”, que abrangia uma extensão 45 km, entre as barragens da Penha e Edgard de Souza, também denominado “Projeto da Calha do Tietê” (o trecho localizado a 4 km a montante da barragem Edgard de Souza é denominado "Trecho ELETROPAULO") com vazões do projeto estimadas na projeção da urbanização da bacia do Alto Tietê para o ano 2005. O projeto ainda estabeleceu regras operacionais para o reservatório de Pirapora em vista dos efeitos a jusante da RMSP.

A PMSP que havia realizado até o fim da década de 1950 as atividades de dragagem do Tietê no trecho do município cria, a partir de 1987, o Programa de Canalização de Córregos,

Implantação de Vias de Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vale (GEPROCAV). Na década dos anos de 1990, a PMSP adota a estratégia de implantar reservatórios de detenção/retenção, como o do Pacaembu, os “Piscinões”. A Comissão Especial de Estudos sobre Enchentes da Câmara Municipal de São Paulo, em seu Relatório Final (1995) propôs a criação de um órgão metropolitano coordenador das diversas entidades envolvidas na problemática da drenagem, além do CBH-AT.

A PMSP elaborou e iniciou a implantação de Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana (PMSP, 2012), onde inclusive trata da questão institucional da drenagem, tema complexo com diversas interfaces: urbanística (plano diretor, uso e ocupação do solo), planejamento e gestão regional (metropolitano e de recursos hídricos), ambiental (intervenção em áreas de preservação permanente e em remanescentes florestais, unidades de conservação), entre outros.

A partir de 1998, o Estado volta a agir em termos metropolitanos com a elaboração e execução do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT), sob a coordenação do DAEE, seguindo as diretrizes do CBH – AT, definidas pela sua Câmara Técnica de Drenagem e Controle de Inundações.

O CBH-AT solicitou a elaboração de um instrumento regulador, referencial técnico e estratégico que condicionasse as intervenções dos municípios e ao mesmo tempo definisse instrumentos políticos, institucionais e econômico-financeiros de viabilização do Plano (CBH-AT, 1998). Suas principais diretrizes eram:

- Planejamento do uso do solo, construção de estruturas de detenção ou de retenção e busca de um enfoque mais integrado dos problemas estruturais e de gestão da drenagem visando superar a fragmentação institucional, gerencial e do processo decisório.
- Alterações conceituais introduzidas no tratamento da drenagem urbana: substituição do princípio de aumento da condutividade hidráulica pelo da vazão de restrição (vazão máxima para os rios principais, condicionando assim a vazão dos afluentes que não poderão ter sua vazão ampliada). O objetivo é manter parte da água precipitada no local de origem visando promover progressivamente e suavemente sua liberação aos rios e minimizar os pico de cheia dos hidrogramas.
- Aparecimento das primeiras diretrizes sobre qualidade das águas de forma expressa, por exemplo, quando cita a manutenção das áreas de retenção/concentração de sedimentos, poluentes e resíduos sólidos nos cursos de água, provenientes da

lavagem que as águas pluviais na cidade, além do seu lançamento direto pela população, a incorporação de cuidados e dispositivos para reter e remover esses materiais (e a busca da administração das situações de excesso e escassez do recursos hídricos, com a previsão de utilizar as águas pluviais para determinados usos).

As características principais dos PDMAT estão no Quadro 5 e Figura 8.

**Quadro 5:** Iniciativas em drenagem urbana na RMSP - PDMAT 1, 2 e 3.

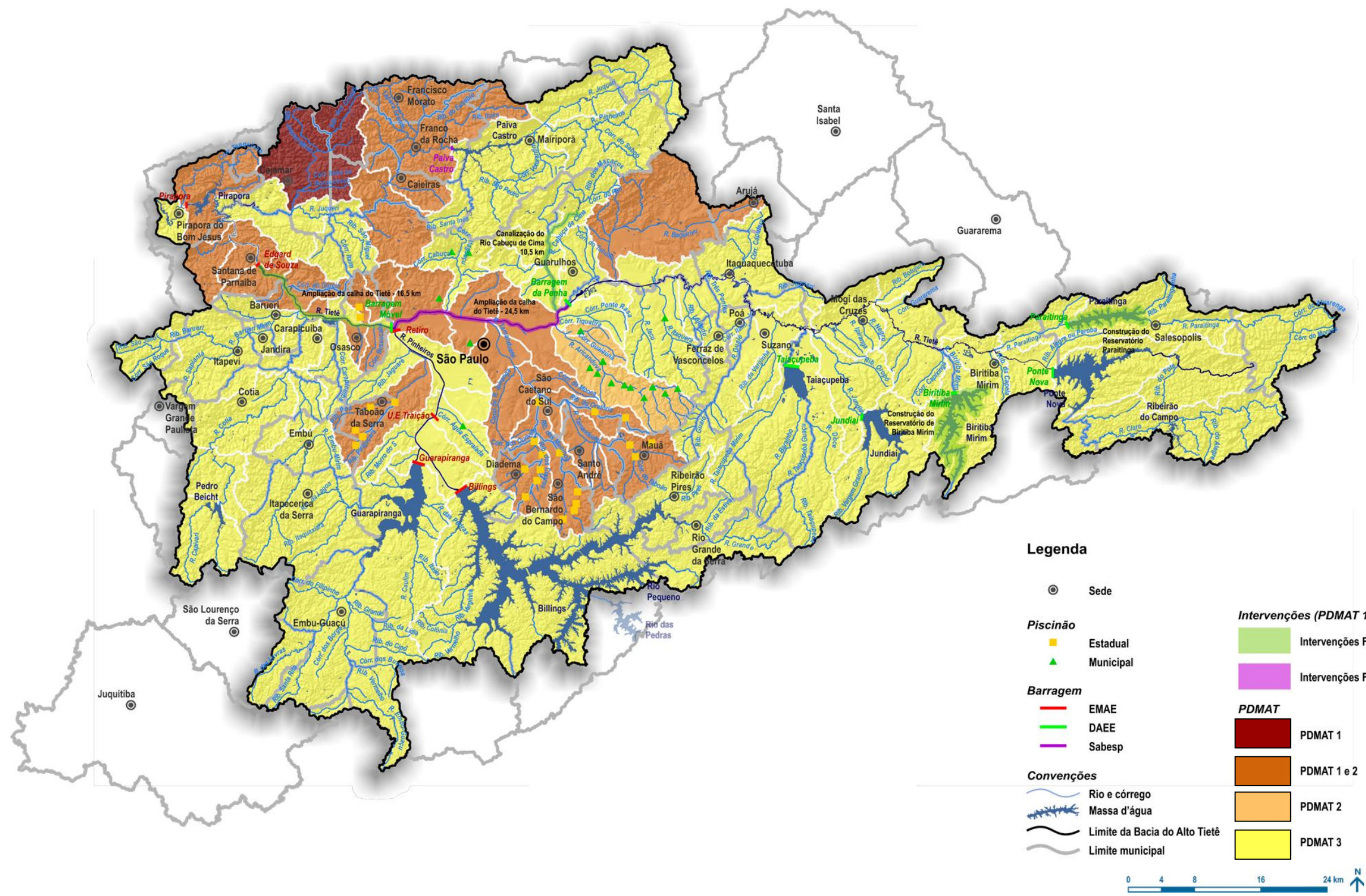
**Planos Diretores de Macrodrenagem para a Bacia do Alto Tietê (PDMAT) – DAEE**

Os PDMAT 1 e 2 foram contratados pelo DAEE, com o Consórcio ENGER-PROMON-CKC e foram concluídos respectivamente em 1998 e 2010. Em 2008, o DAEE contabilizava (DAEE, 2008): 42 “piscinões” implantados, 40 km de ampliação de calha, 10 km de canalização do rio Cabuçu de Cima e 1,5 km do ribeirão Vermelho, construção das barragens no Alto Tietê, totalizando investimentos de R\$ 1,7 bilhão de reais na calha do Tietê e 300 milhões em canalizações e reservatórios. O PDMAT-3 tem objetivo de diagnosticar e analisar o atual sistema de macrodrenagem e propor um conjunto de soluções capazes de reduzir os efeitos das cheias para 5, 10 e 20 anos (2020). Divide a RMSP em três setores de características distintas. Porção mais alta (cabeceiras até o ribeirão Três Pontes), na qual a urbanização está mais concentrada na porção de jusante, porém ainda não apresenta situação crítica e na porção mais a montante, com três reservatórios em operação – Ponte Nova, Jundiaí e Taiaçupeba – na qual, o rio Tietê percorre meandros dentro de extensas várzeas. A porção média, entre o ribeirão Três Pontes e a barragem Móvel (Tietê), na qual as bacias de drenagem encontram-se intensamente urbanizadas apresentando alto grau de impermeabilização dos seus solos. Seus principais afluentes (como o Aricanduva e o Tamanduateí) e, inclusive, o rio Tietê estão total ou parcialmente canalizados. Por tais motivos, as ondas de cheias no trecho são mais frequentes nessa região mais adensada onde há grande quantidade de estruturas hidráulicas, diversidade de condições e forte urbanização – porção mais crítica. A porção de jusante, entre a barragem Móvel e a barragem de Pirapora, região antropizada está completamente adensada (Figura 8).

Outras iniciativas relacionadas à macrodrenagem urbana da RMSP/BAT serão comentadas no item seguinte, no âmbito do Projeto de Despoluição do Tietê.

Ainda em referência aos PDMAT, ARMELIN (2011), comenta que o incremento populacional e a impermeabilização de muitas áreas candidatas para futuros reservatórios dos PDMAT 1 e 2 podem dificultar a continuidade de sua implantação e estão sendo estudadas no PDMAT 3.





**Figura 8:** Ações dos PDMAT 1 -2 -3  
Fonte: Extraído de DAEE (2008)

Quanto aos reservatórios de detenção, a autora alerta para as dificuldades de manutenção, em geral executada pelas prefeituras, tanto por conta dos custos envolvidos, como pelas características técnicas da infraestrutura. Os materiais acumulados podem se tornar fontes potenciais de proliferação de vetores e geração de odores, já que as fontes de poluição e erosão não estão equacionadas.

SANTOS (2014) alerta que os ganhos em aumento da capacidade de vazão com as medidas estruturais de ampliação das calhas perdem-se com o elevado grau de assoreamento a que a rede de drenagem (natural e construída) da RMSP é submetida (Quadros 6 e 7).

**Quadro 6:** Quantidades de material assoreado nos rios Tietê-Pinheiros

| Ano  | Quantidades (m <sup>3</sup> )                                  |
|------|----------------------------------------------------------------|
| 1940 | 120.000 (Tietê - Pinheiros)                                    |
| 1963 | 1.500.000 (Tietê – Pinheiros)                                  |
| 1980 | 4.960.856 (1.163.089 - Tietê e 3.797.767 – Pinheiros)          |
| 2011 | 3.700.000 (3.250.000 – drenagens da RMSP, 450.000 – Pinheiros) |

Fonte: Extraído de SANTOS (2014)

**Quadro 7:** Classificação dos materiais

| Classes de materiais | Descrição                                                                                                                                           | Quantidades (em %) |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Classe I             | Sedimentos argilo-silto-arenosos, provenientes da erosão de terrenos por águas de chuva.                                                            | 95                 |
| Classe II            | Entulho inerte areno-pedregoso proveniente de obras de construção civil, demolições e pequenas reformas e desagregação de pavimentos urbanos.       |                    |
| Classe III           | Restos de madeiras, metais, vidros e plásticos e lixo urbano (papéis, papelão, plásticos, tecidos, vidros, pneus, móveis e outros utensílios etc.). | 5                  |

Fonte: Extraído de SANTOS (2014)

De maneira geral, os impactos qualitativos nos corpos de água dos sistemas de drenagem urbana da RMSP/BAT, seja na alteração de suas características hidrodinâmicas devido ao assoreamento, seja pelo aporte de carga não pontual, só começaram a ser discutidos no PDMAT-3. No entanto, não se observaram estudos mais detalhados sobre como a implantação de sistema tão complexo de barragens – reservatórios – canalizações podem influenciar na qualidade da água, ainda que seja tema a que se socorrem as revisões dos



Planos Diretores de Esgoto (PDE) da RMSP em suas modelagens para justificar as dificuldades de obtenção de resultados mais expressivos na recuperação da qualidade dos corpos de água.

#### 2.2.2. Implantação dos sistemas de esgotamento sanitário: dos primórdios ao SANEGRAN

O Estado de São Paulo, pioneiro da realização de ações voltadas para o atendimento das demandas sanitárias no Brasil, passa a intervir mais diretamente na esfera municipal, a partir dos anos de 1890, com a estadualização dos serviços sanitários.

O início do atendimento público da RMSP data de 1892 por meio da criação da Repartição de Águas e Esgotos (RAE), com foco de ação na Capital.

A “Repartição” assumiu até meados dos anos de 1950, importante protagonismo na área de engenharia sanitária. Contribuiu para a formação de técnicos, implantação das tecnologias do momento (tais como a cloração das águas de abastecimento, novos sistemas de filtração, tubulações de maior diâmetro e de aço) e na execução/contratação dos primeiros estudos para tratamento de esgotos em São Paulo (Quadro 8).

#### **Quadro 8:** Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas: “Partido Billings” - Greeley & Hansen/DAE (1947-1956)

Instalação em 1933 de unidade experimental de tratamento de esgotos na Ponte Pequena onde foram realizadas as primeiras determinações de  $DBO_{5,20}$  e as primeiras experiências práticas com operação de sistema de tratamento de esgotos. O projeto e a implantação da primeira ETE piloto (utilizada para estudos e formação de pessoal), no Ipiranga, capacidade nominal de 80 L/s, coube a Jesus Neto (1937) e deu bases para as primeiras contratações. Em 1947, a RAE abre concorrência internacional, sem sucesso, para o tratamento dos esgotos da RMSP. Somente em 1952, contrata a firma Greeley & Hansen (Chicago) para elaborar o primeiro plano de esgotamento sanitário relativo ao tratamento dos esgotos urbanos e industriais da RMSP.

O Plano Greeley & Hansen, entregue à RAE em junho de 1953, considerou a área compreendida pelos municípios de São Paulo, (com exceção de Perus, Vila Jaguara, Parelheiros, e parte sul do subdistrito de Capela do Socorro), Santo André, São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo e Guarulhos e dividiu a região em Distritos de Esgoto. Os Distritos seguiam as linhas de drenagem do esgotamento sanitário, sempre que possível, nas áreas internas ao município de São Paulo e foram numerados de 1 a 22, a começar pelo

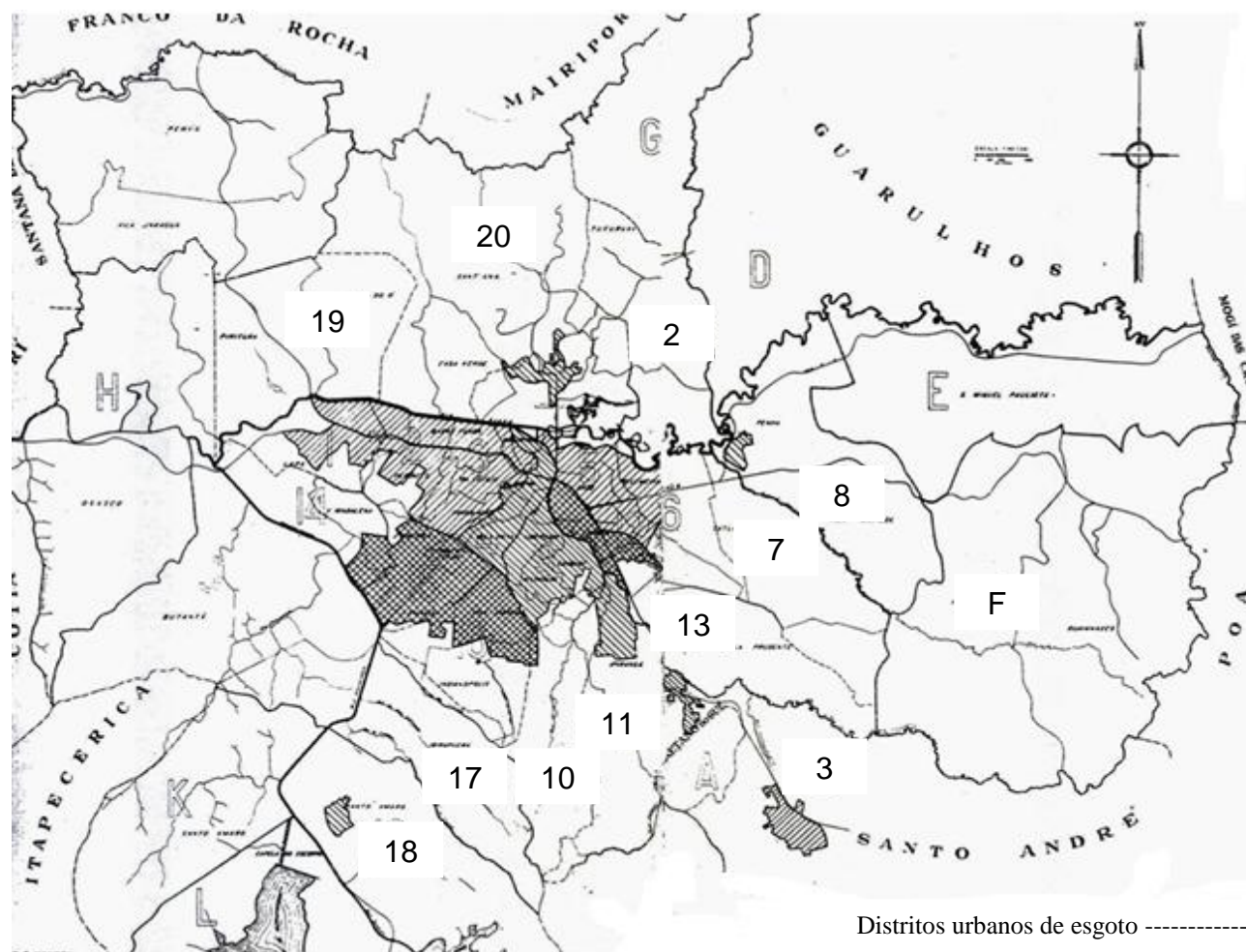
Distrito 1 localizado entre o rio Tietê e a linha divisória de drenagem das bacias do Tietê e Pinheiros (Figura 9). As áreas consideradas importantes, rodeando os Distritos Urbanos, foram denominadas de Distritos Suburbanos de Esgoto e designadas pelas letras de A a L.

As mais próximas da Capital, mais industrializadas, como São Caetano e Santo André, era designadas como A e B, e as demais, de “menor importância”, como Guarulhos e São Bernardo do Campo, eram designadas por C e D e as restantes, por outras letras<sup>18</sup>.

Em termos demográficos, o Plano Greeley & Hansen adotou uma população de projeto de quatro milhões de habitantes em 1975 e cinco milhões no ano 2000, previsões logo superadas. Quanto à concepção do tratamento, propôs a solução clássica de sistema descentralizado, com a implantação de ETEs com tratamento biológico (biofiltros e lodos ativados), localizadas ao longo da área central e a região leste (com baixa ocupação na época), servida por pequenos sistemas isolados (Figura 10).

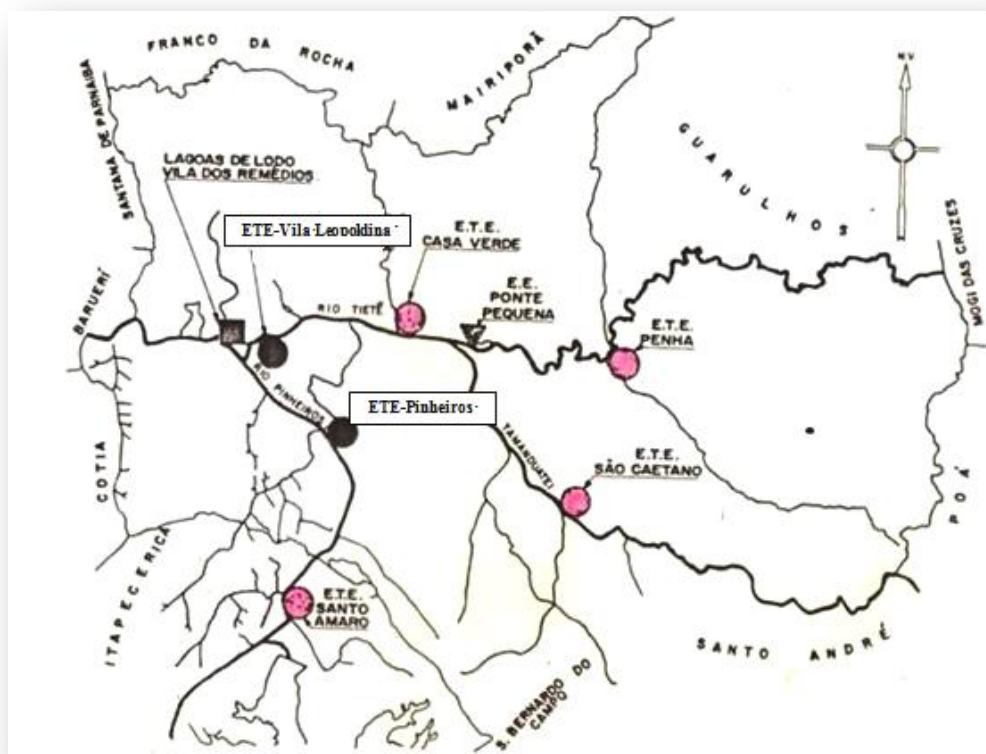
---

<sup>18</sup> Os “Distritos” se tornaram referência para os estudos posteriores sobre a implantação do SES metropolitano, tanto para seleção de alternativas de implantação do sistema de coleta/afastamento de esgotos seja para a localização das ETEs.



**Figura 9:** Proposta Greeley & Hansen  
 Fonte: São Paulo (Estado, 1954)

Distritos urbanos de esgoto ----- Números  
 Distritos suburbanos de esgoto ----- Letras  
 Áreas existentes servidas por redes de esgoto #####



**Figura 10:** Plano Greeley & Hansen (ETEs)

Fonte: São Paulo (Estado), 1954.

A partir do final dos anos de 1940, a RAE passa a sofrer dificuldades no atendimento das demandas sociais ainda comuns nos dias de hoje, devido ao processo de expansão metropolitana: problemas na implantação da infraestrutura na cidade (custo das desapropriações, barreiras físicas), intensificação da especulação imobiliária, proliferação de loteamentos na periferia sem infraestrutura urbana, desenvolvimento movido "ao sabor da iniciativa particular" (WHITAKER, 1954).

As consequências foram a baixa capacidade organizacional, constantes problemas com a recuperação dos custos operacionais por meio da cobrança dos usuários associados à dependência do orçamento geral do Estado, resultando desequilíbrio econômico.

Em resposta, o setor de saneamento paulista inicia uma trajetória de alterações institucionais, muito influenciadas pelo momento político estadual e nacional (descentralização – centralização – democratização) <sup>19</sup>.

O primeiro movimento será a criação do Departamento de Águas e Esgotos (DAE), em 1954. Suas atribuições abrangiam os serviços de água potável e esgotos sanitários dos municípios de São Paulo, Santo André, São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo e Guarulhos (região conturbada com características metropolitanas) e a aplicação dos dispositivos legais contra poluição dos corpos de água. A primeira tarefa do DAE foi levar à frente a empreitada iniciada pela RAE de agir emergencialmente na expansão do sistema de esgotamento sanitário e na recuperação das redes de coleta de esgotos em vista das demandas sociais reprimidas e dos problemas ambientais causados pelo Sistema Light.

Trinta anos após a construção do primeiro interceptor de São Paulo (do centro até Vila Leopoldina por Teodoro Sampaio em 1927) e nove anos após a contratação dos primeiros estudos, São Paulo começa implantar suas duas primeiras estações de tratamento de esgotos: a ETE - Vila Leopoldina, em 1957, (para dois terços da área servida por rede coletora) e, em 1961, a ETE- Pinheiros (com obras interrompidas em 1966 por causa de questões contratuais), inauguradas em 1971, ambas com tratamento preliminar e primário, com capacidade de 1,5 m<sup>3</sup>/s (Figura 10).

A continuidade desse processo é conhecida: contratação de estudos e planos de saneamento para São Paulo e para o entorno metropolitano, cuja implantação sempre foi parcial. Um aspecto diferenciado que merece ser comentado é a criação, a partir de meados dos anos de 1960, de grupos de trabalho e comissões entre órgãos públicos para acompanhar sua elaboração e implantação, seja pela complexidade que os problemas foram adquirindo, seja como consequência do próprio movimento de “modernização” institucional desencadeado.

A questão hídrica continuou a expressar-se de forma cada vez mais aguda em termos socioambientais partir desse período.

As principais razões foram a demora na contratação e execução das medidas previstas nos planos frente à expansão territorial e populacional metropolitanos e o advento de uma grande crise de abastecimento em meados da década de 1950 (em parte provocado por período de

---

<sup>19</sup> Era opinião generalizada nos anos de 1950 entre os sanitaristas brasileiros, a necessidade de criação de órgãos com estrutura administrativa e financeira flexível, que detivessem: um fundo tributário próprio, planejamento de longo prazo e a criação de autarquias (WHITAKER, 1954).

estiagem) que gerou sérios problemas de disponibilidade de águas (quantitativos e qualitativos).

O Governo do Estado enfrentou as crises por meio de duas respostas que exigiram, inclusive, esforços posteriores de coordenação interna (Quadros 9 e 10):

- A contratação, em 1965, por meio do DAE, da empresa Hazen and Sawyer de Nova Iorque, com apoio da United States Agency, para elaborar estudo sobre o SES metropolitano.
- Criação de grupo de trabalho governamental para definir o “Programa Integral de Obras de Esgotos” (solução Hazen Sawyer – HIBRACE).

**Quadro 9:** Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas - “Partido Billings” - HIBRACE

| <b>Consórcio HIBRACE (1964-1968) – DAEE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>O DAEE contrata (1964), consórcio de empresas brasileiras – Hidroservice, Brasconsult e Cesa - organizadas no Consórcio HIBRACE – com objetivo de equacionar os problemas relacionados ao uso e controle das águas na RMSP e na Baixada Santista. O acompanhamento da execução ficou a cargo da Comissão de Planejamento do Alto Tietê - COPLAT (Portaria 600 de 1967) composta pelo DAEE, DAE, Departamento de Obras Sanitárias (que cumpria função semelhante ao DAE para o interior do estado). Em termos do esgotamento sanitário, o HIBRACE apresentava aspectos comuns com a proposta Hazen and Sawyer. Propunha reunir parcela substancial dos esgotos da região do ABC, do setor leste de São Paulo e dos rios Tietê - Pinheiros em vários pontos ao longo dos rios Pinheiros, Tamanduateí e Tietê, transferi-los para a região da Billings onde, através de túneis, seriam transpostos de um braço para outro ou seriam distribuídos ao longo dos três ou quatro principais braços – Cocaia, Bororé, Taquacetuba (os braços seriam barrados e funcionariam como lagoas de estabilização de esgotos). As regiões mais distantes seriam atendidas por três ETEs menores: Rio das Pedras, São Miguel e Suzano.</p> |

**Quadro 10:** Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas: “Partido Billings” - Hazen and Sawyer (1965 – 1967) e Programa Integral de Obras de Esgotos (1969-1971)

| Hazen and Sawyer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>O “Relatório sobre Disposição de Esgotos de São Paulo, Brasil” (julho 1967) aprovou o “Plano 4”, entre uma série de alternativas. O Hazen and Sawyer tomou por base os Distritos de Esgotos do Greeley &amp; Hansen e dividiu a RMSP em uma área interna e outra externa: a interna, composta por seis setores (A a F) e a externa por 10 por setores (G a R), eliminando os setores Juqueri e Alto Tietê por considerá-los fora da região metropolitana. Sugere que os esgotos de toda área, exceto os setores A, G e P seriam reunidos em uma ETE localizada no braço Gucuri da represa Billings, receberiam tratamento primário, e os efluentes seriam lançados na própria represa que funcionaria como lagoa de estabilização. Os setores A e G teriam ETES de nível secundário e os esgotos seriam reunidos no setor P em uma ETE a ser instalada no reservatório rio das Pedras (vertente marítima) para lançamento em Cubatão. O horizonte de projeto foi o ano 2000 quando se previa que a Grande São Paulo teria 15 milhões de pessoas.</p> |
| “Programa Integral de Obras de Esgotos” (1969 – 1971)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Como a elaboração do Hazen-Sawyer e o HIBRACE ocorreram em momento de crise hídrica, sanitária e de mudanças institucionais, o Governo do Estado, além das atividades da COPLAT (HIBRACE), cria um grupo de trabalho encarregado de consolidar as duas soluções (no que tange à solução dos esgotos). O grupo, formado pelo FESB, DAEE e SANESP, com apoio de consultoria internacional contratada, escolheu um conjunto de obras que vieram a se constituir no “Programa Integral de Obras de Esgotos” a ser executado entre 1969 - 1971, para coleta e transporte dos esgotos da RMSP. A execução do Programa ficou à cargo da SANESP.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Em relação aos estudos e propostas do Hazen and Sawyer, vale à pena registrar (SÃO PAULO, 1967):

- A população da RMSP à época era de 5,8 milhões de habitantes, dos quais, apenas 45% possuíam coleta<sup>20</sup>.
- A contribuição *per capita* variou entre 49 - 75 g/hab.dia (exceto no Distrito de Santo Amaro devido às contribuições industriais). As vazões geradas de esgotos estavam em torno de cinco metros cúbicos por segundo (contribuição urbana, do comércio e pequenas indústrias) e a carga poluidora orgânica era de 317 tDBO<sub>5</sub>/dia, sendo 45% de origem industrial.
- As primeiras pesquisas iniciadas no Greeley & Hansen sobre a situação dos efluentes industriais e sua contribuição para a poluição hídrica na região são

<sup>20</sup> Embora, segundo Relatório, o número de ligações tivesse crescido de 11.000 em 1895 para 271.000 em 1966.

aprofundadas e detalhadas por meio de projeto piloto da Companhia Metropolitana de Saneamento de São Paulo (SANESP).

- As porções do Alto Tietê a leste não foram incluídas, quando da definição da área abrangida, porque estavam isoladas da área central da RMSP e teriam efeito “negligível” na qualidade da água no sistema principal do rio (indica, entretanto, a necessidade de tratamento local para evitar futuras “inconveniências públicas”).
- As deficiências existentes (particularmente no SES das áreas centrais) para serem corrigidas levarão algumas décadas, contudo o estudo insiste na ampliação do ritmo das construções e no atendimento das regiões periféricas, “até agora sem nenhum serviço”.
- Avaliação das dificuldades no controle da poluição dos órgãos da época (comentados no próximo item) e recomendação de prioridade para as áreas de drenagem dos mananciais.
- Recomendação da criação de uma nova agência ou autoridade responsável pela administração, financiamento, construção e operação dos sistemas de saneamento (águas e esgotos).

A concepção HIBRACE - Hazen and Sawyer são aqui o que se denomina de “soluções centralizadas - Partido Billings” porque adotam sistema centralizado de tratamento dos esgotos coletados (e não o lançamento de várias ETEs ao longo dos rios metropolitanos) e têm na represa Billings o destino principal dos esgotos, consolidando o uso hegemônico de todas as águas naturais da região ou importadas à ela (como é o caso das águas do Sistema Cantareira, construído a partir da concepção e projetos definidos no Plano HIBRACE).

Em 1970, houve nova alteração nas estratégias como parte de um esforço mais amplo de planejamento para a região realizado pelo antigo GEGRAN (atual EMPLASA) no âmbito do Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado (PMDI). Foi aprovado o Projeto “Solução Integrada” que fazia parte do que aqui foi denominado “Partido Pirapora”, ao propor a reversão do rio Pinheiros a seu curso normal e a drenagem dos esgotos por gravidade para o vale do Juqueri (Quadro 11).



**Quadro 11:** Estudos e ações em saneamento na RMSP/Soluções centralizadas – “Partido Pirapora” – “Solução Integrada” (1971 – 1973)

Propunha que os esgotos da área central fossem tratados nas ETEs do ABC (em nível secundário), Vila Leopoldina e Pinheiros (nível primário) – e área periférica – onde eles seriam tratados na ETE - Suzano (em nível secundário) e lançados no Tietê. Os esgotos remanescentes seriam reunidos na ETE de Vila Leopoldina e enviados para o Vale do Juqueri onde seriam tratados por lagoa de estabilização. Nesse plano, a ETE - Suzano foi projetada para tratar 1,5 m<sup>3</sup>/s, incluindo os esgotos industriais (só a Companhia Suzano de Papel era responsável por 1 m<sup>3</sup>/s). O tratamento no Vale do Juqueri previa o tratamento por lagoa, ou na hipótese de crescimento dessas vazões no futuro, a instalação de ETE de lodos ativados.

A partir de 1964, o Governo Federal iniciou uma estratégia de intervenção no setor de saneamento, gestada de forma lenta e resoluta<sup>21</sup> que redundou, em meados dos anos de 1970, com uma forte centralização institucional: foram criados o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), articulado ao BNH e SFS e, em âmbito estadual, as Companhias Estaduais de Saneamento. Em São Paulo, a SABESP criada em 1973, reformula imediatamente os projetos e as políticas em andamento: cancela as obras da “Solução Integrada” em 1975 e contrata empresas privadas que buscaram apoio de consultores internacionais de renome para propor e aprovar, em 1976, o “Plano de Saneamento da Grande São Paulo” (SANEGRAN).

O SANEGRAN, aprovado e tornado público em 28 de dezembro de 1976, graças a um número especial da Revista do DAE de 1977 (GOVERNO DO ESTADO, 1977), visava tratar 98% dos esgotos coletados na área urbana da RMSP até o ano 2000. Para tanto, retoma solução do tipo “Partido Billings” (como o HIBRACE e o Hazen and Sawyer) para o aproveitamento elétrico das águas.

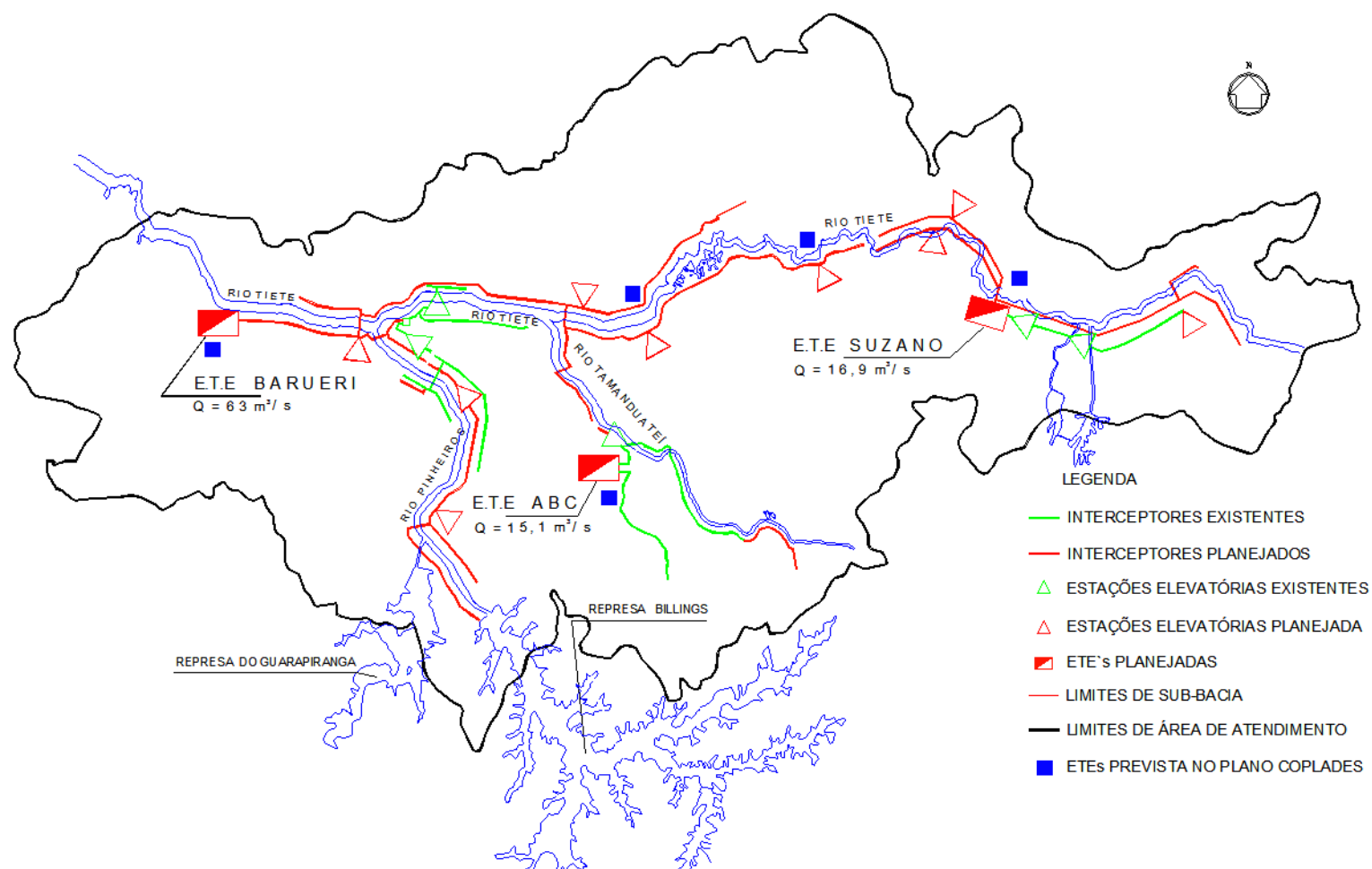
O Quadro 12 resume os principais indicadores do Projeto e a Figura 11 ilustra o SES.

---

<sup>21</sup> Foi época da criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1968, do Sistema Financeiro do Saneamento (SFS), para mobilizar recursos e aplicá-los em saneamento. A partir de 1969, o BNH passou a gerenciar o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço - FGTS, base do SFS.

**Quadro 12:** Indicadores do SANEGRAN

| Indicadores                                                                | Descrição                                                                                                            | Valores           |                   |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                            |                                                                                                                      | 1975              | 2000              |
| Investimentos<br>(mil U\$) e obras                                         | Redes coletoras e coletores tronco – 1.967 km                                                                        |                   | 1.916             |
|                                                                            | Interceptores e elevatórias – 171 km                                                                                 |                   | 409               |
|                                                                            | Três ETEs, sendo, ETE-Suzano: 16,9 m³/s, ETE-ABC: 15,1 m³/s, ETE-Barueri: 63 m³/s                                    |                   | 1.967             |
|                                                                            | Total                                                                                                                |                   | 4.292             |
| Habitantes/dom.                                                            | Taxa média obtida do censo de 1970                                                                                   | 4,5               |                   |
| <i>per capita</i><br>(l/hab.dia)                                           | População de baixa renda (áreas periféricas) ou cidades com desenvolvimento incipiente                               | 150               | 150               |
|                                                                            | População de classe média com menor renda ou em áreas periféricas com atividade comercial de certa intensidade       | 200               | 200               |
|                                                                            | População de classe média superior ou inferior em áreas com intensa atividade comercial e certa atividade industrial | 300               | 300               |
|                                                                            | População de classe alta ou áreas centrais com intensa atividade comercial e de serviços                             | 400               | 400               |
| População total                                                            | Habitantes na RMSP (estimada em 1975)                                                                                | 9.669.609         | 23.594.020        |
| Coeficiente de retorno                                                     | Esgoto/água (adotado do Hazen Sawyer)                                                                                | 0,85              |                   |
| Concentrações<br>médias (a partir<br>dos resultados da<br>ETE do Ipiranga) | DBO (mg/L)                                                                                                           | 250               | 300               |
|                                                                            | DQO (mg/L)                                                                                                           | 450               | 450               |
|                                                                            | Sólidos em suspensão totais (mg/L)                                                                                   | 250               | 300               |
|                                                                            | Coliformes (NMP)                                                                                                     | 3x10 <sup>8</sup> | 3x10 <sup>8</sup> |
| Taxa de Infiltração                                                        | L/s (por km de coletor)                                                                                              | 0,6               |                   |
| Vazões médias<br>(m³/s)                                                    | Esgoto doméstico                                                                                                     | 11,7              | 74,2              |
|                                                                            | Infiltrações                                                                                                         |                   |                   |
|                                                                            | Esgotos industriais (Censo Industrial do IBGE de 1960 e 1970 e dos estudos Hazen – Sawyer)                           | 9,3               | 24,2              |
|                                                                            | Total                                                                                                                | 21,0              | 98,4              |
| Cargas poluidoras<br>em DBO<br>(tDBO/dia)                                  | Esgoto doméstico+Infiltrações                                                                                        | 253,3             | 1.924.286         |
|                                                                            | Esgotos industriais                                                                                                  | 271,8             | 672.152           |
|                                                                            | Difusas: Deflúvio+Áreas não esgotadas                                                                                | 88,9              |                   |
|                                                                            | Total                                                                                                                | 614,0             | 2.597.052         |



**Figura 11:** Concepção geral do Plano Diretor SANEGRA  
 Fonte: Extraído de ANDRIGUETTI (2000)

A SABESP só executou a primeira etapa do SANEGRAN entre 1977 e 1983. As obras foram praticamente paralisadas em meados dos anos de 1982, em meio à crise financeira e grandes protestos sociais, particularmente da Comissão de Defesa da Billings.

ROCHA (1991) faz análise que pode muito bem resumir a situação a que chegou a apropriação social das águas da metrópole naquele momento, com reflexos até hoje:

*O deplorável estado a que chegou o Tietê, como vimos, foi inicialmente devido a óbvia preocupação com a produção de eletricidade em detrimento do saneamento. Posteriormente, a situação agravou-se por uma série de transtornos circunstanciais: escassez perene de recursos financeiros ou má destinação dos recursos disponíveis, tarifas de serviços insuficientes, existência de mananciais alternativos, ausência de fatos epidêmicos atribuídos à falta de tratamento de esgotos ou pela falta de registros confiáveis, eficiência dos tratamentos e desinfecção, propiciando a depuração e fornecimento de águas potável, conformismo em face do desconforto, ausência de vontade política e, bem que no início do século se preconizasse os múltiplos usos da água sob as pressões que aconteceram, exaustivamente aqui comentadas, passou-se a ter falta de conhecimentos não se estabelecendo uma tradição para a preservação dos recursos hídricos.*

### 2.2.3. Políticas de controle de poluição das águas

O controle da poluição das águas só se tornou questão política em meados da década de 1970. Não que os problemas não existissem, mas não eram equacionados como tais pelas classes sociais hegemônicas (OLIVEIRA, 1995)<sup>22</sup>.

O fato marcante em termos da política metropolitana de águas foi o surgimento da questão "poluição das águas" através de demandas do setor produtivo.

---

<sup>22</sup> PEZZOLO (1982) comenta a esse respeito, que desde meados do século XIX, havia a preocupação do governo imperial e, posteriormente dos municípios, em adotar normas sobre a drenagem de pântanos e localização/disciplina de certas atividades (como curtumes e matadouros, óleos e sabões) responsáveis pelo lançamento de “águas infectas e depósito de imundícies”. A preocupação era não permitir o agravamento da “corrupção” da salubridade das águas e da atmosfera dos moradores das cidades. Segundo o autor, a publicação do Código Sanitário paulista em 1894 foi uma evolução normativa, embora sua aplicação fosse limitada pela precária estrutura técnica e administrativa dos órgãos públicos (PEZZOLO, 1982). Outra menção significativa sobre o controle de poluição hídrica pode ser encontrada no Código de Águas de 1934 (artigo 109 e 110 do Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934) ao estabelecer que “a ninguém é lícito conspirar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros” e ainda impunha que, “os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores...” (BRASIL, 2015).

### 2.2.3.1. Primeiras iniciativas

O agravamento dos problemas de poluição hídrica derivados do processo de constituição da RMSP, a partir de meados dos anos de 1940, provocou a adoção das primeiras iniciativas institucionais no começo da década seguinte.

Em 1953, por meio da Lei nº 2.182, de 15 de julho, foram criados o Serviço de Controle de Poluição de Água (SPCA) e o Conselho Estadual de Controle da Poluição (CECPA), composto este último pelas entidades que articularam a lei, com atribuição de definir as diretrizes, o regulamento e a implementação da política.

Em 25 de julho de 1955, por meio do Decreto Estadual nº 24.806, foi instalado o CECPA e aprovado o primeiro sistema de classificação dos corpos de água de São Paulo (Quadro 13), regulamentado por meio de Portarias. O CECPA estabeleceu para os rios da bacia do Alto Tietê a seguinte classificação:

- Portaria nº 6 de 21 de setembro de 1955, a classificação das águas do Tamanduateí na classe 5.
- Portaria nº 7 de 21 de dezembro de 1955, a seguinte classificação para os demais corpos de águas:
  - Trecho a: até o rio Itaquera, em classe 3;
  - Trecho b: do rio Itaquera até o Rio Tamanduateí, em classe 4;
  - Trecho c: do rio Tamanduateí até a barragem de Pirapora, em classe 5.

**Quadro 13:** Primeiro sistema de classificação dos corpos de água no Estado de São Paulo (1955)

| Classe   | Condições de lançamento                         | Condições de uso                                                                                          | Padrões      |               |                                 |      | Observações                                                                                     |
|----------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|---------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                 |                                                                                                           | OD<br>(mg/L) | DBO<br>(mg/L) | Coliforme fecal<br>(NMP/100 mL) | pH   |                                                                                                 |
| <b>1</b> | Não é permitido lançamento de qualquer natureza | Fins potáveis                                                                                             | 7            | 1             | 50                              | 5-10 | Qualquer dia                                                                                    |
| <b>2</b> | Efluentes depurados                             | Fins potáveis com simples desinfecção                                                                     | 6            | 2             | 50*                             | 5-10 | Uma amostra eventual pode superar                                                               |
| <b>3</b> | Efluentes depurados                             | Fins potáveis com tratamento convencional                                                                 | 4            | 3             | 2000                            | 5-10 | Média mensal em mais de cinco amostras                                                          |
| <b>4</b> | Efluentes depurados                             | Idem com desinfecção prévia, irrigação de vegetais a serem cozidos, piscicultura e dessentação de animais | 4            | 3             | 2000                            | 5-10 | Admite alguma substância tóxica; cheiro e gosto não objetáveis; não constituem perigo potencial |
| <b>5</b> | Escoadouros naturais de esgotos                 | Vedado para fins potáveis, permitido uso industrial                                                       | <4           | >4            | Sem limite                      | 5-10 | Idem anterior                                                                                   |
| <b>6</b> | Esgotos a céu aberto                            | Transporte e diluição de despejos                                                                         | -            | -             |                                 |      | Características inferiores à classe 5                                                           |

Fonte: CETESB, 1986

A Portaria nº 8, de 15 de dezembro de 1955, classificou todas as águas interiores do Estado, exceto as das Portarias nº 6 e nº7, na classe 4.

Essas primeiras normas refletem os interesses desenvolvimentistas do Estado de São Paulo à época que levaram os membros do CECPA a definir as classes 5 e 6 – “escoadouros naturais de esgotos” e “esgotos a céu aberto” e a enquadrar os corpos de água do interior na classe 4 e grande parte do Tietê e Tamanduatéi nas classes 4 e 5.

#### 2.2.3.2. Poluição das águas metropolitanas e as demandas do setor produtivo

Em dezembro de 1954, a região do ABC paulista assistiu ao lançamento da “Refinaria e Exploração de Petróleo União S/A” (Refinaria União), posteriormente denominada de Refinaria de Capuava (RECAP), instalada com aporte de capitais privados<sup>23</sup> em Capuava, distrito de Mauá (antes pertencente a Santo André).

A crescente demanda nacional de produtos petroquímicos finais tendo São Paulo como maior consumidor (cerca de 2.400 indústrias de ponta), associada a outros fatores estratégicos<sup>24</sup>, levou a um grupo de grandes empresas – Phillips Petroleum (substituída por uma subsidiária da Petrobrás, a Petroquisa), Grupo Ultra, Refinaria União (Soares Sampaio) e Grupo Moreira Salles – a planejar, a partir de 1967, a construção de um polo petroquímico associado à RECAP. Em 1972, entrou em operação, a Petroquímica União (PQU) com 70% de suas áreas localizadas em Santo André, 30% em Mauá (KLEIN, 2011).

Depois do início das atividades da RECAP em 1955 e o intenso crescimento da região do ABC, agravaram-se os problemas de disponibilidade hídrica do rio Tamanduatéi, em termos quantitativos e qualitativos: as vazões diminuía ano a ano por conta do aumento do consumo do parque industrial, da perda de vegetação das nascentes e margens do rio e pelo lançamento de efluentes e resíduos urbanos e industriais (OLIVEIRA, 1995).

As ações do SCPA e do CECPA foram pouco efetivas no enfrentamento da degradação ambiental e da qualidade das águas. As críticas mais comuns eram sobre a multiplicidade de órgãos envolvidos, falta de recursos humanos e materiais, lentidão nos procedimentos, além de observações quanto às limitações técnicas.

---

<sup>23</sup> O investimento inicial foi de cerca de 600 milhões de cruzeiros em ações preferenciais de Alberto Soares Sampaio e do banqueiro Walther Moreira Salles, resultado de uma concorrência aberta pelo Conselho Nacional de Petróleo (KLEIN, 2011).

<sup>24</sup> Localização privilegiada entre os municípios de Santo André e Mauá, terreno disponível adjacente à Refinaria, transporte por dutos tanto da nafta quanto dos derivados de petróleo, que deveriam retornar à Petrobras a fim de serem incorporados aos combustíveis.

Os industriais de Mauá mobilizaram-se para fazer frente à situação recorrendo ao prefeito de Santo André que articulou encontros com os membros do CECPA e executou os primeiros levantamentos cadastrais sobre as fontes poluidoras.

Tais iniciativas deram origem ao primeiro órgão que pode ser chamado de ambiental no Brasil, a CICPAA e, na sequência, à apresentação e execução do primeiro Plano de Controle de Poluição do Estado de São Paulo em 1969 (Quadro 14).

**Quadro 14:** Controle de poluição/ arranjos institucionais - primórdios

| <b>CICPAT (1960)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A Comissão Industrial de Controle de Poluição das Águas da Bacia do Tamanduateí - CICPAT, iniciativa do prefeito de Santo André, era integrada pelos municípios da região (São Caetano, São Bernardo, Mauá). Apesar do apoio de indústrias (Mercedes Benz, Rodhia, Firestone, Matarazzo e Petroquímica União), o início dos trabalhos só foi possível com aporte de recursos da Prefeitura de Santo André.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>CICPAA (1960)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| A CICPAT foi transformada em Comitê Intermunicipal de Controle de Poluição das Águas e do Ar - CICPAA, embrião da primeira agência para o controle de poluição ambiental do Brasil, a partir da articulação entre Estado – indústrias – prefeituras do ABC.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Reestruturação institucional: FESB e o 1º Plano de Controle de Poluição (1968 – 1969)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| O Fundo Estadual de Saneamento Básico – FESB (Lei nº 10.107 de 8 de maio de 1968) passou a dinamizar a aplicação de recursos e suprir o apoio técnico necessário, por meio do Centro Tecnológico de Saneamento Básico - CETESB (Decreto nº 50.079 de 24 de julho de 1968). Ainda em 1968 são transferidas as atribuições do CECPA para o FESB (Decreto nº 50.592 de 29 de outubro) e elaborado o 1º Plano Estadual de Controle de Poluição das Águas em conjunto com técnicos da Secretaria de Serviços e Obras Públicas e o apoio do Diretor da Divisão de Recursos Hídricos do Estado de Nova York (como consultor da Organização Panamericana de Saúde). A execução do Plano ficou a cargo do FESB que em 1969 transformou-se em autarquia – Fomento Estadual de Saneamento Básico. A partir de 1970, a Diretoria de Controle de Poluição das Águas do FESB assume a atribuição de preservar os recursos hídricos do Estado e, desde aqueles anos, o Comitê Técnico de Controle de Poluição das Águas (CPA) passa a atuar junto ao FESB, como órgão colegiado, com a representação da indústria e entidades governamentais. |

2.2.3.3. Novos arranjos institucionais: a criação e as transformações da CETESB

O controle da poluição implantado a partir do final dos anos de 1970, apesar das deficiências apontadas, vai se consolidando. Ocorrem inúmeras modificações (Quadro 15), baseadas no



modelo americano de padrões, licenças e zoneamentos, que têm seus pontos altos em 1971 com a criação da CETESB e em 1976/1977 com a publicação da legislação básica de controle de poluição e suas primeiras regulamentações.

**Quadro 15:** Controle de poluição/arranjos institucionais: CETESB e edição de normas legais (1970 – 1977)

Em 1970, são aprovadas normas legais sobre a proteção dos recursos hídricos do Estado contra agentes poluidores (Decreto-Lei nº 195 - A de 19 de fevereiro e Decreto nº 52.490 de 14 de julho), incluindo nova classificação dos corpos de água, padrões de emissão de efluentes, sistema de fiscalização e penalidades entre outros aspectos. Em 1971, é criada a CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico e Controle de Poluição – (Lei Estadual nº 118 de 29 de junho de 1973) – que passa a assumir todas as responsabilidades na preservação dos recursos hídricos no Estado de São Paulo (a Superintendência de Poluição e Controle das Águas atua como instância semelhante ao CPA). Com base nos estudos do CPA, foram aprovados os primeiros enquadramentos abrangendo 50% dos rios do estado de São Paulo, por meio do Decreto nº 52.864 de 17 de janeiro de 1972, e, em 1975, elaborada proposta para o enquadramento dos demais. Entretanto, em 31 de maio de 1976, foi publicada a Lei nº 997 sobre prevenção e controle da poluição que estabelece, entre outros aspectos, a classificação dos corpos-d'água, os padrões de emissão para efluentes e qualidade das águas. Suas primeiras regulamentações são o Decreto nº 8.468 (8 de setembro de 1976) e o Decreto nº 10.755 (22 de novembro de 1977), este último, estabelecendo o enquadramento dos corpos de água no estado de São Paulo segundo as determinações da Portaria nº 013/1976 da Secretaria Especial do Meio Ambiente. O arcabouço legal implantado a partir de 1976, inova ao criar sistema preventivo e corretivo de controle de fontes de poluição, em especial as fontes de poluição industriais, por meio de um sistema de licenciamento ambiental centralizado em um órgão, a CETESB.

O Decreto nº 10.755/1977 sofreu críticas logo após publicação, sendo as mais contundentes as realizadas pela SABESP que diz não ter sido consultada. Entre elas, é digna de nota a observação de que o enquadramento aprovado ignorou o Plano SANEGRA e, portanto, deveria enquadrar as águas do corpo central do reservatório Billings (classificado como classe 1) no trecho imediatamente após a elevatória de Pedreira, na classe 4, tal como foi definido para o reservatório Edgard de Souza (classe 4), enquanto perdurasse o regime operativo do bombeamento das águas do Alto Tietê (ABREU, 1985). As razões eram a significativa poluição difusa e a contaminação do lodo. Em decorrência, os braços daquela represa deveriam ser barrados, separados do corpo central e classificados como classe 2 (são classe

1). O autor ainda comenta que a reação da SABESP deu origem a dois dispositivos legais que não prosperaram quanto à sua execução:

- Publicação da Portaria Interministerial nº 001 de 23 de janeiro de 1978 que recomenda que a classificação e o enquadramento de águas federais e estaduais para efeito de controle de poluição deverão levar em conta as condições existentes de produção de energia hidrelétrica e navegação (objeto de concessões federais).
- Aprovação do Decreto Estadual nº 11.213 de 21 de fevereiro de 1973 criando comissão para reexaminar o enquadramento

Em 1973, é avaliado o 1º Plano Estadual de Controle de Poluição das Águas de 1968, cujos principais aspectos (alguns semelhantes a 1955) são os seguintes:

- Os “bons resultados” quanto ao cumprimento das obras e atividades de coleta e tratamento de esgoto pelas indústrias, mas não pelos órgãos públicos.
- Falta de planejamento e implantação de medidas preventivas quanto à proteção ambiental (em especial os recursos hídricos).
- Deficiência no arcabouço institucional: influência da entidade de planejamento territorial (principalmente quanto à instalação das indústrias), valor baixo das multas, promoção da atividade industrial das prefeituras para industrialização a qualquer custo (via ICMS), insuficiência do órgão de controle ambiental (a CETESB).

Apesar de pouco comentado, vale a pena citar as “Diretrizes e Políticas de Controle da Poluição das Águas” definidas em 1984 (CETESB, 1984). Esse documento parte da experiência adquirida ao longo dos primeiros quinze anos de atividade para implantar um sistema de administração de controle de poluição das águas do Estado. Pretende orientar o corpo técnico e administrativo da CETESB e ainda possibilitar a participação comunitária e de outros órgãos públicos na definição de diretrizes da política de controle que sejam perseguidos por toda a sociedade

Algumas dessas diretrizes são as seguintes:

- A necessária aplicação dos padrões de qualidade e de critérios e padrões de emissão, levando em conta a “escala de nobreza” quanto aos usos da água e a evolução da tecnologia de controle de poluição hídrica.
- A implantação de controle preventivo das fontes de poluição, considerando a

administração de prazos para sua implantação.

- O desenvolvimento de tecnologia visando atendimento aos padrões de emissão e qualidade.
- A criação de instrumentos e modelos de gestão ambiental com a busca de efetiva integração das atividades das várias esferas do poder público (estadual, federal, municipal) e a coordenação dos organismos públicos no âmbito estadual.
- A organização e divulgação do grau de realizações à opinião pública.
- O trabalho político para obtenção de recursos para o cumprimento das diretrizes.

No início da década de 1990, com uma rede de monitoramento dos corpos de água mais estruturada (coletas e análises sistemáticas), os dados obtidos indicavam o lançamento diário 1.100 toneladas de carga orgânica nas águas do rio Tietê, das quais 800 toneladas correspondiam a esgotos domésticos e 300 toneladas a esgotos de origem industrial.

O melhor conhecimento da qualidade (ou da degradação) ambiental dos corpos de água, associado às mobilizações sociais, levaram o Governo do Estado a assinar em setembro daquele ano, um convênio entre as Secretarias de Meio Ambiente (SMA) e Secretaria de Energia e Saneamento (SESan) com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) para a despoluição do rio Tietê na RMSP: foi o lançamento do Programa de Controle da Poluição Industrial (PCPI), um dos componentes do futuro Programa de Despoluição do Tietê (PDT), coordenado pela CETESB (Quadro 16).

#### **Quadro 16:** Programa de controle da Poluição Industrial PCPI (1990 - 2008)

A partir do cadastro de 40.000 indústrias da RMSP, a CETESB identificou que 1.250 indústrias eram responsáveis por 90% da poluição orgânica de origem industrial que chega ao rio Tietê (350 tDBO/dia) e 4 t/dia de carga inorgânica. E ainda, que os efluentes de 1.188 indústrias que representavam 97% da carga poluidora orgânica poderiam ser lançados na rede pública de esgotos para posterior tratamento e 62 indústrias poderiam lançar diretamente seus efluentes tratados diretamente nos corpos de água. Em termos da BAT, esse universo representava 30% da carga poluidora orgânica e pela maior parte da carga inorgânica lançadas no corpos de água. Inicialmente, foram solicitados às indústrias planos de controle dos efluentes que depois de aprovados e licenciados passaram a ser fiscalizados periodicamente. Como a maior parte das indústrias estava em áreas que seriam abrangidas pelo Programa (em torno de 95%), conforme o SES começou a ser implantado e operado, a redução da carga poluidora industrial foi importante.

Em 2009, após novos processos de alteração institucional, é criada a “nova” CETESB, agora como Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Lei nº 13.542 de agosto de 2009), que vem transitando do antigo modelo de controle da poluição para o de agência ambiental, incorporando o licenciamento e a fiscalização ambiental do uso do solo metropolitano quanto a fontes poluidoras, mananciais, empreendimentos potenciais causadores de impacto ambiental, vegetação, entre outros, que estavam localizados em órgãos diferentes da Secretaria de Estado de Meio Ambiente.

#### 2.2.4. Iniciativas de gestão regional e recuperação dos corpos de água

##### 2.2.4.1. Planejamento regional

A intensificação do crescimento industrial e dos fluxos migratórios para o sudeste a partir dos anos de 1950 gera um fenômeno novo: as maiores regiões urbanas do país passavam a integrar, de forma cada vez mais evidente, a população e o território de diversos municípios em torno das cidades-núcleo.

A expansão metropolitana levou a uma crescente preocupação nos meios técnicos, políticos e acadêmicos, inicialmente, com as questões socioeconômicas.

Em São Paulo, a primeira abordagem de cunho especificamente metropolitano foi o “Plano Estrutura Urbana de Aglomeração Paulistana: estruturas atuais e estruturas racionais - São Paulo”, realizado pela Sociedade para Análises Gráficas e Mecanográficas Aplicadas aos Complexos Sociais (SAGAMACS), coordenada pelo Padre Lebreton na década de 1940, e publicado em 1958. Forneceu as bases para os estudos espaciais e demográficos dos primeiros planos de esgotamento sanitário da BAT/RMSP.

Na década de 1960, o Instituto dos Arquitetos do Brasil promove dois eventos que somados aos estudos do SAGAMACS influenciariam a gestão regional no país. Em 1963, o Seminário de Habitação e Reforma Urbana, que propunha alterações na legislação visando à criação de órgãos de administração que consorciem as municipalidades para a solução de seus problemas comuns (CARDOSO E ZVEIBIL, 1996). Já, em 1967, o seminário “O Homem e a Paisagem Paulistana – Critérios de Encaminhamento do Planejamento Territorial da Região da Cidade de São Paulo” destacou a necessidade do processo de planejamento apoiar-se na articulação entre municípios, a partir de estudos desenvolvidos por um órgão eminentemente técnico (MOTA, ITAPURA DE MIRANDA, 2014). Os resultados das mobilizações para implantar

uma estrutura de planejamento regional vieram no fim dos anos de 1960, em plena vigência do regime militar (Quadro 17).

**Quadro 17:** Iniciativas de planejamento regional: primórdios (continua)

| <b>Criação das RMs e do Grupo Executivo da Grande São Paulo (GEGRAN) - 1967</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A constituição Federal de 1967 define que será atribuição da União a criação de regiões metropolitanas por meio de leis complementares. A Emenda nº 1 de 1969 à Constituição Federal limitou a atuação municipal desconsiderando os municípios como entes federativos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Em 1967, foram instituídas dez regiões administrativas (Decreto nº 48.162), entre as quais a da Grande São Paulo e a de Campinas. Estruturou-se ainda o Sistema de Planejamento da Grande São Paulo, com um órgão técnico específico, o GEGRAN, e o Conselho de Desenvolvimento da Grande São Paulo (Decreto nº 48.863). Em 1969, a PMSP coordenou o desenvolvimento do Plano Urbanístico Básico (PUB) que, em conjunto com os estudos da SAGMACS, influenciou a elaboração do primeiro plano metropolitano da RMSP.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado da Grande São Paulo (PMDI) - 1969</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| O PMDI, desenvolvido pelo GEGRAN, foi concluído em 1970. No setor de Saneamento, recomendou:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preservar as represas Billings e Guarapiranga, bem com as represas do Sistema Cantareira e do Sistema Alto Tietê, da poluição e ocupação urbana de suas margens, por meio de legislação estadual de controle do uso do solo na área metropolitana.</li> <li>- Preservar as represas Billings da poluição causada pelo lançamento de esgotos, por meio da implantação de emissários ao longo dos rios Pinheiros, Tietê e Tamanduateí, e tratamento de esgotos na represa de Pirapora.</li> <li>- Prevenir a ocorrência de enchentes na área urbanizada, através de controle das barragens e estações elevatórias do Sistema Light, bem como pela conclusão dos reservatórios de Ponte Nova e Taiaçupeba, no Alto Tietê.</li> <li>- No setor de infraestrutura urbana, o PMDI recomendou desestimular a expansão urbana na direção sul – sudoeste, reorientando-a para a direção leste (Mogi das Cruzes) e nordeste (Guarulhos).</li> </ul> |

**Quadro 17:** Iniciativas de planejamento regional (Primórdios) (conclusão)

| <b>Criação das RMSP - 1970 e 1980</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| As primeiras RMs foram criadas por meio da Emenda nº 2/1969 à Constituição Estadual. A União, por meio da Lei Complementar Federal nº 14/73, estabeleceu oito regiões metropolitanas, entre elas, a RMSP. A Lei Complementar Estadual nº 94 de 1974 ratificou a criação da RMSP e instituiu o Fundo Metropolitano de Financiamento e Investimento (FUMEFI). O Decreto Estadual nº 6.111/1975 institucionalizou o Sistema de Planejamento e Administração Metropolitana (SPAM), a Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S.A (EMPLASA) e os Conselhos Desenvolvimento da Grande São Paulo (CODEGRAN) formado majoritariamente por representantes indicados pelos governos federal e estadual. Os prefeitos que faziam parte das RM podiam compor esse Conselho, pela eleição de apenas um representante ou compor Conselho Consultivo Metropolitano de Desenvolvimento Integrado da Grande São Paulo (CONSULTI), também instituído pela mesma lei. |

| <b>Leis de proteção de mananciais e zoneamento industrial metropolitano: 1975 - 1978</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seguindo orientação do PMDI foram aprovadas as leis estaduais nº 898/75 e 1172/76 para proteção e recuperação dos mananciais metropolitanos, baseadas no controle do uso e ocupação do solo, coleta, transporte e disposição de final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. Em 1978 é aprovada a Lei Estadual nº 1.817 disciplinando o Zoneamento Industrial Metropolitano. |

Apesar de serem implantadas sem participação popular e dos municípios, essas iniciativas tiveram o mérito de formar alguns dos mais importantes organismos de planejamento metropolitano devido, em grande parte, à existência de fundos destinados a obras de habitação e infraestrutura urbana. Outro desdobramento está relacionado a sua importância em tratar, do ponto de vista regional, pela primeira vez, temas que são direta ou indiretamente relacionados ao controle de poluição hídrica.

O período que vai de meados da década de 1970 até a publicação de Constituição Federal de 1988, marca a atuação do Governo Federal, nas políticas urbanas, por meio de uma série de iniciativas.

A reorganização da RMSP tem seu ponto de partida na Constituição Estadual de 1989 e na aprovação da Lei Complementar nº 760/94 que cria o Conselho de Desenvolvimento para cada região metropolitana. O Conselho, de caráter normativo e deliberativo, é composto por um representante de cada município e representantes do Estado nos campos funcionais de interesse comum metropolitano.

Em 2013, por meio do Decreto Estadual nº 59.327, de 28 de junho de 2013, as atribuições metropolitanas ficam a cargo da Casa Civil e da EMPLASA (órgão técnico). Entre os

principais objetivos da EMPLASA estão o Plano Metropolitano de Desenvolvimento Habitacional, o Sistema Integrado de Informações de Desenvolvimento Urbano e Habitação.

A Macrometrópole Paulista é adotada como diretriz de governo e território de atuação da EMPLASA com foco no planejamento regional e na utilização dos recursos hídricos. Em fevereiro de 2008, o Governo do Estado instituiu Grupo de Trabalho, por meio do Decreto nº 52.748, para propor alternativas relativas ao aproveitamento de recursos hídricos na Macrometrópole.

A decisão teve como motivações a exaustão dos mananciais metropolitanos, conflitos entre bacias vizinhas e os compromissos estabelecidos pela Portaria nº 1.213, do DAEE, de 2004, com destaque para a redução da dependência da SABESP em relação ao Sistema Cantareira (SÃO PAULO (ESTADO), 2013) e alívio à situação de “estresse hídrico” nas bacias PCJ, aumentando as vazões disponibilizadas nessas bacias. A contratação dos estudos foi realizada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. O resultado do Grupo foi o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista (PDRHM).

O PDRHM projeta o crescimento da demanda por água, apresenta as alternativas para a expansão da oferta e propõe as medidas necessárias para garantir a sustentabilidade do abastecimento público e demais usos dos recursos hídricos na região até o horizonte de 2035 (SÃO PAULO, 2013).

A partir do resultado do conjunto das avaliações, o Plano estabeleceu cinco critérios como os mais relevantes para a seleção das alternativas: (i) a composição dos arranjos com base na avaliação individual dos esquemas hidráulicos; (ii) o custo total; (iii) os ganhos e perdas da energia; (iv) a aderência ao planejamento atual; e, (v) a necessidade de transposições de vazões da bacia do Paraíba do Sul.

O PDRHM foi concluído em 2013 e teve os custos de suas obras estimados em R\$ 9,5 bilhões, dos quais 6,5 bilhões obtidos por parceria público-privada. Os principais resultados obtidos com esse estudo foram os seguintes:

- Um acréscimo estimado de 60 m<sup>3</sup>/s na demanda de água que chegará a 283 m<sup>3</sup>/s em 2035 para o abastecimento urbano e atendimento ao setor industrial e à irrigação.
- A detecção do esgotamento das soluções isoladas e independentes de análises regionais sobre a disponibilidade de água bruta.
- A identificação da necessidade de novas fontes de suprimento de água e de ampliação dos volumes de reservação. O Plano ainda indicou a necessidade de início imediato

dos estudos e obras necessários para os anos de 2018, 2025 e 2030 o que deixa um período curto para a tomada de decisões.

- A indentificação da necessidade de um novo sistema produtor de água de grande capacidade voltado, principalmente, para o abastecimento urbano.
- Em vista dos riscos de escassez hídrica detectados, a necessidade de estruturação de um plano de contingências e a estruturação de programas permanentes da gestão da demanda de água envolvendo, entre outros, o controle de perdas, o uso racional da água, o reúso, a educação ambiental, a comunicação social, as políticas tarifárias e a atuação em áreas de ocupação irregular.

O processo de elaboração do PDRHM, diferente de outros que serão comentados nos próximos itens, foi objeto de discussão em seminários regionais voltados à sociedade e ao Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Quanto aos resultados apresentados cabe destacar:

- O Plano está estruturado na gestão de oferta, realiza um diagnóstico geral sobre a situação da demanda e termina por indicar “a necessidade de estruturação” de planos de contingência e programas de gestão de demanda. Nesse aspecto, em que pese a abrangência dos estudos e das regiões envolvidas, o plano não definiu medidas efetivas para o gerenciamento mais sustentável dos recursos hídricos.
- Os estudos não deixam claro quais os impactos gerados pelos aportes adicionais de esgoto, tratados ou não, advindos dos aportes adicionais de água, em especial nas bacias escassas em termos quantitativos e qualitativos como o AT eo PCJ;

#### 2.2.4.2. Gerenciamento de recursos hídricos

As questões relacionadas ao agravamento da situação dos recursos hídricos, talvez sejam as primeiras a adquirir caráter regional (em termos metropolitanos e de bacia hidrográfica). Suas origens, ainda que não se manifestassem dessa forma, podem ser encontradas nos estudos de Saturnino de Brito de 1926-1927 e nas comissões técnicas entre órgãos estatais em meados da década de 1960 no âmbito da COPLAT.

Em 1975, frente aos protestos sociais contra a poluição da represa Billings e do rio Pinheiros, o Governo Federal passou a intervir na BAT limitando a produção da usina da Light.



Como resultado, o Ministério de Minas e Energia (MME) cria Comissão Especial para definir as normas de operação do reservatório Billings e do bombeamento de águas do canal do rio Pinheiros e autoriza o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAE) a coordená-la (Portaria MME nº 270 de 1975). Por sugestão da Secretaria de Obras e Meio Ambiente (SOMA), o Ministério de Minas e Energia concordou em dar uma visão mais ampla aos trabalhos, considerando os impactos das medidas na Baixada Santista e no Médio Tietê e permitir uma maior participação dos órgãos estaduais nos estudos (MME-GESP, 1982).

Em 15 de junho de 1976, foi instituído o Comitê Especial do Acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo – MINFRA-GESP<sup>25</sup> e um Comitê Executivo. O Comitê MINFRA-GESP pode ser considerado uma das primeiras instâncias de gestão dos recursos hídricos na BAT, apesar da ausência de participação de outros setores do poder público e da sociedade civil, o forte controle do Governo Federal e seu caráter eminentemente “técnico”. Suas ações tiveram consequências no comportamento e recuperação dos corpos de água metropolitanos, entre elas, a definição de regimes operacionais para a BAT que levassem em conta a geração de energia e a minimização de impactos na qualidade de água do reservatório Billings (Quadro 18).

---

<sup>25</sup> Presidido pelo secretário de Obras e Meio Ambiente e composto pelo secretário de Negócios Metropolitanos, por representantes do Departamento Nacional de Energia Elétrica (DNAEE), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE – SP), Eletrobrás, SABESP e CETESB. O Comitê Executivo era composto pelos representantes das entidades citadas e a Light (OLIVEIRA, 1995).

**Quadro 18:** Gerenciamento de recursos hídricos: regras operativas da Bacia do Alto Tietê (1975 – 1982)

O bombeamento da quase totalidade das vazões das águas do rio Tietê e seus afluentes a montante da barragem Edgard de Souza para o rio Pinheiros e daí para a represa Billings, modificou-se substancialmente, a partir de 1975. Foram adotados pelo MINFRA-GESP, os seguintes regimes operacionais: “Operação Energética” (1981, 1982 e 1986) com a reversão das águas do Tietê - Pinheiros para Billings visando máxima produção de energia elétrica (com descarga mínima de 1 m<sup>3</sup>/s em Pirapora); “Operação Saneamento” (1983) com a destinação das águas da RMSP para o Médio Tietê; “Operação Balanceada” (1984, 1985 e 1987) com a destinação de 50% da vazão da RMSP para o Tietê e 50% para Billings; “Operação Enchentes” com o recalque máximo das vazões do Pinheiros para Billings para controlar ou atenuar as cheias do Tietê - Pinheiros.

Antecipando-se às normatizações nacionais, o Estado de São Paulo implanta a partir de 1987, as sementes de seu futuro sistema de gerenciamento de recursos hídricos (Quadro 19).

**Quadro 19:** Gerenciamento de recursos hídricos: primórdios

Em 11 de novembro de 1987 é publicado o Decreto nº 27.576 criando o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH). Em 1990, o CRH aprova o 1º Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH). No texto aprovado chama atenção o item “Programas Regionais” que definiu como meta caracterizar os usos da água, atuais e futuros, e as condições de interdependência entre as bacias do Alto-Tietê, Piracicaba e Baixada Santista, em particular, os vínculos hidráulicos entre elas e a importância do planejamento integrado dos usos da água para as próximas três décadas envolvendo as obras necessárias, como também, o elenco de medidas não estruturais cabíveis. O texto destacava que as três bacias já não podiam ser encaradas isoladamente em termos de planejamento de uso da água; as previsões de crescimento das demandas hídricas faziam antever, mesmo com as obras programadas naquela ocasião, um quadro de escassez de água que tenderia a agravar-se nos próximos anos.

Em dezembro de 1991, o Estado de São Paulo aprova a Lei nº 7.663 que estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), fruto de um amplo debate que envolveu técnicos, legisladores e organizações da sociedade civil, desde o final dos anos de 1980.

A Política Estadual de Recursos Hídricos, diferente de outras políticas públicas, teve méritos que constituem seu potencial inovador:

- Definir entre seus fundamentos, o gerenciamento descentralizado (em Comitês de Bacia), participativo (tripartite entre representantes do estado, dos municípios e da

sociedade civil), integrado (tanto nos Comitês como no Conselho Estadual) sem dissociação dos aspectos quantitativos, qualitativos e das fases meteórica, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico.

- Incorporar, na esteira das grandes discussões internacionais, o desenvolvimento sustentável, quando coloca como seu objetivo principal “assegurar que a água, recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, possa ser controlada, utilizada, em padrões de qualidade satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas futuras gerações, em todo território do Estado de São Paulo”.
- Regulamentar por meio dessa estrutura, termos progressivos, seus instrumentos de gestão.

Em novembro de 1994, foi instalado o Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), o segundo do estado após o CBH-PCJ, e em dezembro de 2002 foi instalada a Fundação Agência da Bacia do Alto Tietê (FABHAT).

Em vista da complexidade dos temas tratados, o CBH-AT se subdividiu em Sub-Comitês de Bacia (único a adotar tal estratégia): Alto Tietê-Cabeceiras, Billings-Tamanduateí, Cotia-Guarapiranga, Juqueri-Cantareira.

#### 2.2.4.3. Iniciativas para recuperação dos corpos de água

Houve desde os anos de 1990 grande número de iniciativas – programas e projetos (incluindo estudos e obras) – para recuperação dos corpos de água metropolitanos. Os maiores exemplos são os seguintes:

- Revisão da Lei de Mananciais (1997).
- Programa Guarapiranga (1993 – 2000).
- Programa Integrado de Melhoria Ambiental na Área de Mananciais da Represa Billings “Pró – Billings” (1997).
- Projeto Orla Guarapiranga – GESP (2009).
- Programa Mananciais – GESP (2010 – 2015).
- Programa Córrego Limpo – SABESP/PMSP (2007 – 2010).
- Programa de recuperação da qualidade das águas do rio Pinheiros.

Tais iniciativas trazem avanços conceituais ao considerar aspectos ambientais e sociais diferente das tradicionais soluções tecnológicas dos projetos de saneamento. A avaliação dos benefícios sociais e ambientais que representam é objeto de estudos específicos, muitos deles ainda em curso e não foram abordados aqui, mas foram referenciados no Apêndice 1.

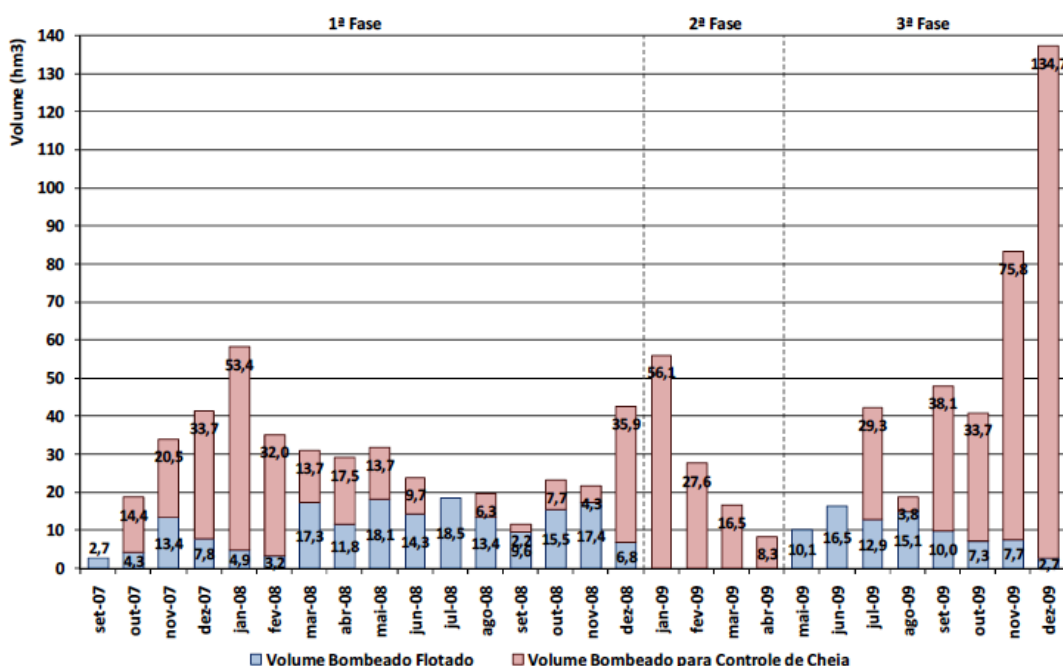
Quanto aos estudos sobre recuperação dos corpos de água metropolitanos destaca-se a implantação e operação de um protótipo de sistema físico-químico de tratamento por flotação no rio Pinheiros, com capacidade de 10 m<sup>3</sup>/s.

Os principais objetivos foram o de melhorar as condições ambientais das águas visando minimizar os impactos para os usuários do entorno (particularmente quanto ao odor) e permitir a reversão de 50 m<sup>3</sup>/s para o reservatório Billings, sem comprometer seu uso para abastecimento público, para aumentar a produção de energia na usina de Henry Borden em 280 MW médios (FCTH,s/d).

Os testes, realizados entre 30 de agosto de 2007 e dezembro de 2009 a partir de acordo com o Minitério Público (MP), foram executados no próprio corpo-d'água e consistiram de duas etapas fundamentais: a adição do coagulante para formação de flocos que aglutinam os sólidos em suspensão da água e a remoção desses flocos por meio da injeção de ar comprimido. Nesse processo, além da clarificação, são removidos poluentes que reagem com os compostos químicos adicionados e aqueles que estejam aderidos ou adsorvidos aos sólidos em suspensão.

O sistema de flotação era composto por duas estações de flotação no rio Pinheiros, instaladas em dois trechos do canal: a primeira localizada próximo à foz do córrego Zavuvus e a segunda a 770 m da Usina Elevatória de Pedreira.

Em termos operacionais, o sistema operou em três fases como pode ser observado na Figura 12. Em síntese, esse processo foi eficiente na remoção de fósforo total e material particulado, mas não para nitrogênio amoniacal total que não atendeu às condições definidas no acordo com o MP.



**Figura 12:** Volume bombeado para a Billings (hm³) entre 01/09/2007 e 31/12/2009

Fonte: FCTH (s/d)

### 2.3. A REVISÃO DOS PLANOS DIRETORES DE ESGOTOS DA RMSP, A “CONSTRUÇÃO” E IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA DE DESPOLUIÇÃO DO RIO TIETÊ (PDT)

Um capítulo importante e pouco discutido na literatura corrente sobre a matéria é analisar a “construção” do PDT, a partir do Plano Diretor de Esgoto (PDEs) da RMSP e suas atualizações, gerado a partir da revisão do Plano de Saneamento da Grande São Paulo (SANEGRAN).

#### 2.3.1. A revisão do SANEGRAN e as bases do PDT

A paralisação do SANEGRAN se deveu, além das críticas apontadas no item 2.2.2, à revisão das expectativas do crescimento “explosivo” da população da RMSP e ainda em relação:

- Às atividades industriais na região leste que, ao contrário do previsto, vinha se consolidando como bairro dormitório de baixa renda.
- Ao consumo de água previsto para atingir 100 m³/s no ano de 2005 com *per capita*

de 300 L/hab.dia, contra os atuais 250 L/hab.dia (o qual não se esperava grandes variações).

- Ao menor consumo de água pela indústrias, principalmente do ABC pela adoção de novas tecnologias.
- A todos os fatores acima que contribuíram para dimensionar um SES para 94 m<sup>3</sup>/s muito superior aos 70 m<sup>3</sup>/s máximos que os estudos do período indicavam.

Uma das primeiras avaliações sobre a necessidade de rever a trajetória do SANEGRAV veio do Comitê do Acordo MINFRA-GESP em 1985. Entre as recomendações daquele documento referente objetivando a melhoria das condições sanitárias e a recuperação da qualidade dos recursos hídricos, vale a pena registrar (BRASIL, 1985):

- Atualizar e rever os planos de coleta e tratamento de esgotos da RMSP, considerando o aproveitamento racional das obras já implantadas e as atuais condições econômicas e financeiras do Estado, bem como a necessária modularidade e flexibilidade que devem apresentar.
- Estabelecer prioridade para a implantação de redes coletoras (meta de 60% até 1990) com redução de custos por meio da reavaliação dos projetos, estendendo à população periférica não atendida a necessária assistência para a obtenção de condições sanitárias, mediante alternativas de baixo custo.
- Buscar equacionar a construção dos coletores tronco dentro de um programa integrado do Poder Público nos fundos de vale com uma participação ativa da SABESP, com a Secretaria dos Negócios Metropolitanos, DAEE e prefeituras
- Dar prioridade ao programa de implantação de redes coletoras em áreas de proteção de mananciais e, ainda, implementar medidas de proteção à qualidade dos mananciais, dando prioridade às obras de esgotamento e controle de poluição das águas nas áreas ameaçadas de expansão urbana.
- Acelerar a adequação das indústrias quanto às normas de emissão para lançamento nos corpos de água ou redes coletoras.

Em 1985, o COPLADES, órgão superior deliberativo, responsável pelas diretrizes da revisão do SANEGRAV, contrata, por meio da SABESP, o Consórcio ENGIESAN – Engevix, Internacional e Tecnosan para elaborar a revisão do SANEGRAV – coordenado pela Secretaria de Obras e Meio Ambiente (Quadro 20).

**Quadro 20:** Revisão do SANEGHAN/COPLADES: 1ª fase 1985-1991

As etapas da revisão compreenderam, inicialmente (1985-1987), uma análise do sistema existente e das obras em andamento, a definição de parâmetros e critérios de projeto, a proposição de alternativas e custos de implantação e operação de cada uma delas. A segunda etapa (1988) compreendeu a consulta pública e a coleta de sugestões. Na terceira etapa foi elaborado e apresentado à SMA (16 de outubro de 1989) o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Plano Diretor de Esgotos da RMSP (alternativas 3 e 5B) e realizada audiência pública em 14 de novembro de 1991. Em outubro de 1990, seminário organizado pela Comissão de Estudos Ambientais da USP – CECPA conclui pela necessidade de aproveitar as obras do SANEGHAN, mas rever os dados desse Plano.

Diferente dos outros projetos, quando houve no máximo discussões no interior dos órgãos públicos por meio das comissões e grupos, a Revisão do SANEGHAN no COPLADES, constituiu-se em momento estratégico para o saneamento na RMSP/BAT: foi o primeiro plano a ser submetido ao licenciamento ambiental, após ampla discussão nos meios acadêmicos e na sociedade civil, forneceu as bases para a elaboração e implantação do PDT e do atual SES metropolitano. (Quadro 21).

**Quadro 21:** Revisão do SANEGHAN/COPLADES: 2ª fase 1991-1993

O EIA/RIMA foi aprovado pela Deliberação CONSEMA nº 052/91 de 27 de novembro de 1991 e, pela Deliberação CONSEMA nº 053/91, foi criada a “Comissão Especial que Acompanha a Implantação do Plano Diretor de Esgotos da Região Metropolitana do Estado de São Paulo” – Comissão Especial. O resultado do EIA/RIMA, considerou, em termos de concepção, o que já estava implantado, particularmente o conceito do Sistema Integrado (ou Principal) de esgotos para a RMSP. As vazões foram substancialmente reduzidas de 94 m<sup>3</sup>/s (SANEGHAN) para 50 m<sup>3</sup>/s, assim distribuídas: limitação da capacidade máxima da ETE Barueri em 28,5 m<sup>3</sup>/s, desativação da ETE Vila Leopoldina com o encaminhamento de seus efluentes para a ETE Pinheiros, a ser desativada e transformada em EEE para a ETE Barueri e ainda construção de duas novas ETES: São Miguel (local previsto em planos anteriores) e Parque Novo Mundo (onde anteriormente se propunha a ETE Penha). Em 1992, iniciam-se os primeiros contatos entre a SABESP e SMA para o licenciamento ambiental. A partir de setembro de 1993, a SABESP solicita as Licenças de Instalação para as obras lineares (EEE, emissários, coletores tronco), por pacotes de obras e por SES. Em 17 de dezembro do mesmo ano, o Governo do Estado assina com o BID o contrato de financiamento para o PDT.

Entre as conclusões do Parecer Técnico do EIA/RIMA, elaborados pela SMA/CETESB, é importante registrar algumas conclusões que terão desdobramentos posteriores:

- Implantação de um novo cronograma, com horizonte maior de planejamento do que

o 2005, considerado muito próximo para um Plano Diretor em termos econômicos e físicos.

- Necessidade de reavaliar a evolução da qualidade de rios e represas no que se refere aos padrões de  $DBO_{5,20}$ , nutrientes e coliformes fecais obtidos por meio de modelagem matemática.
- Os resultados da simulação de qualidade de água, realizados pelo Consórcio Engiesan, para o horizonte do Plano em 2005, em que pese utilizar vazões médias (regime mais favorável à autodepuração dos efluentes do que as vazões críticas), concluiu pela incapacidade do Tietê no trecho Suzano - Pirapora e também dos afluentes de absorver satisfatoriamente as cargas poluidoras remanescentes dos tratamentos em função das baixas vazões regularizadas desde Taiaçupeba, da magnitude das vazões e cargas em  $DBO_{5,20}$  remanescentes das ETEs e das baixas taxas de reaeração desses trechos. Assim, o PDT recomenda considerar as vazões mínimas remanescentes, as cargas poluidoras industriais e difusas, além das urbanas e os vários cenários de operação da BAT (operação Balanceada, Energética e Saneamento).
- A partir dos resultados obtidos, propor medidas, aprofundar estudos para a utilização da Billings como manancial de abastecimento público, destacando entre elas, a remoção de nutrientes.
- O tratamento de efluentes industriais e a erradicação de ligações clandestinas de efluentes nas galerias de águas pluviais.

### 2.3.2. O PDT: lançamento, descrição geral e etapas

A “Campanha pela Recuperação do Rio Tietê” nasceu em agosto de 1990, com a reportagem do jornalista Marco Antonio Sabino da rádio Nova - Eldorado FM<sup>26</sup>. Em 23 de setembro de 1990, manchete do jornal *O Estado de São Paulo* anuncia: “Campanha por rio ganha a cidade”. A partir daí, desencadeou-se uma grande mobilização popular pela despoluição do rio Tietê<sup>27</sup>, coordenada pelo Núcleo União Pró-Tietê. Os resultados foram a coleta de 1,2

<sup>26</sup> O jornalista percorreu trechos navegáveis do rio durante dez dias, contando suas impressões enquanto uma equipe da rádio BBC em Londres fazia o mesmo comentando a recuperação do rio Tâmsa.

<sup>27</sup> Surge a campanha “O Tietê está pedindo Água”, do Grupo Ecológico Nascente do Tietê. A Rádio Nova Eldorado AM, em conjunto com a Fundação SOS Mata Atlântica (fundada em 1986) e o Unibanco, criam,



milhão de assinaturas durante agosto de 1991 e maio de 1992, manifestações sociais de apoio à despoluição do rio por parte das empresas, Universidade de São Paulo, artistas e celebridades e eventos como o seminário realizado no SESC entre 19 e 20 de novembro de 1991.

O recém-eleito Governador Antônio Fleury Filho (1991 a 1995), em resposta às mobilizações e à proximidade da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CUNMAD), tomou uma série de medidas, dentre as quais, destacam-se as seguintes<sup>28</sup>:

- Elabora, por meio da SABESP, “proposta para recuperação da qualidade das águas do rio Tietê na região da Grande São Paulo até o final do ano de 1994” - Despoluição do Rio Tietê (SABESP, julho/1991). A coordenação desse processo coube ao então secretário de estado de Energia e Saneamento (SSE), José Fernando da Costa Boucinhas.
- Cria, por meio do Decreto nº 33.862 de 25 de setembro de 1991, a Comissão Especial para o Programa de Despoluição do Rio Tietê, presidido pelo governador, composto por secretários e representantes das empresas estatais.
- Assina, em agosto de 1992, protocolo de intenções com o presidente Collor no valor aproximado de US\$ 500 milhões para despoluição.
- Obtém, em setembro de 1991, em Washington, o compromisso do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), para concessão de empréstimos para execução da despoluição do Tietê (PEREIRA E SARTORI, 1995).
- Lançamento, em 31 de janeiro de 1992, às vésperas da realização da CNUMAD do “Programa de Despoluição do Rio Tietê” (PDT), no momento da assinatura do contrato entre o Governo do Estado e o consórcio vencedor da licitação para gerenciamento das obras no valor de US\$ 32 milhões<sup>29</sup>. As atividades foram iniciadas em fevereiro de 1992,
- Obtém, em 15 de abril de 1992, repasses do Governo Federal, via BNDES, de US\$ 250 milhões ao PDT.

---

em 29 de maio de 1991, o Núcleo União-Pró-Tietê. Segundo o diretor da rádio, a criação do Núcleo, foi uma exigência da população que procurava a emissora querendo saber como ajudar o Tietê (PEREIRA e SARTORI, 1995).

<sup>28</sup> Os detalhes sobre as mobilizações e a participação de diferentes atores no PDT, podem ser encontrados em jornais e revistas da época e estudos como o de FRACALANZA (1996) e PEGORARO (s/d), entre outros.

<sup>29</sup> O Consórcio, vencedor da licitação da Sabesp ocorrida em outubro de 1991, era formado pelas empresas Hidrobrasileira, Engea, UMAH e Enger e liderado pela Logos Engenharia.

- Fecha acordos financeiros em 3 de junho de 1992, durante a CNUMAD, com o Overseas Economic Cooperation Fund (OECF) para as obras chamadas de “uso múltiplo” que passaram a fazer parte do PDT, que será comentado no próximo item.
- Assina em 17 de dezembro de 1992, contrato de empréstimo entre o Governo do Estado e o BID, por meio da SABESP, para realização da 1ª etapa.

A proposta original do PDT, baseada na revisão COPLADES do SANEGRA, compreendia intervenções com a meta de, já em 1994, trazer de volta à vida as águas do rio na região da Grande São Paulo (SABESP, julho/1991).

As metas e os investimentos propostos (até 31 de dezembro de 1994) eram os seguintes (Quadros 22 e 23):

- Elevação do nível de coleta de esgotos da Capital, de 72% a 80%.
- Elevação do nível de tratamento de esgotos de 16 para 80% do volume gerado.
- Implantação do Programa de Controle de Poluição Industrial da CETESB, adequando o tratamento dos efluentes das 1.200 empresas que representam 80% da poluição industrial do rio Tietê.
- Adequação da qualidade da água do rio Tietê, elevando-a à classe 3.

#### **Quadro 22:** Investimentos previstos no PDT (proposta original)

| <b>Investimentos<br/>(em 1000 US\$)</b>  | <b>1991</b> | <b>1992</b> | <b>1993</b> | <b>1994</b> | <b>Total<br/>(em 1000 US\$)<sup>1</sup></b> |
|------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------------|
| <b>Despejos industriais</b>              | 10.000      | 160.000     | 160.000     | 170.000     | 500.000                                     |
| <b>Despejos domésticos</b>               | 170.000     | 540.000     | 625.000     | 565.000     | 1.900.000                                   |
| <b>Estudos, projetos e gerenciamento</b> | 15.000      | 75.000      | 85.000      | 25.000      | 200.000                                     |
| <b>Subtotal</b>                          | 195.000     | 775.000     | 870.000     | 760.000     | 2.600.000                                   |

(1)Ref: maio/1991

A Proposta de Empréstimo aprovada pelo BID em 1992 é mais realista, pois define que a concepção do PDT deve ser o melhoramento e ampliação do sistema de esgotos da RMSP e o início de um processo de descontaminação da bacia do Rio Tietê. E ainda frisa, que a dimensão dos problemas a serem enfrentados e o volume de recursos necessários (estimado à época em três a quatro bilhões de dólares), exigiria solução implantada em várias etapas (BID, 1992).

**Quadro 23: Objetivo e metas do PDT (continua)**

| Indicadores                  | ETAPA I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ETAPA II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ETAPA III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dados do Projeto             | Contrato de empréstimo 713/OC-BR e 896/SF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | BR 0265; 1212/OC-BR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | BR L 1166                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Objetivos gerais             | <p>Objetivos: Melhorar a qualidade de vida da população da RMSP e as condições sanitárias e ambientais da região, diminuir a contaminação do rio Tietê e de seus principais afluentes, estudar o aproveitamento dos recursos hídricos e as etapas seguintes do projeto, reforçar a estrutura jurídica e institucional do Estado de São Paulo para o controle das descargas industriais, capacitar o pessoal técnico e administrativo para operação e manutenção de estações de tratamento de águas residuais.</p> <p>Resultados esperados: Estender o serviço de coleta para 250.000 famílias na RMSP, ampliar a coleta da população urbana de 70 a 80% e o tratamento em 9,5 m³/s, implantar o Programa de Controle de Poluição Industrial em 1.250 indústrias.</p> | <p>Objetivos: Ampliar a despoluição do Tietê; promover o melhoramento operacional da SABESP (elaborar e implantar projetos como ferramentas de análise de custo/eficiência e custo/benefício, análise ambiental com modelo matemático de qualidade de água), aperfeiçoar o SES (vazões de esgotos transportadas e tratadas), implantar sistema de georreferenciamento e serviços de monitoramento de coletores principais, desenvolvimento de tecnologia (programa de conexões intradomiciliares, controle de perdas); implantar programa de educação ambiental; desenvolver estudos sobre o setor de saneamento no estado de São Paulo (cálculo de tarifas).</p> <p>Resultados esperados: Atender a mais 400.000 famílias à rede de esgotos, controlar mais 290 indústrias, desenvolver estudo para implantar programa de controle de perdas construir mais 110 km de coletores tronco, ampliar a coleta para 78% da população urbana, ampliar o tratamento de 48% para 55% do esgoto coletado.</p> <p>Foco: Ampliação do sistema de coleta e afastamento da bacia do rio Pinheiros responsável pelo afastamento e tratamento na ETE - Barueri, de aproximadamente 2 m³/s de esgotos que antes eram lançados <i>in natura</i> nas bacias do rio Pinheiros e da represa Billings, sendo que destes, 330 L/s foram retirados diretamente da bacia da Billings.</p> | <p>Objetivos: Ampliar e avançar no atendimento em coleta, afastamento e tratamento de esgotos da RMSP (“anel de pobreza”).</p> <p>Foco: Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - Sistema Principal de Esgotos da RMSP e Sistemas Isolados.</p> <p>Resultados esperados: atender a mais 1.500.000 famílias, construir mais 200.000 ligações, ampliar a coleta para 87% e o tratamento para 84% do coletado, possibilitar uso pleno da capacidade de tratamento instalada, atender aos municípios de regiões periféricas, despoluir bacias, solucionar passivos ambientais.</p> |
| Prazos                       | Aprovação: 17/12/1992;<br>Início das obras em 1993                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Aprovação: 20/10/1999;<br>Efetividade do contrato: 19/07/2000 com prazo de 3 anos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Aprovação em out/2009; Assinatura em 03/09/2010.<br>Elegibilidade: out/2010; Desembolso: março/2011.<br>Execução: 2011-2015                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Investimentos (milhões US\$) | Inicial: 900, sendo 450 (BID) e 450 (SABESP).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Inicial: 400 (200 SABESP e 200 BID)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1.050, sendo: 600 do BID e 200 da SABESP, 168 de fontes locais (CEF, BNDES), AB LOAN (BID - Privado): 87.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Fontes: SABESP, BID (1999, 1992)

Em 1992, o Governo do Estado de São Paulo divulga documento, “ampliando” a proposta original com as chamadas “obras de uso múltiplo” (SABESP, s/d), cujos estudos (e em alguns casos execução) já se encontravam em curso: rebaixamento da calha do Tietê, canalização do rio Cabuçu de cima e barragens do sistema Alto Tietê, consideradas importantes para os objetivos de recuperação da qualidade dos corpos de água da BAT (Quadro 24).

**Quadro 24:** Resumo descritivo do PDT/Projetos de uso múltiplo

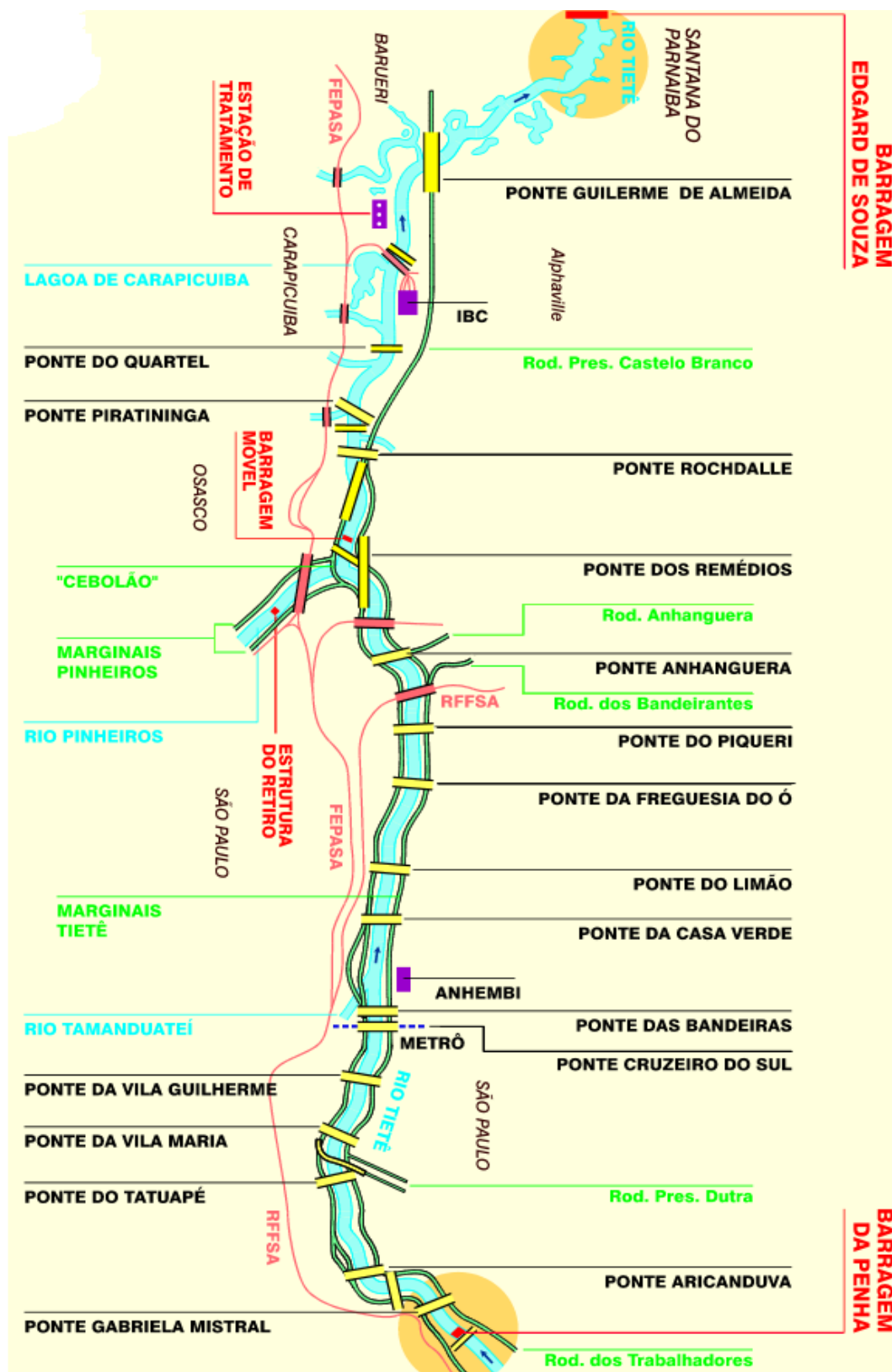
| Obras/Executor                                  | Descrição                                                                                                                                                                                                                             | Fontes financiadoras<br>(1000 US\$) |             | Total<br>(1000 US\$) |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|----------------------|
|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                       | OEFC                                | Gov. Estado |                      |
| Rebaixamento da calha do rio Tietê              | Aprofundar o leito do Tietê em 2,5 m aumentando a vazão do rio de 700 para 1.400 m <sup>3</sup> /s visando contenção de cheias e diluição dos esgotos.                                                                                | 132.780                             | 88.520      | 221.300              |
| Retificação e canalização do rio Cabuçu de Cima | Canalizar 10,5 km do rio entre São Paulo e Guarulhos visando contenção de enchentes e implantar coletor tronco, encaminhando as águas residuárias do setor norte da RMSP para a ETE - PNM (complementar obra já financiada pelo BID). | 74.300                              | 49.500      | 123.800              |
| Barragens do sistema Alto Tietê                 | Construção das barragens de Biritiba, Paraitinga, interligação com as barragens de Ponte Nova, Jundiá e Taiaçupeba (já construídas) visando regularizar a vazão nas cheias e aumentar a oferta de água para abastecimento.            | 109.640                             | 164.460     | 274.100              |
| Total                                           | -                                                                                                                                                                                                                                     | 316720                              | 302.480     | 619.200              |

Resumidamente, o Projeto de “Ampliação da Calha do Rio Tietê entre as Barragens da Penha e Edgard de Souza” foi elaborado em 1986 sob coordenação do DAEE e licenciado pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente como “Projeto da Calha do Tietê”. As premissas adotadas para o projeto foram as seguintes:

- Tempo de retorno de 100 anos (vazão de restrição).
- Isolamento do Sistema Hidráulico de Reversão Tietê - Pinheiros. Em condições excepcionais, podem ser admitidas à calha do rio Tietê, apenas as vazões excedentes do rio Pinheiros de 75, 85 e 100 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, para T=25, 50 e 100 anos de períodos de retorno.

- Controle das condições de urbanização a montante da Penha. A vazão máxima de projeto é de cerca de 500 m<sup>3</sup>/s, no local da barragem da Penha e foram propostas medidas para bloquear a ocupação das várzeas, com o objetivo até de reduzir o aporte acima mencionado na barragem da Penha.
- Controle das descargas das bacias dos rios Tamanduateí, Cabuçu de Cima e Aricanduva para atender o período de retorno de 100 anos, durante eventos chuvosos com 24 horas de duração (tendo por base as precipitações extremas de 1983) nos seguintes valores: Tamanduateí - 484 m<sup>3</sup>/s; Cabuçu de Cima - 300 m<sup>3</sup>/s; Aricanduva - 280 m<sup>3</sup>/s; Total - 1.064 m<sup>3</sup>/s.

O porte da obra exigiu que fosse realizada em duas etapas (Figura 13). O trecho 1, compreendido entre a foz do rio Pinheiros e a barragem Edgard de Souza teve o objetivo de aprofundar 2,5 metros o leito do rio Tietê em uma extensão de 16,5 km. Foi executada parcialmente no final dos anos 1980 e retomada após a obtenção do financiamento em janeiro de 1998, sendo concluída em dezembro de 2000. O projeto contemplou também as obras de canalização do rio Cabuçu de Cima, entre a foz no rio Tietê e a ponte Três Cruzes. O trecho 2, compreendido entre a foz do rio Pinheiros e a barragem da Penha com 24,5 km de extensão, aprofundou o leito do rio em 2,5 m, teve as obras iniciadas em abril de 2002 e concluídas em 2006.



**Figura 13:** Planta esquemática da ampliação da Calha do Tietê – Trecho I e II

Fonte: Extraído de DAEE (s/d)

Com a execução do projeto, segundo o DAEE, foi possível incrementar a vazão do Tietê, conforme descrito no Quadro 25, minimizando as enchentes na RMSP.

Apesar do projeto de ampliação da calha do Tietê fazer parte do PDT teve coordenação e execução desvinculada daquele projeto, em razão da magnitude das obras e dos recursos envolvidos que tiveram apoio de US\$ 300 milhões do Governo Japonês através do JBIC<sup>30</sup>.

**Quadro 25:** Aprofundamento da Calha do Tietê – vazões veiculadas

| Etapas | Localidade                                   | Vazões (m³/s)      |                           |
|--------|----------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
|        |                                              | Capacidade Inicial | Capacidade após Ampliação |
| I      | Barragem da Penha - Rio Cabuçu de Cima       | 150                | 498                       |
|        | Cabuçu de Cima - Aricanduva                  | 210                | 561                       |
|        | Aricanduva - Tamanduateí                     | 270                | 640                       |
|        | Tamanduateí – Cabuçu de Baixo                | 480                | 997                       |
|        | Cabuçu de Baixo - Barragem Móvel ("Cebolão") | 640                | 1048                      |
| II     | Barragem Edgard de Souza                     |                    | 1430                      |
|        | Foz do rio Pinheiros                         |                    | 1048                      |

Fonte: DAEE, 2014

### 2.3.3. As revisões dos PDEs e o PDT

A descrição geral das revisões dos PDEs está no Quadro 26. As análises dos resultados de implantação do PDT encontram-se no item 4.4 para, em conjunto com os resultados da avaliação das tendências espaciais e temporais, possibilitar as discussões sobre os temas objeto da pesquisa.

<sup>30</sup> Em setembro de 2000 com o aceite do Governo Japonês (por meio do JBIC) em incluir o novo trecho no financiamento o projeto foi viabilizado em duas fases com 75% por conta do financiamento e 25% por conta do Estado.

**Quadro 26:** Planos Diretores de Esgoto e o PDT (continua)

| <b>Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista (Planão): 1993-1996</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Em 1993, o DAEE contratou o Consórcio HIDROPLAN – Coplasa, Etep, Figueiredo Ferraz, Hidroconsult, Maubertec – para elaborar o que foi denominado à época de “Planão”, em atendimento às exigências do licenciamento ambiental do PDE no processo de revisão do SANEGRAN. O “Planão” pode ser considerado uma revisão, atualização e ampliação do escopo do Plano HIBRACE. Seus objetivos eram os seguintes: implantação imediata de um conjunto de obras com aporte de vazões elevadas para reduzir drasticamente o <i>deficit</i> no abastecimento de água; implantação do Projeto Tietê, em todas as suas etapas, adoção de nova regra operativa, transitória – 1/3 (40 m³/s) das águas da bacia destinadas ao Tietê Médio Superior e 2/3 (80 m³/s) para a Billings –; injeção de oxigênio à entrada dos reservatórios Pirapora e Billings; controle de cheias – com realização de obras de ampliação da calha dos rios Tietê e Pinheiros e preservação de suas várzeas a montante da barragem da Penha; contenção nas sub-bacias do Tamanduateí; desvio de cheias do Tamanduateí para o rio Perequê na Baixada Santista e utilização de um sistema de alerta contra inundações e aplicação de um plano de contingências (HIDROPLAN, 1995).</p> |
| <b>Fim da 1ª Etapa do PDT (1998)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>Depois de prorrogação de três anos (1995 a 1998), a 1ª etapa do PDT é concluída. Sua execução foi lenta até 1994 com apenas 10% dos desembolsos (SABESP, 2002). A explicação corrente foram as dificuldades financeiras da SABESP no período 1992 - 1994 o que fez que desse ao projeto a velocidade permitida pela sua saúde econômico financeira (BID, 2009). Foram investidos apenas US\$ 40 milhões/ano. Contribuiu também para essa situação, o fato de que em 1994, se implantou o Plano Real e as empresas construtoras rescindiram a maioria dos contratos de obras já adjudicados. A partir de 1995, a nova gestão da SABESP renegociou com o BID a prorrogação do prazo de conclusão para 1998.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |



**Quadro 26:** Planos Diretores de Esgoto e o PDT (continuação)

| <b>Revisão PDE-2000 - Consórcio Latin-Consult (1997 - 1999)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A SABESP contrata em 1997 o Consórcio Engevix - Latin Consult para revisão e atualização do PDE-COPLADES que adotou como diretrizes: caracterizar os sistemas existentes, projetar demandas futuras, diagnosticar em termos hidráulicos e operacionais as unidades existentes, formular alternativas de recuperação das unidades, simular o comportamento dos corpos de água receptores (incluindo a contribuição difusa), analisar a viabilidade do reúso da água (efluentes tratados) e do uso de biogás. O diagnóstico do SP (ou integrado) releva questões que se repetirão em graus diferentes na próxima revisão do PDE, tais como: picos de vazão em dias de chuva por infiltração excessiva e ligações irregulares de águas pluviais; trechos com seção comprometida por causa de assoreamento; trechos danificados ou rompidos por outras obras ainda não recuperados e principalmente lançamentos de esgotos <i>in natura</i> devido à ausência de coletores tronco ou interceptores, ou por falta de conexão da rede aos coletores principais. Entre suas conclusões, propôs a consolidação do SP com a manutenção da configuração das cinco ETEs existentes e recomendou a implantação de ETEs locais nos SI que não eram indicados para serem revertidos ao Sistema Principal (em outros casos, recomendou a reversão de vazões de alguns dos Sistemas Isolados para o Sistema Principal). Fez importante alerta sobre os custos, complexidade do problema e a necessária participação dos municípios e da sociedade civil para o alcance dos resultados esperados e propõe “Programa de Recuperação de Qualidade das Águas” para a implantação mais efetiva do SES, minimizando a poluição das águas em tempo seco (garantia de transporte da totalidade dos esgotos às ETEs) e a minimização das contribuições difusas (CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULTI, 2000).</p> |
| <b>Fim da 2ª Etapa do PDT,</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>A 2ª etapa prevista para terminar em 2002 também sofreu adiamento e foi concluída em julho de 2008, após três prorrogações (2003 - 2005; 2005 - 2007 e 2007 - 2008). Entre os problemas apontados estão dificuldades institucionais e econômicas. Em relação aos primeiros, estão as dificuldades iniciais na preparação de projetos devido a poucas empresas consultoras no ramo (redução dos investimentos na área de saneamento afastaram muitas empresas para outras áreas da engenharia), a complexidade de intervenções em áreas densamente urbanizadas da RMSP, com tráfego intenso e terrenos de fundo de vales, aliadas ao retardamento dos processos licitatórios dessas obras e às inúmeras autorizações necessárias (municipais e ambientais). Em relação aos problemas econômicos estão as dificuldades da SABESP em pagar os recursos adicionais solicitados ao BID para realização de obras complementares. Ocorre que houve oportunidade momentânea do mercado de oferta de serviços a preço mais baixo o que levou a empresa a solicitar recursos adicionais; porém durante a execução dessas obras houve uma reversão da taxa cambial, exigindo da empresa aumentar sua contribuição de contrapartida (BID, 2009).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

**Quadro 26:** Planos Diretores de Esgoto e o PDT (conclusão)

| <b>Revisão (PDE 2010) - COBRAPE-CONCREMAT (2008-2009)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Em 2009, a SABESP contratou o CONSÓRCIO COBRAPE-CONCREMAT com o objetivo de diagnosticar o SES existente, revisar e atualizar o PDE-2000, visando: universalização dos serviços de coleta e tratamento de esgoto na RMSP, aumento da eficiência do sistema de afastamento de esgotos da RMSP (SABESP, 2010) e a melhoria da qualidade dos cursos de água. Quanto ao diagnóstico, constataram-se inúmeros pontos de lançamentos provisórios de esgotos, seja em corpos de água ou em galerias de águas pluviais. Tais pontos (cuja base das informações é 2006), segundo o PDE-2010, podem ter sido ocasionados pela descontinuidade no transporte dos esgotos coletados dos elementos de montante para os elementos de jusante do sistema de coleta e afastamento, obstruções de rede que ocasionem a saída dos esgotos para fora das tubulações ou o seu retorno para as residências conectadas à rede coletora. O PDE-2010 retomou as análises e estudos anteriores, incorporou ações já realizadas e em andamento, sem rediscutir a concepção dos elementos do SP. Atualizou a situação da região para os últimos anos a partir da 1ª e 2ª revisões dos PDEs e da implantação da 1ª e 2ª etapas do PDT, discutiu a ampliação dos sistemas de esgotamento, definindo prioridades dos elementos a implantar. Verificou ainda os custos envolvidos com a universalização dos serviços, apresentando a estimativa dos investimentos necessários segundo dois cenários (2018 e 2023). Identificou que o sistema de interceptação já possui uma grande parcela implantada e definiu planos de complementação em curto e médio prazos para se obter a melhor relação benefício/custo em termos de quantidade de esgotos afluentes às ETEs. Destacou a importância de recuperar o esgoto “perdido”, por exemplo, nas áreas com sistemas de coleta (redes) já implantados, cujos coletores ainda não estivessem conectados aos interceptores e propôs a continuidade dos investimentos em infraestrutura sanitária, embora reconhecesse que não seriam suficientes para a recuperação da qualidade das águas na RMSP: na mesma linha do PDE-2000, conclui que a solução final envolve, além do governo estadual, as administrações municipais e a sociedade civil na elaboração de programas conjuntos visando o controle do uso do solo, a infraestrutura de saneamento e a educação ambiental visando a mudança de hábitos. (CONSÓRCIO COBRAPE-CONCREMAT, 2010).</p> |
| <b>Assinatura da 3ª etapa do PDT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Em 3 de setembro de 2010, a SABESP assinou empréstimo de US\$ 600 milhões com o BID para a 3ª etapa do Projeto Tietê. O acordo prevê contrapartida da Companhia de US\$ 200 milhões e mais US\$ 255 milhões de outras fontes, somando um total de US\$ 1,05 bilhão em investimentos.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Alguns dos principais desafios apontados pelo PDEs e suas revisões, são os seguintes:

- Implantar e operar o SES, em particular o sistema de coleta e afastamento, para fazer os esgotos chegarem até as ETEs.
- O nível de informação disponível sobre o sistema de coleta e afastamento dos SI não é o mesmo daquele do SP, situação que se agrava no caso dos municípios não operados pela SABESP.

- Os custos e complexidade do problema exigem a participação dos municípios e da sociedade civil para o alcance dos resultados esperados, tal como relatado na Revisão COPLADES (CONSÓRCIO ENGIESAN, 1989) e no PDE-2000 (CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULT, 2000), embora a pesquisa só encontrou indicações de participação social na Revisão COPLADES.
- A importância de melhorias contínuas na eficiência do tratamento e de um “Programa de Recuperação de Qualidade das Águas” para a implantação mais efetiva do SES e da minimização das contribuições difusas (CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULT, 2000).

#### 2.3.4. Processo de gestão do PDT

Há inúmeras instâncias envolvidas direta ou indiretamente com a gestão de algumas das etapas do PDT que serão comentadas a seguir. O Conselho de Desenvolvimento Metropolitano (CDM) ainda não incorporou o tema em sua agenda de discussões desde sua reativação em 2010, após anos de “dormência institucional”.

- Comissão Especial para o Programa de Despoluição do Rio Tietê

Criada pelo Decreto nº 33.862 de 25 de setembro de 1991, a Comissão era presidida pelo governador e composta por secretários e representantes das empresas estatais. Contava com apoio do “Grupo Executivo”, coordenado pelo secretário da Secretaria de Saneamento e Energia, integrado por representantes de estatais que trabalharam nos anos seguintes com as empresas gerenciadoras contratadas (composição alterada quanto à coordenação e a novos órgãos públicos pelo Decreto Estadual nº 39.991, de 7 de março de 1995). Suas atribuições eram as seguintes: propor formas de atuação integrada dos vários órgãos e entidades da administração pública estadual e convênios do Estado com órgãos e entidades da administração pública federal, prefeituras municipais, universidades e entidades representativas da sociedade civil, coordenar as ações técnicas e administrativas, de saneamento e de controle da poluição na execução do PDT e outras que se fizerem necessárias e apoiar as negociações com agentes financeiros nacionais e internacionais entre outros, o BID, o BIRD, a Caixa Econômica Federal e a Secretaria Nacional de Saneamento objetivando a obtenção de empréstimos financeiros para incrementar o PDT.

- Comissão Especial de Saneamento Ambiental do CONSEMA (CESA): 1994 a 1995

Em 1994, o Plenário do CONSEMA atribuiu à CESA a tarefa de acompanhar, em todas as suas interfaces, planos, programas e projetos de saneamento ambientais relativos à Região Metropolitana de São Paulo, ampliando as atribuições de Comissão Especial existente à época. A CESA foi organizada em cinco subcomissões: Licenciamento Ambiental do PDE-RMSP, Projeto Tietê, Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Guarapiranga, Operação Hidráulica da Billings, subcomissão do “Planão”. Em 2001, as atribuições da CESA foram transferidas a uma nova Comissão Especial, de Recursos Hídricos e Saneamento, por meio da Deliberação CONSEMA nº 14/2001, que reestruturou as Comissões Especiais, diminuiu seu número, reviu atribuições e refez suas composições.

- O Comitê Executivo

O Comitê Executivo para os Planos de Despoluição dos Rios da Região Metropolitana de São Paulo e de Requalificação Urbana e Social das Marginais do Sistema Tietê-Pinheiros, foi criado junto à Casa Civil do Governo do Estado pelo Decreto nº 59.093, de 15 de abril de 2013 e congregava empresas e entidades públicas estaduais para propor diretrizes dos citados planos, consolidar e integrar projetos em andamento e programados e propor novas linhas de atuação.

- Componente Educação Ambiental: Núcleo União Pró-Tietê

O Núcleo União Pró-Tietê foi contratado pela SABESP para realizar o programa de educação ambiental e conscientização da população. O Núcleo criou, desde 1993, o programa “Observando os Rios” que reúne grupos de voluntários para coletar e analisar, mensalmente, a qualidade da água, com parâmetros físicos, químicos, biológicos e de percepção, para a obtenção do IQA - Índice de Qualidade da Água. A metodologia, desenvolvida por Samuel Murgel Branco e Aristides Almeida Rocha, pretende ser instrumento de engajamento da sociedade em ações de despoluição de rios e gestão participativa de bacias hidrográficas.

## 2.4. PORQUE OS CORPOS DE ÁGUA DA METRÓPOLE PAULISTA SE DEGRADAM E PORQUE É TÃO DIFÍCIL RECUPERÁ-LOS: ESTUDOS E ABORDAGENS

### 2.4.1. Estudos sobre causas das variações na qualidade da água do Tietê e uma comparação com o Tâmbisa

Entre os estudos sobre avaliação de qualidade da água no rio Tietê destacam-se os de PAGANINI (2007) e SANTOS (2005) que tratam de dados históricos e elaboram painel de informações que pode ser associado ao uso do solo e a intervenções públicas.

PAGANINI utiliza médias anuais de concentração das variáveis físicas, químicas e biológicas no rio Tietê, desde a nascente até a foz. A partir dessas médias anuais constrói médias quinquenais, cronologicamente subsequentes, para avaliar a evolução em cada período, plotando os valores em gráfico de forma interpolada. Ao mesmo tempo faz a tabulação da evolução no período das cargas poluidoras por UGRHI por onde passa o Tietê. O autor constata que há melhoras nas variáveis de qualidade da água a jusante de Barra Bonita, mas nos trechos da RMSP, há ausência de melhoras acentuadas, devido ao acentuado crescimento da população e das cargas poluidoras. Os resultados refletem os investimentos realizados em saneamento, algo também observável pelo tratamento dos dados dos indicadores de qualidade de água utilizados pela CETESB (PAGANINI, 2007).

O estudo de SANTOS (2005) teve por objetivo identificar e avaliar historicamente a evolução das condições sanitário-ambientais do rio Tietê até o remanso do reservatório de Barra Bonita, interior do estado de São Paulo, a cerca de 300 km da Capital.

O autor pesquisou o conteúdo de vinte e cinco relatórios de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo no período de 1978 a 2002 e calculou as médias anuais para um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos selecionados a partir dos índices, utilizados pela CETESB. A análise dos resultados obtidos revelou uma diversidade de tendências, dependendo das características dos compostos encontrados em cada ponto de amostragem da rede de monitoramento.

A RMSP foi a que apresentou maiores índices de poluição no período estudado, levando-se a acreditar na sua forte influência na contaminação do caudal do Tietê, sentido interior do

estado. Fixando-nos apenas na  $DBO_{5,20}$  e no OD, entre os diversos parâmetros estudados, SANTOS (2005) constata que houve sensível regressão da pluma de poluição, por esses componentes que, em determinado período, atingiu as imediações do reservatório de Barra Bonita.

#### 2.4.2. Análise comparativa entre as experiências do Tietê e o Tâmis

A revisão da literatura indicou que a pesquisa de ROSENCHAN (2005) faz análise comparativa entre as experiências de recuperação da qualidade de água do Tietê na RMSP e no Tâmis, em especial, na GL.

O autor faz um percurso pela estruturação do SES da RMSP até o início da implantação do PDT. Destaca que as condições históricas de estruturação dos SES das duas regiões foi bem diferente devido ao processo de constituição das respectivas áreas metropolitanas e suas políticas de saneamento. Na RMSP, os serviços de saneamento estiveram sempre defasados do intenso crescimento populacional e do processo caótico e degradador do meio ambiente urbano, algo que não aconteceu com o sistema londrino. Para o autor, apesar das intensas pressões antrópicas a que Londres foi submetida, por razões de maior estabilidade cultural e econômica, iniciou mais rapidamente o processo de recuperação das águas do Tâmis.

ROSENCHAN (2005) concluiu pela necessidade do fortalecimento dos poderes públicos paulistas e pelo estabelecimento de um programa de educação ambiental que permita mudanças de comportamento da população.

#### 2.4.3. Abordagens sobre os aspectos político-institucionais

FRACALANZA (2002) quando analisa as ações do CBH-AT no período 1996 – 2000 comenta que até aquele momento havia insuficiente articulação interna entre suas instâncias (Câmaras, Comitê e Subcomitês). Os projetos financiados pelo Comitê eram de pequeno porte e, mesmo estes, eram pouco discutidos no âmbito do Comitê. Por fim, a autora identifica as limitações da capacidade governativa do Comitê frente às ações/atribuições dos órgãos de recursos hídricos, saneamento e meio ambiente estaduais.

O PBH-AT (FUSP, 2009) embora concordando com FRACALANZA, atribuiu as fragilidades institucionais como relativas ao momento de implantação do CBH-AT.

SILVA e PORTO (2003) fazem importantes considerações sobre os aspectos institucionais referentes à gestão dos recursos hídricos na BAT. Os autores entendem que o tema enfrenta quatro ordens de desafios para uma gestão mais integrada de caráter metropolitano:

- Integração entre sistemas/atividades diretamente relacionadas ao uso da água na área da bacia hidrográfica, em particular o abastecimento público, a depuração de águas servidas, o controle de inundações, a irrigação, o uso industrial, o uso energético, ou ainda sistemas com impacto direto sobre os mananciais, como o de resíduos sólidos, tendo em vista a otimização de aproveitamentos múltiplos sob a perspectiva de uma gestão conjunta de qualidade e quantidade.
- Integração territorial/jurisdicional com instâncias de planejamento e gestão urbana – os municípios e o sistema de planejamento metropolitano – tendo em vista a aplicação de medidas preventivas em relação ao processo de urbanização, evitando os agravamentos de solicitação sobre quantidades e qualidade dos recursos existentes, inclusive ocorrências de inundações.
- Articulação reguladora com sistemas setoriais não diretamente usuários dos recursos hídricos – como habitação e transporte urbano – tendo em vista a criação de alternativas reais ao processo de ocupação das áreas de proteção a mananciais e das várzeas, assim como a viabilização de padrões de desenvolvimento urbano que em seu conjunto não impliquem agravamento nas condições de impermeabilização do solo urbano e de poluição sobre todo o sistema hídrico da bacia, à parte as áreas de proteção aos mananciais de superfície.
- Articulação com as bacias vizinhas, tendo em vista a celebração de acordos estáveis sobre as condições atuais e futuras de importação de vazões e de exportação de águas utilizadas na bacia. Esse tipo de articulação tende a tornar-se decisivo e extremamente delicado no futuro, dado que todas as opções de ampliação absoluta de oferta de água para a Bacia, uma vez explorados seus próprios recursos, envolvem a importação de vazões das bacias vizinhas, além do já revertido da bacia do Piracicaba.

Particularmente, quanto à revisão da legislação de mananciais, os autores entendem que a nova legislação pretende enfrentar questões sobre as quais tem limitada ascensão institucional, econômica e, no momento, política (SILVA e PORTO, 2003). De fato, em que pesem as inovações, o novo arcabouço institucional trata, no âmbito de um sistema particular de gestão (no caso o sistema de gerenciamento de recursos hídricos), um problema mais

amplo da metrópole, fortemente relacionado às questões econômicas em geral e do uso do solo em particular.

Por fim, os autores sintetizam alguns pontos básicos prioritários para a gestão integrada da água associada à urbanização na BAT:

- Implantação das ações necessárias à melhoria do processo de decisão pelo Comitê da Bacia.
- Integração entre os sistemas de gestão de recursos hídricos e a gestão territorial.
- Integração da gestão dos sistemas urbanos: recursos hídricos, compreendendo todos os usos da água, inclusive o controle da drenagem urbana, habitação, viário e de transporte público.
- Atuação do sistema de recursos hídricos junto a todos os usuários da água, com vistas à gestão da demanda de água para seu controle e racionalização.

Na mesma linha, CARNEIRO e BRITO (2009) observam no país a desarticulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento do uso do solo, e entre esses e o planejamento do saneamento, na maior parte das vezes delegado às Companhias Estaduais de Saneamento em razão da limitada capacidade institucional dos municípios.

#### 2.4.4. Os programas de controle da poluição hídrica ao longo da constituição da RMSP:

##### Síntese da revisão bibliográfica

A presente revisão bibliográfica buscou retratar os aspectos considerados estratégicos desses programas, registrada nos documentos apresentados. A guisa de síntese para dialogar com o restante da pesquisa foram destacados os itens comentados a seguir.

- Os programas de controle de poluição hídrica (PCPH) só podem ser entendidos no contexto mais amplo da constituição da metrópole e do processo de apropriação de suas águas.
- As primeiras mobilizações sociais em relação ao Tietê tiveram origem nas questões sanitárias do fim do século XIX (devidos às enchentes e às epidemias de febre amarela e cólera) e tiveram como resposta, intervenções no sistema de macrodrenagem.
- Os avanços em coletar e tratar os esgotos na região no início do século XX chegaram com pouca defasagem de outras grandes cidades mundiais, mas foram progressivamente se atrasando por causa da demora nas contratações e execuções dos



projetos.

De maneira geral, os planos, estudos, projetos e obras propostos (e em parte realizados) para implantar o SES metropolitano (ampliar rede de coleta e implantar tratamento de esgotos) só apareceram por volta dos anos de 1940, tendo sempre por base o aproveitamento elétrico das águas da BAT.

Os programas de controle de poluição hídrica só entrariam em definitivo na agenda pública em meados dos anos de 1960 pelas seguintes razões:

- Agravamento da poluição ambiental da RMSP (mananciais da região do ABC) que provocou deseconomias crescentes no setor industrial devido à escassez qualitativa da água e as ausências dos trabalhadores que adoeciam por conta das questões sanitárias.
- Questionamentos cada vez mais intensos dos movimentos ambientalistas sobre a poluição dos corpos de água metropolitanos, em especial, o reservatório Billings, destino dos esgotos tratados da RMSP por causa da apropriação das águas para o setor elétrico, concepção fortalecida pela aprovação do Projeto SANEGRAN no início dos anos de 1970, em detrimento da Solução Integrada.
- Fortalecimento da vertente ambientalista com a proximidade da CNUMD em 1992 que passou a ser predominante e, desde então, contribui decisivamente para colocar o tema na agenda social e pública.

Um capítulo frequente sobre os PCPH são os atrasos e dificuldades de implantação do SES na RMSP. As explicações mais frequentes para esses atrasos, desde os anos de 1950 até os dias atuais, foram:

- O vertiginoso crescimento populacional, tanto na virada do século XIX para o XX, como entre os anos 1940 e 1970, associado à expansão “descontrolada” da mancha urbana metropolitana.
- As dificuldades técnicas e econômicas de implantação da infraestrutura na cidade (custo das desapropriações, barreiras físicas), ambas provocadas por um desenvolvimento “ao sabor da iniciativa particular”.

Quanto à concepção, os planos, estudos e projetos referentes ao controle de poluição hídrica:

- Quase sempre tiveram participação direta ou indireta (consultoria) de especialistas internacionais, com exceção da “Solução Integrada”, mesmo com o avanço em conhecimento e tecnologia que tiveram sua base de formação na RAE, FESB e DAEE.

O relatório do SANEGHAN (GOVERNO DO ESTADO, 1977) chega a destacar a “quase total inexperience dos engenheiros brasileiros em matéria de planejamento e projeto de instalações para tratamento completo de esgotos de grandes cidades, dado o atraso geral do país na implantação e operação de tais obras.

- Até o SANEGHAN, a menos da Solução Integrada, tiveram por base o complexo hidroelétrico da Light, considerado um fato consumado por conta da complexidade tecnológica da bacia do Alto Tietê, os volumes imensos de esgotos públicos e industriais em jogo, a escassa vazão disponível nos cursos de água para diluição dos esgotos tratados e o regime artificial de escoamento a que estão sujeitos os recursos hídricos devido às obras de produção de energia elétrica.
- Repetem muitas vezes os diagnósticos e, em alguns casos, os prognósticos relacionados aos aspectos técnicos e institucionais.
- Se a reestruturação produtiva das atividades industriais significou diminuição das cargas poluidoras, por outro lado, trouxe precarização dos salários e problemas sociais que manteve o padrão periférico de crescimento da metrópole, ambientalmente predatório e socialmente inadequado de ocupação urbana, inicialmente nas áreas de mananciais sul e depois norte.
- A estrutura institucional para o planejamento regional da RMSP implantada durante o regime militar, não foi atualizada para enfrentar as crescentes demandas socioambientais e políticos-institucionais do desenvolvimento metropolitano. Todavia, o CONSULTI serviu de palco para a SABESP buscar o apoio para aprovação do SANEGHAN em 1977.
- Em que pese as iniciativas do GEGHAN de tentar integrar a questão das águas – mananciais e saneamento – sob um enfoque metropolitano, houve centralização de grande parte do processo de planejamento e execução de obras para controle da poluição hídrica, desde meados da década de 1970, na RMSP nos órgãos estaduais, em especial, em uma única empresa detentora da operação dos serviços de saneamento de grande parte dos municípios.

De maneira geral observa-se que os programas de controle de poluição hídrica, no período estudado, foram as políticas dos próprios órgãos públicos estaduais que, em determinadas ocasiões, passam por discussão ou tentativa de articulação nas instâncias regionais –

BAT/RMSP – ou que têm influências regionais como o CONSEMA. Nota-se também, a ausência de participação da União na gestão das áreas metropolitanas após a CF de 1988.

A complexidade ou desordem do processo de constituição da RMSP e dos processos de degradação dos corpos de água da BAT, na verdade, tem lógicas que permitem entendê-la, segundo as mais diferentes e ricas abordagens que se procurou selecionar aqui nesta revisão, nem sempre discutidas e aplicadas amplamente, incluindo os meios de comunicação. Pode-se dizer que essas lógicas, com o perdão do trocadilho, é que tornam o ciclo das águas “hidro-ilógico”.

## 2.5. PROGRAMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO HÍDRICA E RECUPERAÇÃO DO RIO TÂMISA NA GRANDE LONDRES

O rio Tâmis, o mais longo totalmente na Inglaterra e o segundo maior do Reino Unido, percorre 346 km desde as colinas de Costwold até sua foz no estuário do Mar do Norte, em Southend-on-Sea, Essex, após cruzar a Grande Londres (Figura 14).

O termo “Londres” compreende a Cidade de Londres – City of London (denominação mais comum) – e a Grande Londres – Greater London (GL) – criada em 1965 pela combinação da City de Londres, a City de Westminster e mais 32 *borough* ou distritos.



**Figura 14:** Bacia do Tâmesa e a Grande Londres  
 Fonte: Extraído de ENVIRONMENT AGENCY (2009)

### 2.5.1. Constituição da metrópole de Londres, problemas sanitários e degradação da qualidade das águas

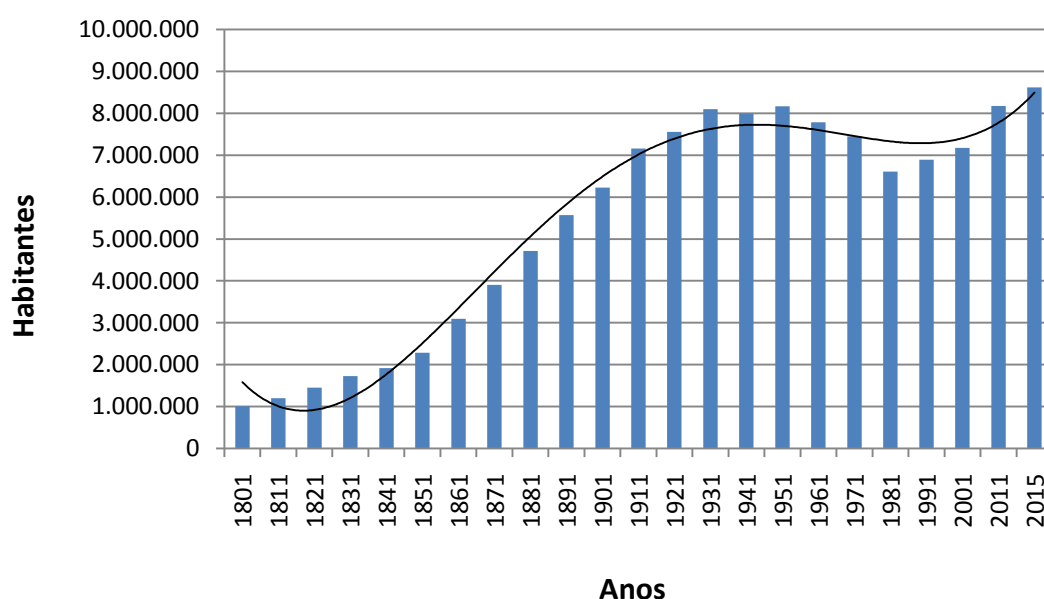
As raízes entre Londres e o Tâmesa vêm desde sua fundação em 43 DC pelos romanos e ganha importância a partir do final do século XVI, com a expansão do comércio internacional. A localização da City favorecia as comunicações com outras regiões por meio de estradas e portos, tanto que a primeira expansão da cidade foi ao longo do rio e depois ao norte. Sua evolução foi rápida e os problemas também vieram cedo, pois a estrutura urbana de cidades como Londres e Paris nesse período, ainda carregavam influências da Idade Média: ruas estreitas, com pouca insolação e ventilação, onde se acumulavam problemas: altos índices de ruído, dificuldade em escoar o esgoto, retirar o lixo e os resíduos das criações de animais. Em Londres, por volta de 1600, se aglomeravam mais de 200 mil habitantes.

Em 1665, houve epidemia de peste e um grande incêndio que vitimou 69 mil pessoas e provocou grande destruição. A reconstrução da cidade seguiu o mesmo traçado original de ruas estreitas que veio dar vazão a novas tragédias posteriormente (EMPLASA, 1993).

A nascente Revolução Industrial trouxe prosperidade com a oferta de emprego e salários mais elevados atraindo grandes contingentes populacionais para as grandes cidades europeias, em especial, as cidades do centro e norte da Inglaterra.

Cresce a importância de Londres como centro comercial e praça financeira internacional que, a partir do final do século XVII, passa a dividir com Amsterdã o papel de principal centro do comércio mundial (LEVY, 1997).

Em termos demográficos, as altas taxas de migração e natalidade levam a crescimentos populacionais impressionantes (Figura 15):



**Figura 15:** População da Grande Londres  
Fonte: A Vision of Britain (2015).

Segundo LEVY (1997), as marcas espaciais desse crescimento são a ocupação da porção oeste pelas camadas altas e médias e da porção leste, de forma densa e desordenada, pela atividade portuária, fabril e pelas habitações das camadas pobres e operárias.

A combinação de grandes aglomerações urbanas, infraestruturas precárias e ações insuficientes dos poderes públicos, levaram os bairros pobres, no final do século XIX, à lastimável situação de regiões com “esgotos a céu aberto”, expondo a população trabalhadora à ação dos agentes patogênicos.

A invenção das privadas e a obrigação de seu uso nas primeiras reformas sanitárias implantadas a partir de 1810 trouxeram melhorias momentâneas ao afastar os esgotos de dentro das casas a tal ponto que em 1853, a maioria das moradias estava conectada a redes de esgoto.

No entanto, ampliou-se ainda mais o fluxo de esgotos dentro de Londres já que os efluentes eram lançados no solo, nas ruas ou no sistema de drenagem urbana, contaminando os poços de abastecimento público e os corpos de água.

O resultado foi o declínio acentuado da qualidade das águas do Tâmesa e seus tributários e o agravamento da precária situação de saúde pública que provocou uma rápida expansão da cólera em 1831. Logo a epidemia se espalhou, ainda no século XIX, para as grandes cidades ao redor do mundo, incluindo São Paulo e Rio de Janeiro<sup>31</sup>.

Em um dia quente do verão de 1858, ocorreu o mais célebre dos episódios: o "Big Stink", o "Grande Fedor", responsável pela suspensão dos trabalhos no Parlamento britânico. A queda no oxigênio dissolvido (OD) e a evolução de sulfeto de hidrogênio, situação potencializada pelo lançamento de efluentes industriais<sup>32</sup>, provocou a emissão constante de maus odores do Tâmesa que provocava incômodos na população.

Esse quadro foi despertando maior consciência social sobre o alto índice de mortes e doenças, particularmente sobre a saúde dos trabalhadores: os aspectos de ordem política e econômica passam a dominar as discussões que levaram às reformas sanitárias na Inglaterra e ao início do processo de recuperação da qualidade das águas do Tâmesa em Londres.

Em termos políticos, o fortalecimento e os apoios à reforma sanitária deveram-se à própria experiência da morte ou o medo dela relacionada à falta de água e saneamento (BACK, 2008), pois, se inicialmente a crise sanitária afetava as camadas mais pobres da população, ainda no século XIX, passou a afetar os demais estratos sociais incluindo os ricos e poderosos.

Houve mobilização de amplos setores da população, organizados em diversas associações, que denunciavam a situação por meio de manifestações e charges públicas – são representativas dessa época as caricaturas sobre a situação do “velho pai Thames” (Figura 16) – e questionavam o Parlamento britânico por melhorias na situação. As condições de habitação foram relatadas por jornalistas, comentaristas e escritores como Dickens, Gaskell e no clássico livro de Engels “Condição da Classe Trabalhadora na Inglaterra” (FISHER e COTTON, 2015).

---

<sup>31</sup> A epidemia manifestou-se de maneira mais intensa em Paris, em 1832, e atingiu os Estados Unidos, por volta de 1880.

<sup>32</sup> No século XIX, as principais atividades industriais que lançavam efluentes no estuário eram muito variadas: fabricantes de sabão, matadouros e processamento de carne, curtumes, fábricas de artefatos de couro, criação de animais, mercados de peixe, entrepostos de carvão e produção de gás de carvão em Barking, uma das maiores da Europa naquele momento (ANDREWS, 1986).

“Temporada de banhos de Londres”



"Venha meu caro! Venha para seu velho pai  
Tâmisa e tenha um bom banho!"



FARADAY GIVING HIS CARD TO FATHER THAMES;  
And we hope the Dirty Fellow will consult the learned Professor.

“Um filósofo à tona”

**Figura 16:** Caricaturas sobre a degradação do Tâmesa

Fonte: Extraído THE VICTORIAN DICTIONARY (2015)

Foram criadas pelo governo comissões reais para investigar as condições de vida dos pobres e estudar as possíveis medidas. No entanto, o ritmo das mudanças e reformas só foi acelerado quando, às preocupações sociais vieram se associar preocupações econômicas de garantir uma força de trabalho saudável. Entre elas, destacam-se (BACK, 2008):

- Os benefícios da reforma sanitária e da implantação do sistema de esgotamento sanitário para a nação foram avaliados como sendo inferiores aos custos incorridos de perder um trabalhador produtivo.
- Os benefícios econômicos decorrentes de uma força de trabalho mais saudável foram mais persuasivos do que qualquer obrigação moral para com os necessitados. Significa que menos mortes de trabalhadores também reduziram os custos de apoio às suas famílias. Nesse sentido, houve apoio dos sindicatos dos trabalhadores à reforma sanitária já que poderia haver aumento no poder aquisitivo dos trabalhadores.
- A crença de que investimentos em infraestrutura tornariam as cidades não só saudáveis, mas mais eficientes associada ao medo de que a prevalência de condições insalubres pudesse ameaçar as classes mais abastadas.
- Os aspectos econômicos foram fundamentais tanto em termos de incentivo como penalidades para as melhorias nos serviços de abastecimento e esgotamento sanitário, particularmente para vencer a relutância de algumas autoridades locais para instalar os

sistemas de abastecimento e esgotamento sanitário e os sistemas de drenagem arteriais.

O combate às doenças foi gradual a partir da década de 1840 quando são tomadas as primeiras medidas em Londres: reforma sanitária, instalação de redes de água potável para abastecimento público. Entretanto, como os sistemas de abastecimento excederam rapidamente a implantação dos sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário – cuja administração, em geral, à cargo das empresas privadas de saneamento nas principais cidades, não atingiam grande parte da população mais pobre – a doença continuou progredindo e Londres sofreria novos surtos em 1848, 1853 e 1866 que resultaram em milhares de mortes.

A situação sanitária da GL começa a se alterar com a publicação da Lei de Saúde Pública, em 1848, que obriga o poder público a universalizar o SES, complementada pela Lei de Melhoria, de 1867, possibilitando que as autoridades locais tomassem empréstimos a taxas favoráveis para desenvolver os serviços de saneamento, elevando o nível de investimentos de forma dramática a partir de 1870.

Quanto ao abastecimento público, até meados de 1850, uma parte considerável da água utilizada em Londres era retirada dos trechos estuarinos do Tâmesa. A partir dos registros advindos dos médicos, paróquias e conselhos municipais e dos estudos epidemiológicos de John Snow foi se tornando convincente que a cólera era uma infecção transmitida pela água e crescia mais intensamente entre os pobres que aumentavam em número e viviam sob precárias condições sociais e sanitárias. Essas constatações levaram à publicação em 1852 da Lei de Água Metropolitana (cuja adoção passou a ser obrigatória a partir de 1859), proibindo que as captações dos sistemas públicos fossem realizadas a montante de pontos de lançamento de efluentes e, em especial, determinava que as captações para Londres só poderiam ser realizadas a montante da barragem de Teddington.

Em 1856, foi criada a Metropolitan Board of Works por meio da Lei Metropolitana de 1855 com o encargo de realizar estudos e levantamentos sobre formas de coleta e afastamento dos esgotos e aproveitamento dos efluentes na agricultura, dentro de Londres (PEARSON, 1970). Depois de estudos e medidas pouco efetivas contra a doença da Comissão Metropolitana (de 1848 e 1849) foi aprovada a implantação do SES londrino, cuja espinha dorsal permanece até hoje com diversos aperfeiçoamentos e ampliações (o mesmo ocorreu em Paris, a partir de 1833, com a instalação do SES e a ampla reforma urbana na cidade de 1855).

O dinamismo econômico do final da década após a 1ª Guerra Mundial, refletiu-se no crescimento da população de Londres que atinge, em 1939, seu valor mais expressivo: 8,7 milhões de habitantes. A população, contudo, não se distribuiu de forma igual: as áreas mais



centrais perderam população para as áreas mais externas onde havia oferta de habitação mais barata (LEVY, 1997).

Depois da 2ª Guerra Mundial, Londres precisou ser reconstruída por conta dos grandes estragos causados pelos bombardeios aéreos na cidade. Essa tarefa exigiu vultosos recursos para atender a população afetada pela guerra.

As políticas urbanas entraram na agenda das políticas do Estado de Bem-Estar com ações redistributivas (tanto do governo central como dos poderes locais). Londres vai assumindo novo padrão urbano: expansão em áreas periféricas e verticalização nas áreas mais centrais.

A população, a partir dos anos de 1970, se estabiliza e começa a decrescer em Londres e nas grandes cidades e passa a crescer nas pequenas cidades movidas pelas políticas nacionais de descentralização para fazer frente aos efeitos da crise mundial com a diminuição na produção industrial e no emprego.

Nos anos de 1980 e 1990, Londres mantém e amplia sua influência com o intenso crescimento do setor terciário (informática, setor financeiro, novas indústrias tecnológicas) e principalmente nos serviços públicos, contrabalançando a diminuição das atividades industriais tradicionais.

As políticas públicas assumem novo formato com privatizações que irão incidir fortemente nos serviços públicos, grandes transações imobiliárias, e renovação urbana, aparelhando a cidade para as exigências das atividades econômicas de um mundo em globalização.

A partir do final da década de 1990, a população de Londres volta a crescer, lentamente, impulsionada pela migração que vem atrás das novas oportunidades da “cidade global”. As consequências espaciais desse novo período são a ocupação da região central pelos mais ricos de um lado e pelos excluídos de outro, beneficiados pelos programas de habitação.

#### 2.5.2. Controle da poluição hídrica e a recuperação da qualidade das águas

A comissão de estudos sobre o saneamento de Londres coordenada por Joseph Bazalgette apresentou proposta que gerou muitas discussões, principalmente sobre os custos – estimados em £3.300 milhões – mas que acabou sendo aprovada em 1856, quando a situação sanitária se agravava.

Os investimentos *per capita* em saneamento básico passaram a aumentar consideravelmente entre 1880 e 1890 e duplicaram a preços constantes na década seguinte.

Em termos gerais, a concepção da proposta aprovada partiu da constatação de que a drenagem principal da área central da cidade de Londres, ao norte e ao sul da região estuarina do Tâmesa, é muito semelhante e propôs de cada lado do rio, um SES de tipo combinado (esgotos sanitários - drenagem urbana), onde coletores troncos, paralelos aos rios se ligam a três grandes interceptores. Esses conduzem os esgotos da região leste para a região oeste, onde, do lado norte do estuário, os esgotos eram encaminhados para o reservatório de Beckton por meio da estação elevatória Abbey Mills (Figura 17).



**Figura 17:** SES londrino no projeto original de Bazalgette

Fonte: Extraído LONDON COUNTY COUNCIL (2015)

Na porção sul do estuário, os esgotos são encaminhados por meio da estação elevatória de Deptford até o reservatório de Crossness (Figura 18).



**Figura 18:** Construção do SES de Crossness ao longo do Tâmesa (na confluência entre o Tâmesa e Barking Creek) em 1860

Fonte: Extraído LONDON COUNTY COUNCIL (2015)

Os sistemas norte e sul dispunham de reservatórios que acumulavam os esgotos por seis horas e os lançavam no estuário por meio de um emissário de 3 km em Barking, na maré baixa. A população de projeto era de aproximadamente 4,5 milhões de habitantes, sendo 60% esgotados pelo sistema de Beckton e 40% pelo sistema de Crossness.

Em 1861, são implantados os “Thames Embankment”, diques/aterros no centro de Londres para assentar os emissários do SES e recuperar terras pantanosas nas margens do rio Tâmesa para obras urbanas. Os “embankments” ainda favoreciam o melhor comportamento hidrodinâmico das águas do Tâmesa, facilitando o arraste, de forma mais eficiente, de materiais em suspensão e lixo que se acumulavam em certas regiões.

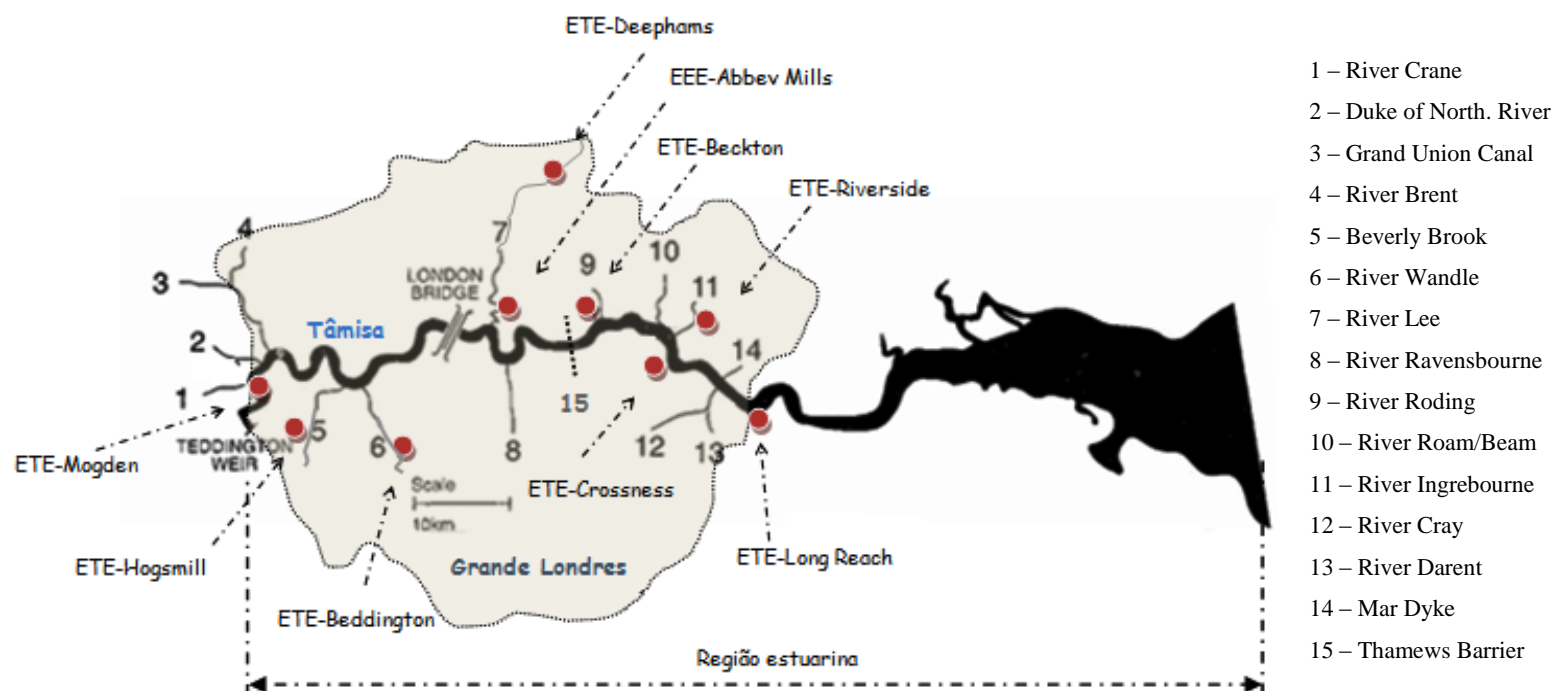
Os temas considerados estratégicos sobre a implantação e aperfeiçoamento do SES londrino e que serão importantes no cotejo com a experiência em curso na RMSP/BAT estão resumidos nos Quadros de 27 e 28.

**Quadro 27:** Estratégias para recuperação da qualidade do Tâmbisa na região de Londres (1892-1949)

| 1882 – 1900                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O Conselho do Condado de Londres (LCC) assume as responsabilidades do Metropolitan Boards of Works em 1887 e propõe a construção de novos interceptores para atender ao aumento da população e das descargas que afluíam ao SES nos eventos chuvosos mais intensos. O declínio da qualidade das águas em Barking (com exalação de maus odores) e problemas com as embarcações pelo acúmulo de lodo levam a Comissão Real sobre Descargas de Esgotos Metropolitanos a recomendar a adoção de sedimentação por tratamento químico dos esgotos (vários métodos foram tentados a partir de 1884). Em 1891, são concluídos dois tanques, um em Crossness e outro em Beckton para clarificação e precipitação química dos esgotos e disposição final de sólidos no mar por barcos (expediente utilizado até 1998) o que acarretou melhora nas concentrações do OD no estuário. A partir de 1898, a Comissão Real elaborou uma série de 10 relatórios sobre a situação sanitária do país.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1903 – 1911                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Em 1903, em seu 3º relatório, a Comissão Real recomendava regular o lançamento de efluentes industriais (tanto por meio do SES como diretamente nos corpos de água). As melhorias no SES tiveram efeitos positivos na qualidade de água do estuário em que pese o intenso crescimento populacional do pós-guerra (1914 - 1918), pelo menos até 1910 quando as concentrações de OD permaneceram acima dos 25% de saturação, em todos os pontos. Com o crescimento da população, dois novos interceptores (em cada lado do rio) foram construídos entre 1905 e 1911. O resultado, somado à decisão de descontinuar o tratamento químico dos esgotos (ATTRILL, 1998) foi a queda das concentrações de OD quase a zero no trecho de 10 km a montante e a jusante dos emissários norte e sul (na região oeste de Londres).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1935 – 1949                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| No 8º relatório, a Comissão Real indica suas preocupações com a regulamentação das emissões de poluentes em corpos de água e recomenda a adoção do padrão “20:30” (20 mgO <sub>2</sub> /L de DBO e 30 mg/L de sólidos em suspensão), considerando a diluição dos esgotos de pelo menos oito vezes no corpo de água (ARCEIVALA, 1981). A depleção de OD viria a se estender mais adentro da região estuarina por conta do funcionamento deficiente de inúmeras pequenas ETEs construídas para tratar os esgotos da população que estava buscando moradia nas áreas periféricas de Londres. ANDREWS (1984) estima que por volta de 1930 houvesse uma ETE para cada 25.2 km <sup>2</sup> em torno do centro de Londres. Em 1935, foi construída a ETE de Mogden, com padrões mais modernos de tratamento, substituindo 28 pequenas ETEs. Entretanto, a continuidade do crescimento da população, em especial nas regiões periféricas da GL e as dificuldades enfrentadas na reconstrução de parte da infraestrutura sanitária destruída na 1ª e 2ª Guerras Mundiais, permitiu a volta do lançamento de esgotos <i>in natura</i> no estuário. Ampliou-se também o lançamento de substâncias tóxicas como os detergentes sintéticos, não biodegradáveis, que passaram a ter uso intensivo no pós-guerra. A mancha de esgoto foi subindo o Tâmbisa e, por volta de 1949, atingiu seu pior estado de qualidade: estava anaeróbico em um trecho de até 10 km a partir dos emissários (não se encontravam peixes por 69 km). |

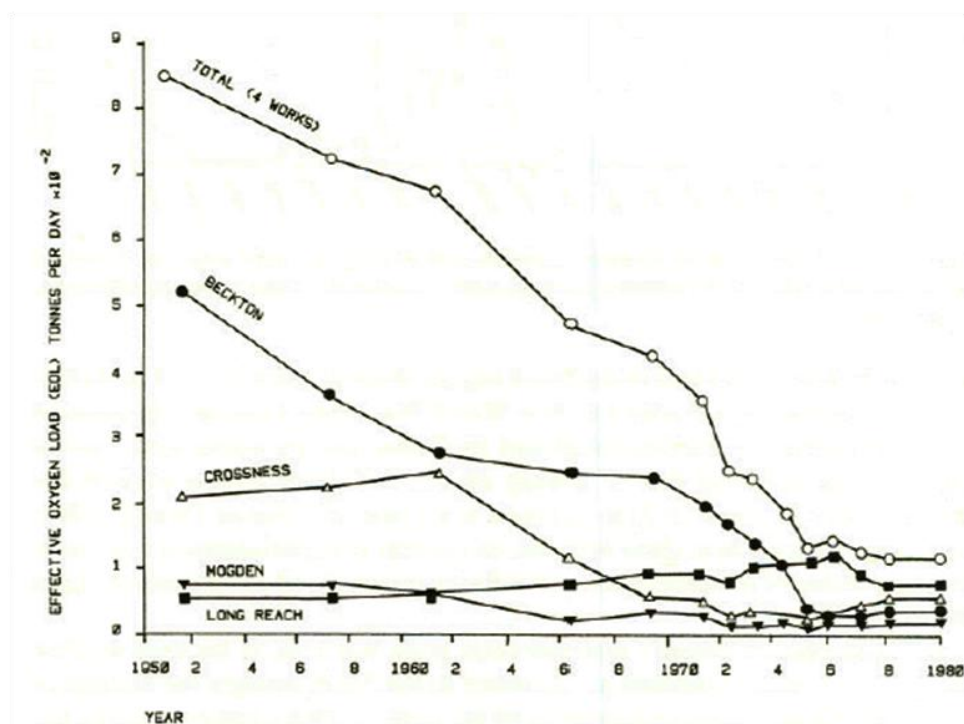
**Quadro 28:** Estratégias para recuperação da qualidade do Tâmbisa na região de Londres (1951-1979)

| 1951 - 1964                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Desde 1948, a Autoridade do Porto de Londres (PLA) e o Comitê de Pesquisa do Tâmbisa, já estudavam as causas de degradação do Tâmbisa (incluindo os problemas causados pelo assoreamento à navegação) e propostas para sua recuperação. Em 1951, foi constituído o Comitê Governamental de Pesquisas sob a coordenação do professor Pippard (ATTRILL, 1998) para empreender estudos científicos detalhados com apoio do Laboratório de Pesquisa sobre Poluição da Água. O relatório final publicado em 1964 forneceu um diagnóstico e propostas de ação: apresentou uma descrição detalhada do estuário, identificação das principais fontes poluidoras e sua contribuição para a degradação da qualidade das águas (a partir de estudos estatísticos), a necessidade de melhorias na operação e eficiência das ETEs (o que veio a ocorrer nos anos seguintes do trabalho da Comissão antes do relatório final) e proposição de modelo matemático de qualidade de água para subsidiar a gestão dos recursos hídricos e as ações de saneamento. Atendendo às recomendações do Relatório foram realizadas melhorias na ETE de Beckton, onde foi instalado em 1954, um novo e mais eficiente sistema de remoção de sólidos por sedimentação e, em 1959, um moderno sistema de lodo ativado por ar difuso para 50% da vazão. Nos anos de 1960 com a recuperação econômica e pressionados pela crescente preocupação com as questões ambientais, houve novos investimentos para recuperação e modernização da infraestrutura sanitária, processo inicialmente coordenado pela Autoridade de Água do Tâmbisa (TWA): as pequenas ETEs foram desativadas, foi construída a ETE de Deephams (1962) para substituir 14 ETEs obsoletas e lançar 2,1 m<sup>3</sup>/s de efluente de alta qualidade no rio Lee (o maior tributário do estuário na área metropolitana). Foram ainda realizadas alterações na ETE-Riverside (1,0 m<sup>3</sup>/s) e desativadas outras pequenas ETEs que lançavam seus efluentes em pequenos tributários da área metropolitana (Figura 19). Em 1964, a ETE de Crossness foi completamente reformada e ampliada com sistemas de areação mecanizada capazes de produzir efluente nitrificado para uma vazão de 5,8 m<sup>3</sup>/s.</p> |
| 1970 - 1979                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Desde que as melhorias de Crossness entraram em funcionamento, cessaram os eventos de anaerobiose do estuário. No início dessa década, a Comissão Real sobre Poluição Ambiental recomendou que substâncias tóxicas e biodegradáveis devessem ser excluídas dos lançamentos e que o governo adotasse dois critérios biológicos para o gerenciamento das águas do estuário: a capacidade de suporte da comunidade bentônica para sustentar a vida e reprodução de espécies psícolas e a capacidade de suporte para permitir a passagem de espécies migratórias dos peixes em todas as marés. A 3ª recomendação foi que a qualidade de água do estuário deveria ser mantida pelo estabelecimento de metas de carga poluidora máxima suportável pelo estuário para atingir os critérios biológicos. A mais significativa alteração na qualidade do Tâmbisa ocorreu após a conclusão das reformas do SES de Beckton, incluindo a implantação do sistema de lodo ativado por ar difuso que ampliou sua capacidade de tratamento, em 1976, para 9,5 m<sup>3</sup>/s (Figura 20). A qualidade do efluente melhorou significativamente e, portanto, houve diminuição acentuada de carga remanescente lançada no estuário (Figura 20), elevação dos níveis de OD (Figura 21) e de recuperação da fauna no estuário (ANDREWS, 1984).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |



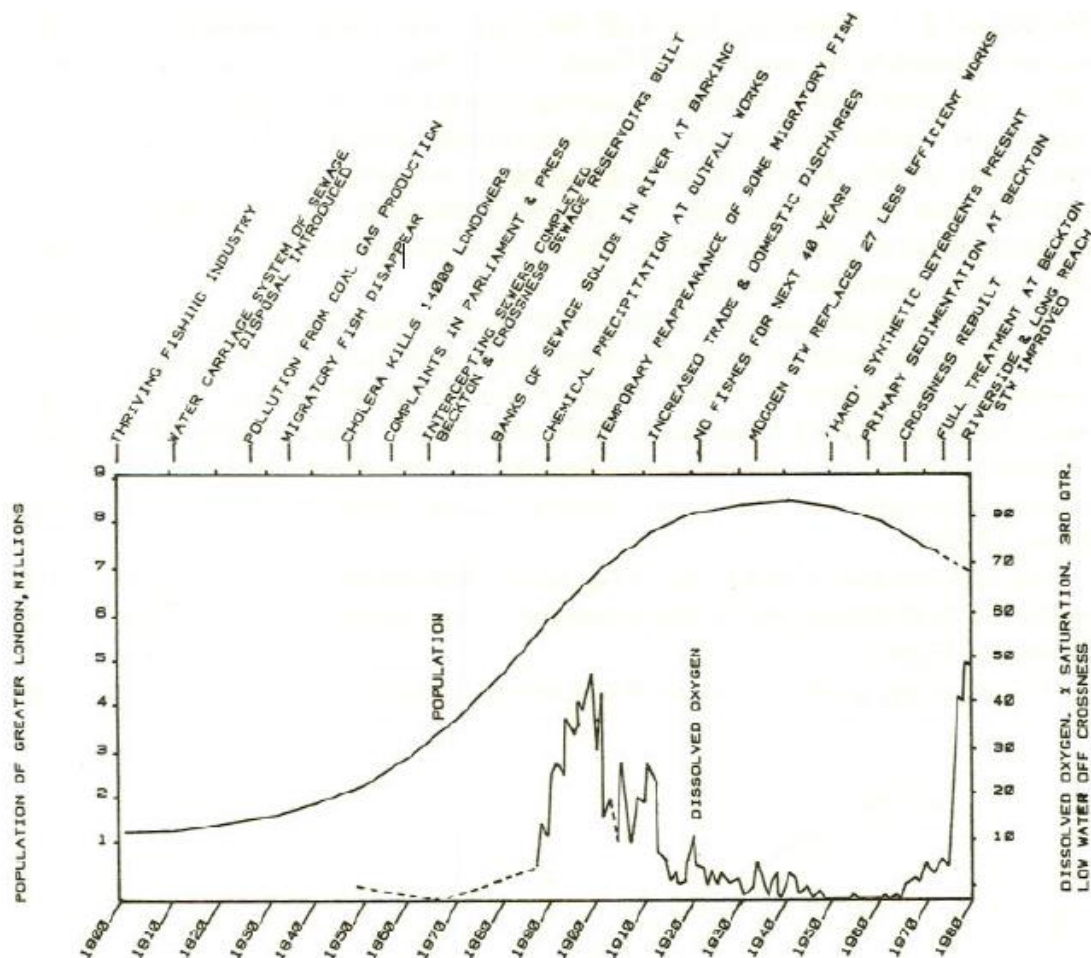
**Figura 19:** Grande Londres, região estuarina do Tâmis e principais ETEs (anos de 1970).

Fonte: Elaborado por Oliveira, a partir ANDREWS (1984) e MAYOR OF LONDON (2011).



**Figura 20:** Implantação das ETEs de Londres e diminuição da carga poluidora lançada no estuário do Tâmesa

Fonte: Extraído do ANDREWS (1984)



**Figura 21:** População da GL e concentração média de OD no estuário do Tâmesa em Crossness

Fonte: Extraído do ANDREWS (1984)

### 2.5.3. O Gerenciamento de recursos hídricos e o processo de recuperação do Tâmesa

A região estuarina do Tâmesa é provavelmente uma das mais bem estudadas do mundo quanto a suas características ambientais, em especial seus corpos de água (ANDREWS, 1986). O monitoramento sobre as concentrações de OD e a volta de espécies no Tâmesa talvez sejam o melhor exemplo: iniciaram no século XIX e foram fundamentais para “decretar” tanto a “morte” quanto a recuperação do Tâmesa no final dos anos de 1970, quando o salmão, reconhecidamente sensível à poluição, voltou acompanhado de mais de 100 espécies de peixes e mais de 400 espécies de invertebrados.

Certamente, a crise sanitária do século XIX foi um fato gerador dessas iniciativas, mas as preocupações em garantir a navegação, principalmente o tráfego no Porto de Londres, também contribuíram para os primórdios da gestão dos recursos hídricos no Tâmesa.



A participação da comunidade acadêmica veio a fortalecer esse interesse no estuário quando os problemas ambientais voltaram em meados dos anos de 1930. Entre os principais estudos sobre o Tâmesa está o relatório “Effects of polluting discharges on the Thames Estuary” (1964), um marco referente às estratégias que guiaram os órgãos públicos na recuperação do estuário, publicação que infelizmente, não temos semelhante para o rio Tietê na BAT, em que pesem os recentes esforços da FABHAT em sistematizar e tratar informações dispersas em diversas fontes de dados.

O sistema de gerenciamento de recursos hídricos inglês é bastante posterior às primeiras iniciativas de recuperação do Tâmesa, mas foi fundamental na reestruturação dos sistemas e nos esforços de ampliação e consolidação das melhorias que foram sendo alcançadas.

O gerenciamento dos recursos hídricos na Inglaterra e País de Gales e, em especial no Tâmesa, tem história de longa data. Os principais aspectos de interesse para a pesquisa encontram-se no Quadro 29:

**Quadro 29:** Sumário dos principais aspectos do gerenciamento dos recursos hídricos na Inglaterra e País de Gales (continua)

| Lei das Águas de 1963                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A Lei das Águas de 1963 veio em resposta à necessidade de uma abordagem coordenada para o gerenciamento dos recursos hídricos, incluindo os problemas de expansão da infraestrutura de saneamento, oriundos dos esforços de reconstrução da 2ª Guerra, que levou a uma estrutura altamente fragmentada: em 1945, havia mais de 1.000 organismos envolvidos no fornecimento de água e cerca de 1.400 organismos responsáveis pela rede de esgotos e tratamento de esgoto, a maioria, autoridades locais. O foco da legislação teve dois objetivos principais: consolidar as empresas municipais para melhorar o fornecimento de água e garantir o apoio financeiro público para estender os serviços de água e saneamento para comunidades rurais. Dois eventos hidrológicos marcantes no período também contribuíram para acelerar esse processo: uma grave seca em 1959 e inundações em 1960 (OFWAT, 2006). A Lei instituiu para a Inglaterra e País de Gales a Autoridade Nacional de Rios (NRA) e 29 Autoridades de Rios (NRA), por bacias hidrográficas, incluindo o Thames Conservancy e o Lee Conservancy Catchments Boards já existentes, com diversas atribuições, entre elas: poderes executivos para prevenção e controle das captações, abastecimento público, drenagem, navegação, pesca e, a partir de 1974, com a lei do controle de poluição, a regulação da qualidade da água.</p> |

**Quadro 29:** Sumário dos principais aspectos do gerenciamento dos recursos hídricos na Inglaterra e País de Gales (conclusão)

| A Lei de Águas de 1974                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Embora o gerenciamento dos recursos hídricos tenha melhorado substancialmente foi ineficaz quanto aos mecanismos de implementação provocando impactos na qualidade da água e no abastecimento público (REEVE, 1983). Como resposta o Governo tomou uma série de medidas, entre elas, a criação de um Grupo de Trabalho para o Tratamento de Esgotos em 1969, abordando aspectos de saúde pública, econômicos e tecnológicos (formas de tratamento de esgotos), o fortalecimento dos órgãos regionais de gestão e do planejamento em nível nacional. Em decorrência foi aprovada nova versão da Lei das Águas em 1974 promovendo forte reestruturação na estrutura existente: criação de 10 Autoridades Regionais para Recursos Hídricos visando ação mais integrada (especialmente quanto aos setores de saneamento e recursos hídricos) e exigências para que esses novos entes passassem a operar com controles mais rígidos quanto ao desempenho financeiro. Em vista dessas medidas, tornou-se progressivamente maior a dificuldade em atender aos critérios estabelecidos e às diretrizes ambientais da Comunidade Europeia durante a década de 1980. Nova reestruturação, ainda mais radical veio com a Lei das Águas de 1989, privatizando o setor (incluindo a gestão das águas, os sistemas de abastecimento e tratamento de esgotos) e criando sistema de regulação composto pela Agência Reguladora dos Serviços da Água - The Water Services Regulation Authority (OFWAT) — responsável pela definição dos preços e qualidade dos serviços de saneamento e o Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos do Meio Rural (DEFRA). O órgão executivo do DEFRA é a Agência Ambiental (que herdou atribuições da NRA), responsável pelo licenciamento dos lançamentos de efluentes e a implantação da legislação europeia de água.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Gerenciamento de recursos hídricos no Tâmsa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>Uma das primeiras iniciativas para a gestão do Tâmsa foi a criação da Comissão Oxford-Burcot em 1605 para tornar o rio navegável entre Burcot e Oxford. Em 1751, foi constituída a Comissão de Navegação do Tâmsa para gerir todo o rio acima de Staines (ou Staines-Upon-Thames, cidade às margens do Tâmsa que está hoje à oeste da área construída da GL), mas a cidade de Londres logo reivindicou a responsabilidade pelo rio na sua região. Em 1857, foi criado o Thames Conservancy para gerir o Tâmsa a montante de Staines e da GL) e, em 1909, os poderes do Thames Conservancy sobre o rio, abaixo Teddington (limite da região estuarina do Tâmsa na GL à oeste), foram transferidos para a Autoridade do Porto de Londres (PLA). A Lei do Governo de Londres de 1963 criou o Conselho da Grande Londres (GLC) que recebeu poderes para: o controle e operação da porção do SES que servia a região – as principais ETEs e o sistema combinado de drenagem/esgotamento sanitário, controle e prevenção de poluição na área não estuarina dos tributários da Área Excluída da Grande Londres (a área de drenagem de aproximadamente 1.040 km<sup>2</sup> da GL isenta do controle da Autoridade do Rio). A Lei do Porto de Londres de 1964 ampliou os poderes do PLA que adquiriu atribuições sobre o controle da poluição do Tâmsa no trecho estuarino, abaixo da represa de Teddington, e dos afluentes na área estuarina.</p> <p>A Lei das Águas de 1963 criou a Autoridade de Águas do Tâmsa (TWA) com atribuições como abastecimento público, drenagem que substitui a Thames Conservancy. A partir de 1974, com a lei do controle de poluição, a regulação da qualidade da água e o gerenciamento das grandes ETEs de Londres, a TWA também ficou encarregada de aplicar as recomendações da Comissão Real para a recuperação do estuário. Por seu turno, o GLC permaneceu responsável pela drenagem dos solos e defesa contra inundações dentro de sua região, até sua extinção em 1986, quando essas atribuições passaram para a TWA e, posteriormente, com a privatização do setor para a empresa Águas do Tâmsa (TW).</p> |

## 2.6. AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DOS CORPOS DE ÁGUA

Avaliação da qualidade da água é um processo global de análise de suas características físicas, químicas e biológicas, ao longo do tempo e do espaço, necessário para verificar se essa qualidade é desejável para determinados usos humanos atuais ou pretendidos e à saúde dos ecossistemas.

### 2.6.1. Elementos básicos dos programa de avaliação de qualidade de águas

A implantação de um programa de avaliação de qualidade de água deve estar focada sobre a distribuição espacial e temporal e as tendências dos valores das variáveis de qualidade e sobre a localização e comportamento das fontes de poluição que podem interferir nestes valores.

Segundo CHAPMAN (1996), a implantação de tais programas deve estar relacionada com as prioridades socialmente definidas, ou seja, sobre a real necessidade das informações de qualidade permitindo escapar do dilema muito comum “rico em dados, pobre em informações”. A meta de toda avaliação deveria ser a obtenção de informações para subsidiar o processo de tomada de decisões na gestão ambiental dos corpos de água: o tratamento de dados gerados e sua difusão não devem estar somente baseados em conhecimentos técnicos, mas também refletir as preocupações dos setores sociais interessados.

O monitoramento da qualidade de água é atividade prática que fornece informação essencial para os programas de avaliação. Constitui uma coleção de informações significantes, padronizadas, sistemáticas, em pontos determinados, ao longo do espaço e do tempo para acompanhar, por meio do comportamento de certas variáveis representativas, as condições do ambiente não alterado, as alterações de sua qualidade, o impacto de eventos extremos, entre outros aspectos.

O monitoramento deve ser desenhado para permitir a correlação das variáveis analisadas com a situação ambiental da bacia hidrográfica ou trecho dela onde está inserido o corpo de água, elaborar previsões e fornecer subsídios para ações de gestão ambiental. Os elementos básicos dos programas de avaliação de qualidade de água estão descritos resumidamente na Figura 22.



A CETESB, com apoio técnico de entidades internacionais, vem implantando suas redes de monitoramento desde 1974 e vem aplicando progressivamente as etapas descritas acima em sua implantação, ampliação e aperfeiçoamento, em especial, a maior integração das redes qualitativas e quantitativas de águas superficiais e subterrâneas. Isso tem permitido a realização de inúmeros estudos para avaliação ambiental dos corpos de água do estado de São Paulo, principalmente sobre as alterações na qualidade dos mananciais.

A utilização dos dados e informações geradas, ainda é mais frequente nos órgãos públicos, ainda assim, em ocasião de situações críticas de poluição e na discussão de projetos como o PDT. Em termos estaduais, só mais recentemente, alguns Comitês como o CBH-Sorocaba, CBH-PCJ e CBH-Paraíba e instituições como o Ministério Público Estadual, por meio dos Grupos de Apoio ao Meio Ambiente (GAEMA) tem se interessado mais detidamente no processo de aperfeiçoamento das redes quanti-qualitativas e nos usos dados para avaliação ambiental. Os demais setores sociais, e a imprensa passaram a consultar e discutir as informações da rede de qualidade, principalmente em eventos críticos relacionados aos recursos hídricos metropolitanos.

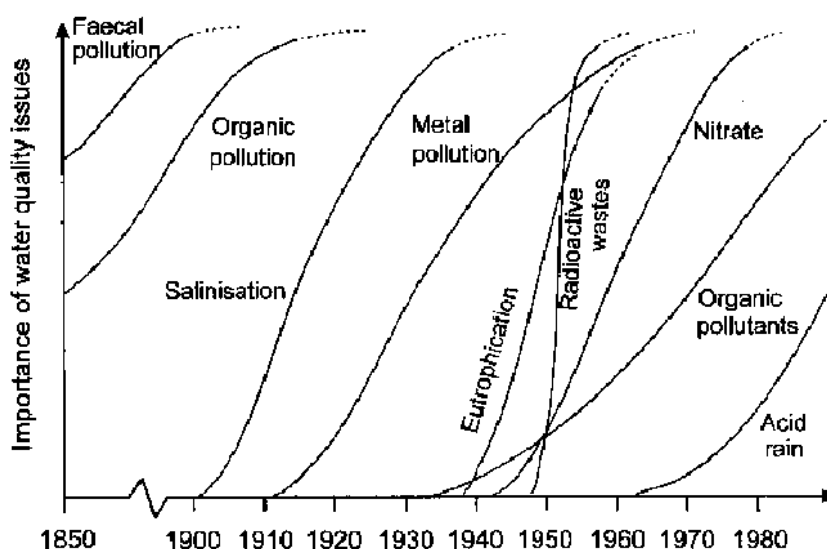
#### 2.6.2. Recursos hídricos, qualidade ambiental e saúde pública

O homem utilizou por milênios e até muito recentemente, a capacidade de renovação e autopurificação da água presente na hidrosfera terrestre por meio do grande sistema natural de reciclagem quantitativa e qualitativa da água: o ciclo hidrológico, movimento contínuo que a água percorre, em curtos períodos de tempo (anos, meses) fazendo variar os valores estocados na hidrosfera entre o mar, a atmosfera e o solo e que tem na radiação solar e na gravidade suas fontes de energia. Isso foi possível enquanto o ciclo hidrológico era mais previsível, as demandas e cargas poluidoras não eram significativas e os impactos eram localizados criando a ilusão que a água não se esgota e está sempre naturalmente se renovando à nossa disposição novamente para o consumo.

Tem-se observado o crescimento intenso das demandas pelos mais diversos usos, particularmente abastecimento público e agricultura, pressionando a disponibilidade hídrica. Os mananciais superficiais e subterrâneos vêm sofrendo degradação por impacto das cargas pontuais e difusas urbanas e rurais, incluindo aquelas que aportam os corpos de água oriundos de acidentes ambientais. As cargas difusas estão nos dias atuais entre as principais

preocupações dos órgãos ambientais/gestores de recursos hídricos nos Estados Unidos e na Europa.

É ilustrativo o trabalho de HELMER (1994) associando os estágios do desenvolvimento urbano industrial moderno (Figura 23) ao número crescente de substâncias encontradas nos corpos de água.



**Figura 23:** A sequência das questões de qualidade de água e o desenvolvimento dos países industrializados

Fonte: Extraído de HELMER (1994)

Segundo MIERZWA e AQUINO (2009) existem aproximadamente 41,8 milhões de substâncias orgânicas e inorgânicas registradas no Serviço de Compêndio de Substâncias Químicas (CAS), das quais 26,5 milhões estavam disponíveis comercialmente. REIS (2004) agrega números a essa preocupação quando constata que já foram encontradas mais de 423 substâncias químicas orgânicas nas águas brutas e dessas, 325 nas águas tratadas. Entre elas estão os fertilizantes, fungicidas e os fármacos – tais como, antibióticos, hormônios, anestésicos, anti-inflamatórios, detectados no esgoto doméstico em baixas concentrações, em águas superficiais e de subsolo.

Por outro lado, os efeitos das inadequadas condições de saneamento sobre a saúde humana são conhecidos desde a Antiguidade: a diarreia é responsável por 4,3% dos anos de vida perdidos por incapacitação ou mortes precoces no mundo, sendo 88% dessa carga de doenças atribuída à inadequação do abastecimento de água, da disposição de esgotos e da higiene.

Já os ecossistemas sofrem alterações que nem sempre são lineares: são em geral complexas e imprevisíveis. A insuficiência de dados sobre sua estrutura e função e, ainda, o conhecimento sobre os problemas criados ou exacerbados pelas contínuas inovações tecnológicas agregam mais incertezas ao processo de gestão ambiental (ROSENBAUM, 1998). Esta última característica aponta para lógica diversa dos sistemas econômicos: enquanto estes, para serem “mais saudáveis” no paradigma atual devem exibir crescimento, os sistemas naturais mais “bem-sucedidos” não maximizam suas variáveis, eles as aperfeiçoam: a questão não é ser eficiente, mas sustentável.

Nas décadas recentes, vem se tornando evidente a limitação das abordagens científicas correntes, por conta das drásticas mudanças antrópicas em nível espacial e temporal, incluindo aquelas trazidas pelas mudanças climáticas no meio ambiente em geral e nos ciclos hidrológicos em particular, relacionadas à disponibilidade quantitativa e qualitativa dos corpos de água.

Em resposta, as organizações internacionais vêm gestando desde a Conferência Global da Água de Mar Del Plata em 1972, novos conceitos e associado a eles uma nova prática: o gerenciamento integrado de recursos hídricos (GIRH). A CNUMAD teve o mérito de promover uma primeira grande consolidação do tema no Capítulo 18 da Agenda 21 quando define que:

*O manejo integrado de recursos hídricos baseia-se na percepção da água como parte integrante do ecossistema, um recurso natural e bem econômico e social cujas quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização. Com esse objetivo, os recursos hídricos devem ser protegidos, levando-se em conta o funcionamento dos ecossistemas aquáticos e a perenidade do recurso, a fim de satisfazer e conciliar as necessidades de água nas atividades humanas. Ao desenvolver e usar os recursos hídricos deve-se dar prioridade à satisfação das necessidades básicas e à proteção dos ecossistemas. No entanto, uma vez satisfeitas essas necessidades, os usuários da água devem pagar tarifas adequadas (...) O manejo integrado dos recursos hídricos, inclusive a integração de aspectos relacionados à terra e à água, deve ser feito ao nível de bacia ou sub-bacia de captação.*

A legislação brasileira registrou a preocupação com a implantação do GIRH desde muito cedo, por meio da Lei paulista nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, e da Lei Federal nº 9.433/1998 referente à política nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

### 2.6.3. Normas legais sobre qualidade de água

#### 2.6.3.1. Normas nacionais

As competências para legislar sobre águas no Brasil são exclusivas da União, conforme o artigo 22 da CF de 1988.

As normas que se referem à qualidade de água fizeram um longo percurso institucional, desde a publicação do Código de Águas em 1934, em âmbito nacional, passando pelos dispositivos legais paulistas (comentados no item 2.2.3 desta pesquisa), até a aprovação da Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (acolhida pela Constituição Federal de 1988).

A Lei nº 6.938/81 no artigo 4º, inciso III, define que a política visará (...) "o estabelecimento de critérios e padrões da qualidade ambiental e de normas relativas ao uso e manejo de recursos ambientais". No artigo 2º, inciso VII, define que entre seus princípios está o acompanhamento do estado da qualidade ambiental. No artigo 9º, inciso VII, a Lei 6938/81 estabelece entre seus instrumentos, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental.

O principal documento legal que regulamenta a Lei nº 6.938/81 quanto à qualidade das águas superficiais é a Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e suas alterações, publicada em 17 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, segundo seus usos preponderantes, e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. O termo "qualidade", base da legislação, não está associado ao estado de pureza química da água: é um termo relativo, pois depende dos usos a que a água se destina e da escala de valores que se utiliza para medi-la.

As águas doces no Brasil são classificadas em cinco classes (com as condições e respectivos padrões de qualidade ambiental): Especial, 1, 2, 3 e 4. Os padrões de algumas variáveis contidos no Decreto Estadual de São Paulo, nº 8.468 de 1976, são mais restritivos do que os dispostos na legislação federal.

A aplicação da classificação gera o enquadramento dos corpos de água que vem evoluindo, em termos institucionais, nos últimos 60 anos. Transitou de instrumento das políticas de controle de poluição hídrica, do final dos anos de 1950, para instrumento da política de gerenciamento de recursos hídricos, sem, no entanto, perder sua estratégica função para o controle da poluição hídrica.

O enquadramento, segundo a definição da CONAMA nº 357/05, é o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos pretendidos, ao longo do tempo. Enquadrar significa ajustar, cada trecho/porção do corpo de água ao quadro da legislação que associa usos preponderantes, desejados frente aos padrões de qualidade. É processo que não deve ser monopólio do planejador, mas um processo aberto, resultado de vários interesses, leituras da



realidade, aspirações em disputa, ou seja: não é “neutro”, tem “variáveis técnicas” e político-institucionais que devem ser tratadas de forma integrada para ser viável. Em termos gerais, o Enquadramento:

- Será elaborado e implantado por metas progressivas (intermediárias e final), obrigatórias e essas deverão ser atingidas em regime de vazão de referência. Na ausência de metas ou para os demais parâmetros não incluídos nas metas, vale o padrão de qualidade. O fato de um trecho de rio estar enquadrado em determinada classe não significa, necessariamente, que esse seja o nível de qualidade que ele apresenta, mas sim aquele que se busca alcançar ou manter ao longo do tempo.
- Deverá considerar as especificidades dos corpos de água, com destaque para os ambientes lânticos e para os trechos com reservatórios artificiais, sazonalidade de vazão e regime intermitente.
- Deve gerar diretrizes para alocação de água em quantidade e qualidade (Outorga/Licenciamento, Planos).

A legislação ambiental ainda articula por meio da Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, os aspectos qualitativos com o controle de poluição. O artigo 5º dessa Resolução estabelece que os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento. Os artigos 16 e 21 estabelecem que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor, desde que obedeçam as condições e padrões previstos nesse artigo e os padrões de emissão definidos no artigo 18 do Regulamento da Lei Estadual nº 997 de 1976, aprovada pelo Decreto nº 8468 de 1976.

Os procedimentos para elaborar e implantar o enquadramento estão definidos na Resolução nº 91 de 2008 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

O Enquadramento no Estado de São Paulo tem história de longa data, conforme descrito no item 2.4.2 desta tese, até o advento do Decreto Estadual nº 10.755 de 22 de novembro de 1977 que regulamenta o Decreto nº 8.468/1976.

#### 2.6.3.2. Normas internacionais

Em termos internacionais, as primeiras regulamentações e entidades do setor surgiram no início dos anos de 1970 em resposta aos problemas ambientais e às mobilizações das entidades sociais. Os principais exemplos são a criação da Agência de Proteção Ambiental

(USEPA) e a Lei da Água Limpa (1972) nos Estados Unidos, a Lei de Águas (1975) e a Política Federal das Águas no Canadá (1987).

O continente europeu vem discutindo e aprovando, desde os anos de 1990, uma série de normas que buscam tratar, de forma articulada, sobre saneamento e qualidade de água.

Em 30 de maio de 1991, foi aprovada a Diretiva nº 91/271/CEE, JO L 135 sobre o Tratamento de Águas Residuais Urbanas, que tem por objetivo proteger o ambiente dos efeitos dos lançamentos de águas residuárias urbanas de aglomerações urbanas de maior ou menor dimensão e das águas residuais industriais biodegradáveis do setor agroalimentar (por exemplo, da indústria de transformação de leite, da indústria de transformação de carne, da indústria cervejeira etc.).

A Diretiva especifica o tipo de tratamento mínimo de que devem ser objeto, estabelece os valores-limite máximos de emissão para os principais poluentes (carga orgânica e nutrientes) e define metas que os Estados-membros devem garantir que todas as aglomerações disponham de sistemas coletores das águas residuais urbanas (COMISSÃO EUROPEIA, 2013):

- O mais tardar até 31 de dezembro de 2000, quanto às aglomerações com um equivalente de população superior a 15.000.
- O mais tardar até 31 de dezembro de 2005, quanto às aglomerações com um equivalente populacional entre 2.000 e 15.000.

A plena aplicação da Diretiva constitui um pré-requisito para a realização dos objetivos ambientais enunciados na Diretiva-Quadro Água (2000/60/CE, JO L 327 de 22 de dezembro de 2000) e na Diretiva-Quadro Estratégia Marinha (2008/56/CE, JO L 327 de 25 de junho de 2008).

A Diretiva Quadro da Água (DQA) define e normatiza, desde 2000, para todo continente, a bacia hidrográfica como unidade de gestão e tem por objetivo central alcançar uma boa qualidade das águas de superfície – interiores, de transição e águas costeiras – e das águas subterrâneas para todo o território até 2015.

Diferente das abordagens tradicionais, a DQA está baseada no atingimento da boa qualidade que relaciona diversos aspectos:

- Ecológicos: definidos por meio de indicadores biológicos, hidromorfológicos, físico-químicos.

- Químicos: as concentrações de determinados poluentes não devem ultrapassar os valores orientadores definidos no anexo IX da Diretiva.

A DQA estabelece metas progressivas que cada Estado-membro deve cumprir os mecanismos institucionais e legislativos que devem ser adotados, como a elaboração e atualização permanente de planos de bacia com participação social e estabelece a aplicação de sanções financeiras caso as metas não sejam atingidas.

A Comissão Europeia atualiza permanentemente a classificação de substâncias prioritárias (classificação do estado químico) que devem ser atingidas pelos Estados-membros e avalia a situação de atendimento à DQA. Suas conclusões e recomendações são publicadas em relatórios divulgados publicamente e enviados para análise e deliberação no Conselho/Parlamento Europeu.

O balanço dos últimos 20 anos da Diretiva de Tratamento de Águas Residuais Urbanas, publicado em 2013 (base dos dados de 2010), indica que foram realizados progressos significativos no sentido da sua plena aplicação, em particular (COMISSÃO EUROPEIA, 2013):

- As taxas médias de conformidade para o tratamento secundário são da ordem de 88 % e mais elevadas ainda para os sistemas coletores e para o tratamento mais rigoroso (97 % e 90 %, respetivamente).
- Um aspecto que preocupa as autoridades europeias são as não-conformidades para os países que entraram na CEE em 2004 e para as 585 grandes cidades (com populações iguais ou superiores a 150.000 habitantes). A elevada carga poluidora gerada por essas cidades corresponde a 45 % da carga total da CEE e provocam considerável poluição ambiental. Por exemplo, em 2010, apenas 11 das 27 capitais dos Estados-membros da União Europeia estavam em plena conformidade com os requisitos de tratamento mais rigorosos, quando aplicáveis e Londres, naquela ocasião, não estava entre elas.
- A infraestrutura de informação criada no âmbito do Sistema de Informação sobre a Água para a Europa funciona bem. O processo foi melhorado e os prazos para o tratamento e a avaliação dos dados significativamente reduzidos.

2.6.4. Modelagem matemática de qualidade de água como ferramenta de planeamento e gestão

Segundo CHAPRA (1997), modelos matemáticos (diferente dos físicos, construídos) são uma formulação idealizada (por meio de equações matemáticas) que representa a resposta de um sistema físico a um estímulo externo.

Os modelos de qualidade de água estão se tornando parte integrante dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos para estimar a distribuição temporal e espacial de variáveis físicas, químicas ou biológicas da água nas mais diversas situações, como, por exemplo: definição de metas de qualidade nos processos de enquadramento dos corpos de água, avaliação de possíveis impactos ambientais nos processos de licenciamento ambiental (e outorgas) de novos empreendimentos ou fontes de poluição, avaliação dos programas de controle de poluição e das possíveis causas de variação da qualidade dos corpos de água, simulação de acidentes como vazamentos e ruptura de tanques e barragens, implantação-operação de redes de monitoramento ambiental de corpos de água.

Segundo o autor, os modelos matemáticos evoluíram substancialmente desde os primórdios do século XX e essa caminhada, pode ser dividida em quatro grandes etapas (Quadro 30):

**Quadro 30:** Evolução da modelagem matemática de qualidade de água (continua)

| <b>1925-1960</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Inicia com o trabalho seminal de H. W. Streeter e E. B. Phelps (1925), no rio Ohio que consideram o rio como um sistema de geometria simples (escala 1D), cinética linear e estado estacionário – vazão e velocidade da água constantes no tempo e no espaço. As cargas orgânicas ( $DBO_{5,20}$ ) são consideradas de contribuições localizadas e constantes, lançadas por fontes poluidoras que, após a mistura inicial do efluente com a água do rio, é considerada imediata (despreza-se a difusão ou dispersão turbulenta logo a jusante). Os problemas estavam focados na capacidade de autodepuração dos rios. |
| <b>1960-1970</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Foram incorporadas avaliações mais detalhadas das variações de OD - DBO entre 1938 e 1960, em especial, pela separação da DBO Carbonácea da Nitrogenada nas equações. Foram introduzidas soluções numéricas (além das analíticas) e de sistemas geométricos mais complexos (escalas 1D e 2D) em estuários e rios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Quadro 30:** Evolução da modelagem matemática de qualidade de água (conclusão)

| <b>1970-1977</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Utilização de abordagens mais amplas com o uso de computadores a partir dos anos de 1960 (inserção das escalas 2D e quase 3D, soluções numéricas e cinética não linear). A questão da qualidade de água entrou na agenda social com a crescente consciência ambiental e os constantes desafios dos pesquisadores e órgãos ambientais para ampliar seus estudos e intervenções para uma abordagem regional (bacia hidrográfica), em vez de pontual (fontes de poluição) <sup>33</sup> . O principal problema naquela ocasião era a eutrofização de rios, lagos e regiões estuarinas e o foco voltou-se para a melhoria no tratamento das fontes pontuais e do “ataque” às fontes não pontuais (difusas). Esse período assiste o desenvolvimento e aplicação da série de modelos QUAL (1971) da agência ambiental americana (USEPA) e do modelo SIMOX - Dissolved Oxygen Simulation (1974) – muito utilizado na bacia do Alto Tietê nos primeiros estudos de qualidade de água da região.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>1977 em diante</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Os principais problemas estão voltados para as substâncias tóxicas e os riscos que representam aos sistemas ecológicos e à saúde humana. Um avanço importante foi o maior entendimento sobre como os sedimentos e os materiais particulados participam do processo de transporte e disseminação de substâncias tóxicas (compostos orgânicos e metais) no ecossistema hídrico (incluindo as interações na cadeia alimentar). Crescem os recursos computacionais possibilitando a utilização de soluções numéricas, nas escalas 2D e 3D, dos módulos hidrodinâmicos e dos módulos para avaliação e definição das melhores alternativas baseados nos custos de implantação e operação das soluções. A criação de um grupo de trabalho da Associação Internacional da Qualidade da Água (IAWQ Task Group on River Water Quality) possibilitou desenvolvimento de base científica e técnica para a formulação e padronização consistente dos modelos de qualidade da água e guias para sua implantação. Novos modelos matemáticos computam a distribuição espacial e temporal das variáveis de qualidade de água nos corpos de água receptores (sistema), como função de ações de controle de poluição – tratamento de efluentes, abatimento das cargas difusas (o estímulo). |

A modelagem matemática vem sendo utilizada na RMSP/BAT, desde a elaboração dos primeiros estudos e programas de controle de poluição hídrica, acompanhando o desenvolvimento técnico e científico.

Inicialmente, os modelos eram baseados nas equações modificadas de Streeter e Phelps<sup>34</sup>, considerando o sistema hídrico como unidimensional e estado estacionário, tais como as do modelo utilizado no plano Hazen and Sawyer (SÃO PAULO, ESTADO, 1967), o SIMPOP

<sup>33</sup> Apesar da avaliação de CHAPRA (1997) sobre os movimentos sociais e a consciência ambiental ser voltada para a realidade americana, ela coincide, em alguns aspectos, com a realidade brasileira, quando da realização dos primeiros estudos mais detalhados para compreensão dos problemas de qualidade de água, particularmente na bacia do Alto Tietê.

<sup>34</sup> Inserção de outras variáveis como coliformes fecais, frações carbonácea e nitrogenada da DBO, demanda bentrônica, sedimentação, variações para comportamento em reservatórios.

(modelo para Simulação do Alto Tietê a partir de 1974 para promover a melhoria de qualidade de água da represa Billings, cujas condições pioravam quando os esgotos eram bombeados pelo sistema da Light), o DOSAG, desenvolvido pela USEPA e utilizado nos estudos do SANEGRA (entre 1976-1977), até a série SIMOX, desenvolvida, em 1973 pelo Centro Panamericano de Ingenieria Sanitária y Ciencias del Ambiente - CEPIS (CONSÓRCIO ENGIESAN, 1989).

O SIMOX foi aperfeiçoado e utilizado pela CETESB para avaliar a influência do rio Tietê, a jusante de Rasgão, decorrente das diferentes condições operacionais do Sistema Alto Tietê no Médio Tietê, buscando estabelecer prognósticos de qualidade da água. A versão SIMOX III, devido aos resultados satisfatórios obtidos, foi o modelo utilizado nos estudos do primeiro Plano Diretor de Esgotos (PDE) elaborado a partir do relatório do COPLADES na revisão do SANEGRA (CONSÓRCIO ENGIESAN, 1989).

Estudos posteriores, tanto da SABESP<sup>35</sup> na definição das futuras etapas do PDT, quanto das consultorias para as revisões dos PDEs e no estudo HIDROPLAN, passaram a utilizar adaptações do Stream Water Quality Model – QUAL 2E (distribuído pela USEPA), ainda considerando sistema unidimensional e estacionário.

A partir de meados da década de 1990, a SMA contrata estudos<sup>36</sup> para quantificar qualidade das águas nos tributários e no interior do reservatório Guarapiranga, bem como estimar a carga poluidora afluente a esse corpo hídrico, no âmbito do processo de revisão das leis de mananciais metropolitanos. O resultado foi a criação do Modelo de Correlação Uso do Solo - Qualidade de Água - MQUAL, utilizado até hoje (com revisões e atualizações) na elaboração de outras leis específicas de mananciais da RMSP.

A CETESB visando ampliar a capacidade dos estudos e o aperfeiçoamento do planejamento e operação dos programas de despoluição contratou, com apoio financeiro do BID (2003 - 2006), a elaboração e implantação de modelo matemático de qualidade de água para o Alto e Médio Tietê com alguns aperfeiçoamentos em relação aos anteriormente utilizados, a saber:

---

<sup>35</sup> Os estudos da primeira etapa do PDT visaram gerar subsídios para avaliação e seleção da alternativa para o sistema de coleta e tratamento de esgotos e os da segunda, a realização da análise ambiental, efetuada por meio da quantificação dos benefícios ambientais da implantação das obras propostas, comparando e hierarquizando os planos de obras a partir da avaliação de seus respectivos impactos positivos e negativos gerados, permitindo o monitoramento dos benefícios decorrentes da implantação do Projeto.

<sup>36</sup> “Avaliação da Poluição por Fontes Difusas Afluentes ao Reservatório Guarapiranga” (SÃO PAULO, 1998), no qual foram monitoradas sete sub-bacias e quantificadas as cargas poluidoras em tempo seco (semanas típicas sem chuva) e em eventos de chuva.

modelo hidrodinâmico<sup>37</sup>, bidimensional para os rios Tietê e Pinheiros e tridimensional para os reservatórios Billings e Barra Bonita, simulação do ciclo do oxigênio, matéria orgânica, pH, cor, nutrientes, metais, patogênicos, fitoplâncton e zooplâncton, incorporando as interações entre sedimento e coluna de água. Sua elaboração foi realizada por um consórcio formado por empresas japonesas e uma empresa brasileira que trabalharam em parceria com o CWR – Centre for Water Resources da University of Western Australia. A participação de outros órgãos públicos (geradores de dados e potenciais usuários) como SABESP, DAEE e Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A (EMAE) foi fundamental para a obtenção do modelo e as primeiras simulações.

Uma breve consulta sobre a utilização de modelos nos programas de controle de poluição hídrica do Alto Tietê permite identificar que:

- Os processos de elaboração não indicam a presença de intuições de pesquisa, organizações sociais ou municípios e os resultados finais ficaram posteriormente registrados em relatórios técnicos. A exceção foram os estudos da COPLADES, amplamente discutidos nas reuniões do CONSEMA e em audiências públicas. Cabe ainda comentar que em maio de 1998, segundo informa o Consórcio Engevix - Latin Consult, teria havido reunião técnica organizada por aquela empresa e a SABESP com a presença de especialistas internacionais para discutir problemas de controle da poluição hídrica (CONSÓRCIO ENGEVIX - LATIN CONSULT, 2000).
- Embora utilizem, em geral vazões médias nas simulações (e não as vazões críticas de estiagem), os resultados das simulações desde o COPLADES até as mais recentes, indicam a eliminação do estado de anaerobiose do rio Tietê e seus principais afluentes (Tamanduateí e Pinheiros), mas não garantirá boa qualidade de água nos rios (no máximo atenderão à classe 4).
- Parte da explicação sobre as dificuldades de melhoria da qualidade das águas é associada às cargas difusas<sup>38</sup>, incluídas nas atualizações dos modelos (representados

<sup>37</sup> Modelos hidrodinâmicos simulam a velocidade, o nível d'água, a salinidade e a temperatura, ao longo do tempo e são fundamentais, uma vez que a dispersão de poluentes está associada ao regime hidrodinâmico do corpo de água.

<sup>38</sup> O conceito de cargas difusas aqui empregado envolve às geradas pelo arraste de poluentes do ar e do solo, durante eventos de precipitação, bem como aquelas geradas em “tempo seco”, que afluem aos corpos de água, de forma direta ou indireta. As cargas de “tempo seco” são as oriundas do lançamento direto de esgotos sanitários (despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos) ou lançamento indireto, por meio do sistema de águas pluviais e fossas sépticas não ligadas a sumidouros. Tais definições são utilizadas tanto pela revisão do PDE-2010 (CONSÓRCIO, COBRAPE/CONCREMAT, 2010) quanto pela modelagem contratada pela CETESB (BID, 2005).

por parâmetros como OD, DBO, Nitrogênio total, Fósforo total e Coliformes fecais).

A utilização de modelos cada vez mais aperfeiçoados contribuiu para a melhor compreensão do sistema hídrico do Alto Tietê e a implantação dos programas de controle de poluição hídrica da RMSP/BAT. Entretanto, retomando as considerações de CHAPMAN (1996), perdeu-se a oportunidade de subsidiar, de forma mais ampla, a tomada de decisões na gestão ambiental dos corpos de água, ou seja: a obtenção, o tratamento e a difusão de dados gerados nos processo de avaliação de qualidade de água ficaram baseados em conhecimentos técnicos, e pouco refletiram as preocupações dos setores sociais interessados.

## 2.7. ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

Analisar tendências significa determinar se o valor de uma variável aleatória diminuiu, aumentou (a qualidade está melhorando ou piorando) ou permaneceu a mesma ao longo do tempo. Em termos estatísticos, é determinar se a distribuição de probabilidade dessa variável se alterou ao longo do tempo e, se possível, descrever a quantidade ou razão dessa mudança com base nas variações de algum valor central de distribuição, como a média ou a mediana.

Os estudos de análise de tendências a partir dos dados de monitoramento, tem recebido atenção crescente desde o final dos anos de 1970, segundo LETTENMAIER (1977), por duas razões. A primeira, relacionada com o interesse particular nas mudanças na qualidade da água, resultantes do ativismo ambiental a partir dos anos de 1970, dado que muito dinheiro foi investido para atender à legislação e passou a haver considerável interesse em avaliar os resultados desses gastos. A segunda foi que só mais recentemente tornou-se disponível uma substancial quantidade de dados, com qualidade suficiente (pelas análises laboratoriais, continuidade e frequência de amostragem) para realizar tais análises.

Na mesma linha, McLEOD e HIPEL (1991) comentam que o Ministério do Meio Ambiente do Canadá desenvolveu e opera desde 1991, a Rede Provincial de Monitoramento de Qualidade de Água, aonde vem investindo muitos recursos para colecionar quantidades substanciais de dados visando detectar e modelar tendências históricas para orientar as autoridades sobre a degradação da qualidade da água e as apropriadas medidas corretivas. Como exemplo, os autores relatam a importância do controle das metas para redução do aporte de cargas difusas de fósforo no Lago Eire desde o final da década dos anos de 1980.



### 2.7.1. Características dos dados hidrológicos e abordagens para análise de tendências

Segundo diversos autores<sup>39</sup>, séries de dados hidrológicos e de qualidade de água, bem como outros tipos de dados ambientais, apresentam uma série de características que não permitem que sejam analisados facilmente do ponto de vista estatístico:

- Não possuem, em geral, valores negativos, ou seja, são limitadas inferiormente pelo valor zero (há exceções como os valores de potencial de oxidação-redução de sedimentos).
- Apresentam *outliers* (valores aberrantes), observações com valores consideravelmente mais altos ou mais baixos que a maioria dos dados devido a fatores ambientais ou erros (de medição ou transcrição). Apesar de “suspeitos” nas avaliações, podem ser importantes indicadores de situações ambientais extremas (influência de alterações bruscas nos valores de concentrações ou vazões por conta de eventos extremos como estiagens, acidentes, alterações antrópicas).
- Apresentam assimetria positiva nas distribuições amostrais dos dados, devido aos dois itens anteriores, particularmente quando há *outliers* ocorrendo em uma única direção.
- Contém a presença frequente de valores “censurados”, reportados como “maior que” ou “menor que” os limites de detecção ou quantificação. São mais comuns nas análises dos parâmetros de qualidade de água, mas podem acontecer nos dados de vazão em eventos extremos que ultrapassam as escalas.
- Apresentam padrões sazonais: quando os valores tendem a ser mais altos ou mais baixos em certas estações do ano (período chuvoso x período seco).
- Apresentam comportamento não estacionário<sup>40</sup>: a série apresenta “saltos” ou periodicidades ao longo do tempo por conta das variações climáticas ou alterações induzidas pelo homem (ex: reservatório a montante de uma estação fluviométrica).
- Não são independentes e identicamente distribuídos: os valores das variáveis nas amostras coletadas previamente ao longo de um determinado período podem ser similares àqueles obtidos das amostras coletadas em momento imediatamente posterior, ou seja, apresentam dependência ou autocorrelação (ou correlação

---

<sup>39</sup> HELSEL e HIRSCH (2002), HIRSH, ALEXANDER e SMITH (1991), LETTENMAIER (1977).

<sup>40</sup> Séries hidrológicas estacionárias são aquelas em que as propriedades estatísticas (média, variância) das variáveis aleatórias não variam ao longo do tempo.

serial)<sup>41</sup>.

- Dependem de outras variáveis não controladas: os valores das variáveis hidrológicas como vazão e precipitação, condutividade hidráulica, sedimentos, podem variar intensamente em função de alterações antrópicas.
- Seguem, em geral, distribuição amostral não-normal devido aos itens acima. Enquanto muitos testes estatísticos assumem distribuição normal, os dados hidrológicos apresentam comportamentos diferentes como o Log-normal. E mesma simetria não garante normalidade diante da presença de muitas observações aberrantes próximas das caudas dos extremos da distribuição.

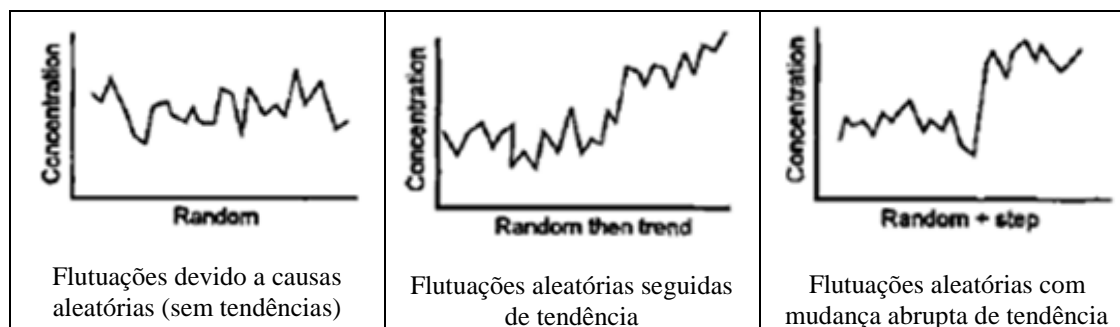
A presença de dados censurados, valores não negativos, dados faltantes, valores extremos pode levar a uma distribuição assimétrica ou não normal dos dados, em vez de uma distribuição normal, simétrica (ou Gaussiana) em forma de “sino”. A utilização de estatísticas paramétricas convencionais para bases de dados com tais características, pode gerar resultados com os seguintes problemas (SMITH et al., 1982):

- A ocorrência de sazonalidade pode inflar a variação utilizada nos testes.
- A assimetria pode aumentar o erro padrão na estimativa do coeficiente angular da regressão.
- A correlação serial pode falsear o nível de confiabilidade do teste (representado pela letra grega  $\alpha$ ).

As tendências podem ocorrer de forma gradual, quando uma série de observações, ao longo do tempo de análise, exibe crescimento ou decrescimento nos valores, de maneira consistente, em uma direção: são denominadas Tendências Monótonas – “Monotonic Trend” (MT). Podem também, apresentar alteração brusca nos valores das variáveis de uma série de observações, durante o tempo de análise, associada a um evento discreto (em um ponto específico do tempo): são denominadas “Step Trend” (ST). As tendências podem ainda assumir segundo GILBERT formas mais complexas, conforme exemplificado na Figura 24.

---

<sup>41</sup> Autocorrelação é a medida que informa o quanto o valor da realização de uma variável aleatória é capaz de influenciar seus vizinhos, tanto espacialmente quanto temporalmente.



**Figura 24:** Alguns tipos de tendência nas séries de observações  
Fonte: GILBERT (1987).

As MT estão tipicamente associadas a alterações no processo de urbanização (aumento progressivo das vazões ou cargas difusas), alterações em ampla escala como plantio de vegetação ciliar nas margens dos rios ou ocupação de áreas de mananciais com desmatamento associado à implantação de residências de baixa renda, variações hidrológicas cíclicas (estiagens e precipitações).

As ST estão associadas a algum evento discreto em trechos de rio ou no interior da respectiva bacia hidrográfica, tais como construção ou alteração do regime de operação de reservatórios, instalação de novas fontes poluidoras ou implantação de sistemas de tratamento de esgotos, instalação de novos e significativos consumidores de água, manejo do uso do solo agrícola<sup>42</sup>. Os valores das variáveis de qualidade alteram-se em um ponto no tempo, a partir de um nível constante, para outro nível constante, em outro ponto no tempo. Segundo HIRSCH et al. (2002), deve-se considerar ST quando os dados das observações forem separados em dois grupos separados por um intervalo relativamente grande de tempo (segundo o autor, esse intervalo deve ser determinado pelo estudo dos dados e o conhecimento dos eventos na bacia.<sup>43</sup>

Segundo KUNDZEWICS e ROBSON (2000), a melhor abordagem para extrair informações de dados tão “problemáticos” como os ambientais (*messy data*) e avaliar tendências, consiste em quatro etapas:

- Obter e preparar uma base de dados adequada.
- Aplicar análise exploratória aos dados (EDA).
- Aplicar os testes estatísticos (análise confirmatória).

<sup>42</sup> Eventualmente, podem estar relacionadas a alterações metodológicas na avaliação dos parâmetros, tais como mudança da localização da estação de monitoramento, das frequências de amostragem ou das técnicas analíticas para avaliar as variáveis.

<sup>43</sup> Segundo BAUER et al. (1984), tais situações não deveriam ser consideradas tendências, mas “mudanças”, pois caracterizam uma tendência “antes” e outra “depois” da intervenção que gerou a mudança. Em termos estatísticos, essa diferença antes - depois é utilizada nos procedimentos que compararam o comportamento de duas amostras.

- Interpretar os resultados.

Um programa de monitoramento adequadamente implantado pode gerar valiosas bases de dados de séries temporais para detecção de tendências sobre a qualidade do ambiente e as pressões antrópicas ou fatores naturais que afetam essas tendências. Os detalhes sobre o processo de geração dos dados, incluindo locação dos pontos, frequência de amostragem e qualidade analítica serão comentados na metodologia, no Capítulo 3 desta tese.

É apresentada uma visão geral de alguns dos principais conceitos estatísticos e terminologia, necessários para aplicação dos testes de tendência e resumidas e analisadas algumas das principais questões e escolhas envolvidas em detectar e estimar a magnitude das tendências temporais nas medidas de qualidade da água<sup>44</sup>.

### 2.7.2. Análise exploratória de dados

As primeiras etapas para os estudos de tendência são a Análise Exploratória de Dados (EDA) e as Estatísticas Descritivas (ED) – sumários numéricos simples como as medidas de tendência central (média, medianas e moda), medidas de dispersão (variância e desvio padrão) e medidas de assimetria e de curtose (coeficiente de curtose e coeficiente de assimetria)<sup>45</sup>.

O objetivo principal da EDA é empregar técnicas gráficas para permitir que os dados “falem por si mesmos” facilitando a avaliação das principais características encontradas na série temporal. Segundo KUNDEZEWICZ e ROBSON (2000), a simplicidade e utilidade dessas técnicas recomendam que sejam empregadas de forma interativa ao longo de toda análise, para testar e reavaliar as suposições. Algumas das formas mais simples e informativas de explorar o comportamento dos dados são<sup>46</sup>:

- Plotá-los contra o tempo nos gráficos (séries temporais da variável de qualidade): avaliar possíveis tipos de tendências (MT ou ST), padrões sazonais, variações espaciais.

<sup>44</sup> Detalhes, definições e procedimentos empregados estão referenciados nos trabalhos de autores como HELSEL e HIRSCH (2002), MACLEOD e HIPPEL (1991), KUNDEZEWICZ e ROBSON (2000), e nos inúmeros estudos publicados de entidades como o United States Geological Survey (USGS) e o National Institute of Water & Atmospheric Research Ltda (NIWA) da Nova Zelândia.

<sup>45</sup> Essas sínteses dos dados são o objeto da Estatística Descritiva e só serão comentados nesta pesquisa nos relativos à metodologia e resultados. Cabe destacar, que a matéria é objeto de inúmeras publicações, em especial, no campo de recursos hídricos, pelo livro Statistical Methods in Water Resources (HELSEL E HIRSH, 2002).

<sup>46</sup> (HELSEL e HIRSH, 2002). McLEOD e HIPEL, K.W (1991).

- Plotar quaisquer variáveis entre si (diagramas de dispersão): avaliar correlações entre variáveis.
- Plotar histogramas de frequência em conjunto com gráficos de Quantis e gráficos de Probabilidade e Curvas de Permanência: verificação da normalidade da distribuição, variância constante e independência.
- Empregar gráficos Box-Wisker: verificar os valores centrais, de dispersão, de assimetria, dados ausentes, “censurados”, valores aberrantes, sazonalidade da série, aspectos básicos para uma primeira visualização da normalidade da distribuição.
- Empregar transformações dos dados brutos, tipo “Box-Cox” para modificar uma série temporal não normalmente distribuída em normalmente (ou log-normalmente) distribuída.
- Empregar “curvas suavizadoras” sobre séries temporais e gráficos de dispersão: permite melhor visualização de tendências, por meio de aplicação médias móveis e curvas de ajuste aos dados por regressão não paramétrica.

Para avaliação preliminar das possíveis interferências e tendências nos dados, uma das técnicas mais utilizadas é a Regressão Não Paramétrica (RNP), por exibir de forma mais clara a estrutura subjacente dos dados frente aos modelos de Regressão Paramétricos (RP) como a regressão linear por conta das características dos dados ambientais.

A RNP se vale da aplicação das funções “suavizadoras” cuja ideia básica pode ser exemplificada a partir do mais simples dos modelos de regressão (linear ou quadrática), onde a variável dependente,  $Y$ , e a independente,  $X$ , são relacionadas por:  $Y = f(X_j) + \varepsilon$ , onde:

$\varepsilon$  = onde denota o termo de erro independente e identicamente distribuído com distribuição normal, média zero e variância constante;

$f(x_j)$  = é a função chamada regressora ou suavizadora.

Notar que se o ajuste de uma curva se desse por RP e a equação acima se reduziria a:

$$f(X) = a_0 + b_1 X$$

Dentre as técnicas de RNP, uma das mais utilizadas é a LOWESS (Locally Weighted Scatterplot Smoothing), desenvolvida por CLEVELAND (1979) que será comentada no Capítulo 3 desta pesquisa.

Antes de realizar os testes de tendência pode ser necessário e útil conhecer e remover variações não desejadas que possam afetar a qualidade de água ao longo do tempo.

Segundo HENSEL e HIRSH (2002), uma grande parte da variância nos registros das concentrações das variáveis pode estar relacionada às variáveis hidrológicas – vazão e precipitação – que controlam o fluxo das substâncias para o corpo de água (metais, nutrientes, sólidos), no próprio curso de água (diluição ou concentração provocada pelas vazões mais altas ou mais baixas nos sólidos dissolvidos e íons dissolvidos lançados pelos efluentes) ou por todos esses mecanismos em conjunto. A remoção dessas fontes de variância dos dados torna o teste de tendência mais poderoso (com maior probabilidade de detectar tendência se ela existir). No entanto, é preciso verificar no caso da vazão, se sua probabilidade de distribuição é estacionária ou se vem se alterando ao longo do período estudado devido a mudanças na bacia ou no corpo de água (construção de barragens, mudança dos regimes operacionais, captações e lançamentos expressivos). Caso a vazão seja não estacionária deve-se utilizar outra variável – como a precipitação nos dias anteriores às amostragens de concentração – para avaliar (e remover) o efeito das condições hidrológicas variáveis sobre as concentrações.

### 2.7.3. Análises confirmatórias: sazonalidade e análise de tendências

A partir das suspeitas de tendência informadas pela EDA e pela estatística descritiva, a análise confirmatória verificará a presença ou ausência de certas propriedades dos dados por meio de análise estatisticamente rigorosa.

A sazonalidade pode ser uma fonte importante de variação nos dados de qualidade de água e, uma vez que haja suspeita de sua presença pela EDA, aplicam-se testes estatísticos para que essa interferência seja removida. Um dos métodos mais utilizados é o de Kruskal-Wallis, que será discutido no Capítulo 3

Outro aspecto a ser considerado é sobre o tipo de tendência que a EDA preliminarmente indica. Caso haja suspeita de alterações bruscas (ST) pode ser necessário aplicar estatísticas confirmatórias como o teste não paramétrico de Pettitt, que é uma versão do teste de Mann-Whitney para verificar se duas amostras  $Y_1, Y_2, \dots, Y_t$  e  $Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_T$  são da mesma população. A estatística  $U_{Lt}$  faz a contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que um membro da segunda amostra e por procedimentos estatísticos determina o ponto onde poderia haver ruptura de uma série temporal (se as variáveis da primeira série seguem a mesma distribuição da segunda) e a significância estatística do evento (McBRIDE, 2005).

Os testes estatísticos de tendência são divididos em paramétricos – considerados mais poderosos e/ou sensíveis para detectar as tendências – e não paramétricos, quando os pressupostos da distribuição normal para os testes paramétricos não são cumpridos e mistos. Testes não paramétricos também podem fornecer alto poder estatístico em caso de não normalidade e são robustos frente a *outliers*, dados censurados e faltantes (LETTENMAIER, 1977).

Entre os testes não paramétricos para avaliar tendências monótonas, destaca-se o de Mann-Kendall (MK) que avalia se o sinal da diferença entre os valores das variáveis ordenadas em postos, aumenta ou diminui monotonamente com o tempo, resultando num total de  $\frac{n(n-1)}{2}$  possíveis pares de dados (onde  $n$  é o número total de observações).

O teste de Mann-Kendall tem a vantagem de não ser influenciado por transformações nos valores originais, dados censurados e valores faltantes ou *outliers*.

Caso haja a presença de sazonalidade, pode-se eliminar sua interferência, agregando covariáveis e funções periódicas (como seno e cosseno) nas equações de regressão linear, ou utilizando uma variação do teste de Mann Kendall: o teste Sazonal de Kendall (SMK), proposto por HELSEL e HIRSH (2002).

Caso haja confirmação de presença de ST devem ser aplicados outros testes tendência para avaliar a diferença das condições “antes - depois” do momento da alteração, como os  $t$ -testes (paramétricos) ou de Mann-Whitney test e o de Hodges-Lehmann, não paramétricos, para estimar sua magnitude (HELSEL E HIRSCH 2002).

.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos sobre recuperação dos corpos de água em regiões socioeconomicamente e ambientalmente complexas exigem avaliar, de forma integrada, uma série de fatores.

Entre eles tem sido muito discutido na literatura as formas e velocidade como se estruturou a metrópole. Embora tais fatores sejam estratégicos, entendeu-se que era fundamental compreender outros aspectos ainda pouco discutidos, o que levou a propor como objetivo geral da pesquisa, a avaliação dos resultados obtidos com a implantação dos programas de controle de poluição hídrica na RMSP/BAT que visaram auxiliar no processo de **recuperação da qualidade** das águas do rio Tietê, no período 1998 - 2013 e contribuir para os **desafios e perspectivas** da continuidade a esse processo. Foram considerados ainda os seguintes objetivos específicos: ampliar o conhecimento sobre a influência dos demais fatores interferentes nas variações da qualidade do rio Tietê e avaliar os aspectos centrais da experiência de recuperação do rio Tâmsa, na região metropolitana da Grande Londres, considerando suas especificidades, para posicionar melhor o debate sobre sua aplicabilidade ou avaliações comparativas frente às ações de despoluição na RMSP.

A abordagem adotada foi definir um novo recorte territorial para a região, que permitisse análise integrada dos dados referentes aos processos de degradação – recuperação das águas da BAT, ocorridos ao longo do processo recente de constituição da metrópole, e avaliação dos resultados alcançados por meio de análise das tendências espaciais e temporais da qualidade da água.

No que tange aos estudos comparativos entre os casos paulista e inglês, o foco da pesquisa foi identificar os fatores que desencadearam as ações de recuperação, os aspectos institucionais sobre a gestão desse processo e os desafios colocados para sua continuidade.

#### 3.1. METODOLOGIA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS NA BAT

A caracterização da BAT/RMSP e da BTGL se valeu das fontes de dados secundárias, citadas ao longo do texto. No caso da BAT, identificou-se que há oportunidade, ainda não totalmente explorada, para tratá-los e analisá-los de forma conjunta, integrada, visando avaliar os PCPH e os fatores interferentes nas tendências espaço-temporais de qualidade de água.

No caso da experiência da BTGL, foram consultados relatórios, publicações e estudos visando caracterizar a região e seu processo de recuperação. Algumas dificuldades encontradas na



obtenção e tratamento de dados foram: as alterações institucionais nas atribuições dos órgãos responsáveis pela geração, tratamento e difusão dos dados e sua sistematização em grandes etapas.

Os dados foram organizados em planilhas Excel (Microsoft) e, no caso dos estudos estatísticos, foram utilizados os softwares XLStat - versão 2014.5.01, adquirido junto a Addisonsoft (XLStat, 2014), e Time and Equivalence Analysis: versão 5.0 – 2014 (TIME TREND, 2014), cujo *download* foi realizado em 2014 no sítio <https://www.niwa.co.nz/freshwater/management-tools/water-quality-tools/analysis-of-water-quality-trends>

### 3.1.1. Dados dos censos demográficos e das condições sanitárias dos domicílios

Os dados para análise espacial e temporal dos dados demográficos e da situação geral do saneamento foram obtidos dos Censos Demográficos (1991, 2000, 2010), por Setor Censitário (SC), publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A partir do Censo de 2000, o IBGE passou a utilizar tecnologia digital na escala de SC e os dados passaram a ser disponibilizados em formato Shapefile no sítio <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais> (acessado em agosto de 2014). Os SC do Censo de 1990 foram obtidos da página do Centro de Estudos da Metrópole (CEM) no sítio <http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/631> (acessado em setembro de 2014).

No que tange aos dados sanitários, a base georreferenciada do IBGE permitiu espacializar, por CSA, no período de estudo, uma primeira avaliação da situação da infraestrutura e dos serviços disponíveis. O indicador utilizado foi a dos domicílios particulares permanentes com saneamento adequado – indicando apenas aqueles que, segundo o IBGE, possuem domicílios com escoadouros ligados à rede-geral ou fossa séptica, servidos de água proveniente de rede geral de abastecimento e com destino do lixo coletado diretamente ou indiretamente pelos serviços de limpeza.

A utilização da malha de Setores Censitários possibilita realizar a distribuição espacial dos dados e ainda, segundo LINHARES (2004), captar os reflexos do processo de ocupação humana tornando-se instrumento valioso na investigação na escala intraurbana, particularmente nas regiões metropolitanas, onde a degradação ambiental é visível.

### 3.1.2. Uso do solo

Foram consultadas as seguintes bases de dados:

- Para o ano de 2002, o mapeamento da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (Emplasa) no âmbito do Projeto Mapa do Uso e Ocupação do Solo da RMSP, por meio da interpretação de imagens do satélite Ikonos.
- Para o ano de 2010, o “Mapa de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo na escala 1:100.000”, elaborado pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da SMA disponível em [http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2013/10/Ficha\\_Tecnica\\_Cobertura\\_Terra\\_ESP.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2013/10/Ficha_Tecnica_Cobertura_Terra_ESP.pdf), acessado em outubro de 2014. Os mapas, foram elaborados com base em imagens do satélite Landsat 5 do sensor TM, do ano de 2010, utilizando classificação baseada em objetos e posterior correção visual.

A opção adotada foi utilizar as classes abrangidas pelo mapeamento da CPLA e adaptá-la para a base EMPLASA, uniformizando a interpretação e permitindo inferir sobre possíveis contribuições referentes às alterações do uso do solo nos CSAs que possam contribuir na interpretação das avaliações sobre as tendências.

### 3.1.3. Sistemas de esgotamento sanitário

As bases de dados utilizadas para avaliar os SES (compreendendo coleta, afastamento e tratamento de esgotos) foram as seguintes:

- Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) para determinadas informações municipais sobre a operação dos SES. Foi consultado o sítio [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br) (acessado em julho de 2014).
- SABESP, referente à implantação, estrutura e funcionamento do SP. As bases consultadas foram as seguintes: resumos executivos da revisão e atualização dos PDEs (1989, 2002 e 2010), Plano Integrado Regional (SABESP, 2002)<sup>47</sup>, dados informados diretamente à CETESB (descritos a seguir) e dados obtidos pelo autor na empresa por meio do Sistema de Informação ao Cidadão (meio eletrônico).

---

<sup>47</sup> Os relatórios da SABESP foram aqueles disponíveis para consulta pública.

- CETESB, onde se encontram dados de coleta e tratamento de esgotos informados pela SABESP (para os municípios por ela operados) e pela Agências Ambientais da CETESB, a avaliação da eficiência de remoção de carga orgânica das ETES do SP da RMSP (a partir de 2010), disponíveis no sítio <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-/relatorios> (acessados ao longo de 2014).
- HIDROPLAN, onde se encontram dados para o diagnóstico dos SES da RMSP/BAT (1993) e dados gerais sobre caracterização da bacia (HIDROPLAN, 1995).
- BID, sobre as avaliações das etapas do PDT e prognósticos, publicados em documentos do Banco disponíveis no sítio <http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=BR0190> (consultado desde junho de 2014).

As informações sobre os SES são aquelas nas quais se encontraram os maiores problemas por conta das dificuldades de acesso<sup>48</sup>.

Os procedimentos adotados para o cálculo das cargas poluidoras orgânicas de origem domésticas são os seguintes (Quadro 31):

**Quadro 31:** Metodologia de cálculo de cargas orgânicas domésticas (continua)

| <b>Carga Orgânica Potencial (COP)</b>                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>COP</b> (kgDBO <sub>5,20</sub> /dia) = PU x CPC<br><b>PU</b> =População urbana<br><b>CPC</b> = Contribuição <i>per capita</i> :                                                                                                                     | <b>PU</b> = Dados atualizados anualmente do sítio IBGE ou extraídos do censo demográfico<br>$\text{CPC} = 0,054 \frac{\text{kg DBO}}{\text{habitante} \times \text{dia}}$                                                              |
| <b>Carga Orgânica Removida (COPremov)</b>                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>COPremov</b> (kgDBO <sub>5,20</sub> /dia) = COP x EC x ET x n<br><b>EC</b> = população urbana atendida por rede de coleta de esgotos (em %)<br><b>ET</b> = população urbana com esgoto tratado (em %)<br><b>n</b> = eficiência do tratamento (em %) | <b>EC</b> = informado pela SABESP e municípios (não operados), com avaliação das Agências da CETESB;<br><b>ET</b> = idem anterior<br><b>n</b> = Campanhas de amostragem semestrais da CETESB nas ETES do SP da RMSP, a partir de 2010. |

<sup>48</sup> Para a realização da pesquisa, foi realizada consultada à SABESP, detentora da concessão da maior parte da população e dos municípios da região. Para tanto foi utilizado o Serviço de Informação ao Cidadão (SIC) para obtenção de dados parciais sobre coleta e tratamento de esgotos na RMSP.

**Quadro 31:** Metodologia de cálculo de cargas orgânicas domésticas (conclusão)

| <b>Carga Orgânica Remanescente (CORMan)</b>               |                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CORMan</b> (kg DBO <sub>5,20</sub> /dia) = COP-COREmov | Avaliação pela CETESB, por amostragem semestral, se a ETE atende à legislação ambiental paulista: remoção de 80% da COP ou 60 mg/L DBO <sub>5,20</sub> no efluente final não ultrapasse. |

Em relação à operação do SES, em que pese a adoção do sistema separador absoluto para a coleta de esgotos desde 1927 (segundo proposta de Saturnino de Brito), os PDEs indicam que há inúmeros cruzamentos entre redes de esgotamento e drenagem urbana na BAT/RMSP, fazendo com que várias bacias de esgotamento operem como se fossem, na prática, sistemas unitários.

No passado, a prática de finalização de redes coletoras em galerias, acabou acontecendo devido a inexistência de continuidade dos sistemas de afastamento de esgoto (CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT, 2010). Nos sistemas que a SABESP opera, o cidadão é responsável por ligar seus esgotos à rede coletora (como ocorre no município de São Paulo, a partir do Decreto nº 42.565/02). Entretanto, há situações em que a rede está disponível (há cobertura), mas nem sempre ocorre a efetiva conexão do imóvel à rede pública (o atendimento). Há ainda situações em que os domicílios encontram-se em área atendida por rede de esgotos, mas tem limitações técnicas (soleira baixa) para a execução da ligação, para conexão ao sistema

Visando subsidiar as análises de tendências foram calculadas, por CSA, e para a BAT, as relações entre as vazões tratadas de esgotos em 2013 e as vazões naturais, médias e mínimas mensais de sete dias consecutivos com 10 anos de período de retorno ( $Q_{7,10}$ ), baseadas nas vazões específicas informadas pelo PBHAT.

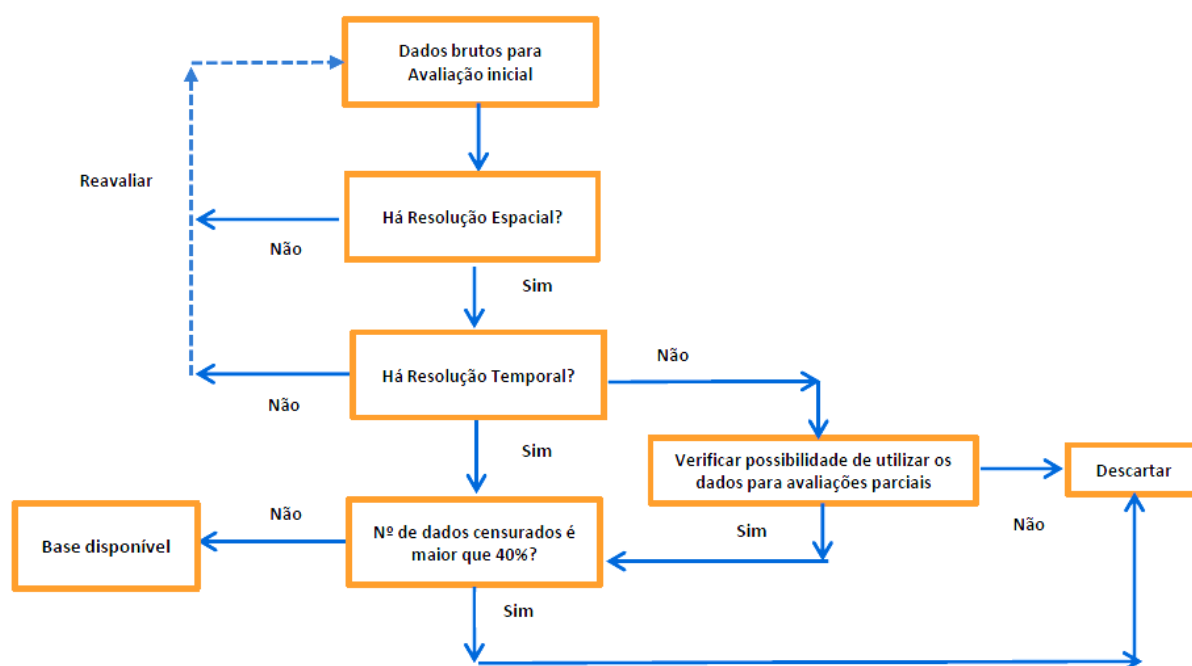
A carga poluidora industrial será tratada no item 4.4.3.2 desta pesquisa junto com os resultados do PCPI.

#### 3.1.4. Variáveis hidrológicas e de qualidade das águas superficiais

##### 3.1.4.1. Critérios para definição das bases de dados

Para definição de uma base de dados consistente foram utilizados os seguintes critérios (Figura 25):

- Disponibilidade dos dados, ou seja, se a série é completa ou há valores faltantes, ausentes.
- Resolução temporal que verifica se há série histórica disponível para avaliar os fenômenos pesquisados e se a série é homogênea quanto ao início da amostragem, continuidade e frequência das amostragens para todos os pontos.
- Resolução espacial que verifica se a localização dos pontos de amostragem representa os aspectos que estão sendo pesquisados, ou se há pontos muito próximos que podem apresentar correlação espacial ou ainda se há pontos muito distantes que não representam os fenômenos pesquisados.
- Valores censurados (VC): se os valores das variáveis amostradas são conhecidos ou apenas parcialmente conhecidos (por exemplo, estão abaixo do limite de detecção).



**Figura 25:** Procedimentos para preparação da base de dados

Entre as quatro redes de qualidade de águas da CETESB (Quadro 32), utilizaram-se os dados gerados pela rede de monitoramento de águas superficiais que atendeu aos critérios estabelecidos. Funcionando desde 1974, essa rede vem crescendo quanto ao número de pontos e variáveis.

Os dados, consistidos e analisados, tornaram-se disponíveis para consulta pública a partir de 1978, por meio do Relatório de Qualidade de Águas e, a partir de 2008, na rede mundial de

computadores, no sítio <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. A BD, desde 2013, foi consultada no sítio <https://servicos.cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>.

**Quadro 32:** Redes de monitoramento de qualidade de águas (São Paulo e Bacia do Alto Tietê)

| Tipo de monitoramento    | Objetivos                                                     | Aspectos Operacionais |                       |              |            | Variáveis                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|------------|---------------------------------|
|                          |                                                               | Início Operação       | Frequência            | Pontos (ESP) | Pontos BAT |                                 |
| Rede Básica              | Diagnóstico geral dos recursos hídricos                       | 1974                  | Semestral e Bimestral | 384          | 62         | Físicas, químicas e biológicas. |
| Rede de Sedimentos       | Avaliar o sedimento dos corpos de água                        | 2002                  | Anual                 | 27           | 10         | Físicas, químicas e biológicas. |
| Monitoramento automático | Controle em tempo real                                        | 1998                  | Horária               | 12           | 9          | Físicas, químicas               |
| Balneabilidade           | Informar condições da água para recreação de contato primário | 1994                  | Semanal e mensal      | 28           | 11         | Biológicas                      |
| Totais                   | -                                                             | -                     | -                     | 451          | 92         |                                 |

**Fonte:** CETESB (2013)

Quanto aos valores censurados utilizaram-se as variáveis que detinham, no máximo, 40% dos seus valores censurados e, na ocorrência desses, o valor do limite de detecção no momento da análise, segundo as recomendações de HEBBEN (2009)<sup>49</sup>.

A seleção dos pontos/variáveis da BD levou em conta a resolução espacial e temporal (considerando que além da periodização adotada também se realizou análise de tendência para o período 1986-2013) e concluiu pela adoção dos pontos listados no Quadro 33 e Figura 26.

<sup>49</sup> O tema é importante e ainda objeto de discussões importantes. Para HEBBEN (2009) quando a variável analisada tem mais de 40% de seus valores censurados, pode haver marcada interferência na análise de tendências e recomenda que tais valores sejam eliminados da análise. Já BALLANTINE (2012) sugere para o sistema neozelandês de qualidade de águas que se a BD (para uma determinada variável) tiver mais de 40% de valores censurados, seja adotada a metade do valor mais alto do limite de detecção e, quando tiver mais de 70%, seja descartada a utilização da variável.

**Quadro 33:** Pontos da rede de monitoramento utilizados (continua)

| <b>Ponto</b>                  | <b>Descrição</b>                                                                               | <b>Município</b> | <b>Início</b> | <b>Latitude</b> | <b>Longitude</b> | <b>Justificativa<br/>(em relação à região drenada na BAT)</b>                                                   |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------|-----------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>TIET 02050<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, na ponte na rodovia Mogi das Cruzes a Salesópolis (SP-88).                          | Biritiba-Mirim   | 01/01/1977    | 23°33'54        | 46°00'57         | Cabeceira da BAT                                                                                                |
| <b>TIET 02090<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, na captação principal de Mogi das Cruzes                                            | Mogi das Cruzes  | 01/01/1979    | 23°32'55        | 46°08'09         | Aproximadamente 400 m do posto fluviométrico do DAEE (3R-6), na “entrada” na região abrangida pelo SP           |
| <b>TIET 03120<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, a jusante da ETE de Suzano                                                          | Suzano           | 01/01/1979    | 23°30'11        | 46°20'13         | Jusante da ETE – SUZ (SP)                                                                                       |
| <b>TIET 04150<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, na ponte na rod. Ayrton Senna, a montante do Parque Ecológico, Aeroporto Guarulhos. | Guarulhos        | 01/01/1976    | 23°28'36        | 46°29'59         | Aproximadamente 5000 m a jusante da ETE – SM (SP), a jusante do rio Baquirivu-Guaçu e a montante da b. da Penha |
| <b>TIET 04170</b>             | Rio Tietê na ponte na Av. Aricanduva                                                           | São Paulo        | 01/01/2001    | 23°31'31        | 46°33'33         | A jusante da ETE – PNM (SP) e a montante do rio Aricanduva                                                      |
| <b>TIET 04180<sup>2</sup></b> | Rio Tietê, na ponte das Bandeiras, na Av. Santos Dumont                                        | São Paulo        | 01/01/1998    | 23°31'18        | 46°37'52         | Montante do rio Tamanduateí                                                                                     |
| <b>TAMT 04500<sup>2</sup></b> | Rio Tamanduateí, na ponte na Av. Francisco Mesquita, 1000, em frente ao Plaza Shopping.        | São Paulo        | 01/01/2012    |                 | 46°34'56         | Representativo da bacia Tamanduateí, drenada pela ETE ABC                                                       |

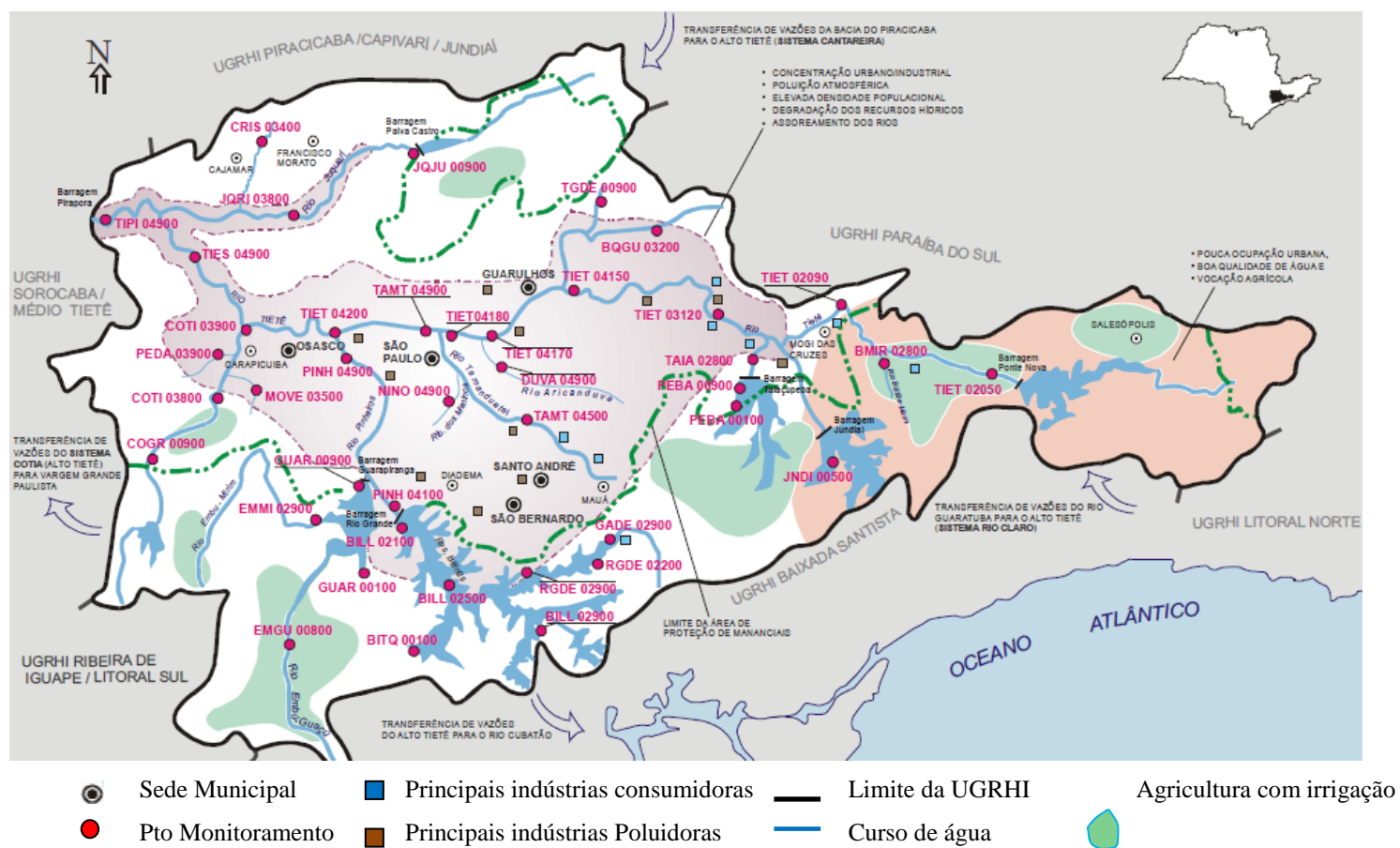
**Quadro 33:** Pontos da rede de monitoramento utilizados (conclusão)

| <b>Ponto</b>                  | <b>Descrição</b>                                                                                   | <b>Município</b>      | <b>Início</b> | <b>Latitude</b> | <b>Longitude</b> | <b>Justificativa<br/>(em relação à região drenada na BAT)</b>     |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>TAMT 4900<sup>2</sup></b>  | Rio Tamanduateí, na ponte na av. Santos Dumont (Sec. Transportes)                                  | São Paulo             | 01/01/1977    | 23°31'36        | 46°37'56         | Exutório do Tamanduateí no rio Tietê, a montante do Rio Pinheiros |
| <b>PINH 04100<sup>2</sup></b> | Rio Pinheiros na EU - Pedreira, no centro do canal                                                 | São Paulo             | 01/01/1977    | 23°42'09        | 46°40'26         | Cabeceiras do rio Pinheiros                                       |
| <b>PINH 04900<sup>2</sup></b> | Rio Pinheiros próximo a sua foz no rio Tietê, na Estrutura de Retiro.                              | São Paulo             | 01/01/1998    | 23°51'32        | 46°44'54         | Exutório do rio Pinheiros, no rio Tietê                           |
| <b>TIET 04200<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, ponte dos Remédios, na av. Marginal                                                     | São Paulo             | 01/01/1976    | 23°31'11        | 46°44'47         | A montante do rio Pinheiros, no centro da RMSP                    |
| <b>TIES 04900<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, no reservatório Edgard de Souza                                                         | São Paulo             | 1/10/1976     | 23°27'16        | 46°54'36         | A justante da ETE Barueri (exutório do SP)                        |
| <b>TIPI 04900<sup>1</sup></b> | Rio Tietê, nas comportas da barragem do reservatório de Pirapora                                   | Pirapora do Bom Jesus | 01/10/1974    | 23°23'27        | 46°59'41         | Representativo da BAT, a jusante do Juqueri                       |
| <b>JQRI 03800<sup>2</sup></b> | Rio Juqueri, na ponte na rod. Anhanguera (SP-330), no sentido Jundiaí – São Paulo, altura do km 31 | Cajamar               | 01/01/1974    | 23°19'57        | 46°42'19         | Exutório da bacia do Juqueri                                      |

1) Pontos que serão utilizados na 1ª etapa de análise.

2) Pontos que serão utilizados somente na 2ª etapa de análise.





**Figura 26:** Pontos da rede de monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia do Alto Tietê

Fonte: CETESB (2002)

Para o estudo dos efeitos das variáveis hidrológicas foi realizado estudo de caso com dados de vazão do rio Tietê e precipitação da RMSP.

Os dados de vazão foram calculados nos pontos localizados na barragem da Penha e no reservatório de Pirapora, para o período 2002 - 2011, pelas seguintes razões:

- Disponibilidade de dados diários ,contínuos e consistidos, no Banco de Dados Hidrológicos do DAEE no sítio <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>.
- Localização coincidente com pontos de monitoramento da rede da CETESB, localizados nesses reservatórios, TIET 04150 e TIPI 04900, respectivamente.
- Ambos pontos são representativos de características marcantes da região: a barragem da Penha na área mais adensada da bacia e Pirapora no seu exutório representando, em parte, o efeito da BAT.
- Os estudos de carga poluidora com vazões medidas próximo às barragens minimiza efeitos antrópicos<sup>50</sup> sobre os valores das vazões o que traria incertezas nos cálculos das tendências.

Os dados de precipitação foram extraídos das Estações Meterológicas do Mirante de Santana (EM-MS) e do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (EM-IAG/USP). Sua localização e justificativa são as seguintes:

- EM-MS está localizada na latitude 23°30', longitude 46° 37' e altitude 792 m. Os registros da EM-MS iniciaram nos anos 1950, época que a região era cercada por matas. Entretanto, como as características da região se alteraram substancialmente a partir da década dos anos de 1970, os dados dessa Estação são mais representativos das características urbanas da RMSP.
- EM-IAG está localizada na latitude 23°39' S e longitude 46°37' W, localizada no Parque do Estado, bairro da Água Funda, zona sul da cidade de São Paulo. Os registros se iniciaram em 1933, quando a unidade foi inaugurada, e prosseguem até hoje. Segundo DIAS (2012), como a Estação está localizada em uma grande área verde da cidade de São Paulo que não mudou radicalmente ao longo de quase oito décadas (embora a cidade e a RMSP tenha sofrido um forte processo de urbanização e

---

<sup>50</sup> As medições de vazão na RMSP/BAT sofrem os efeitos das alterações antrópicas, em especial, a progressiva impermeabilização da superfície, assoreamento - processos de desassoreamento dos cursos de água, lançamento de grandes vazões de esgotos (tratados ou não), captações superficiais e subterrâneas, implantação dos sistemas de micro e macro drenagem com a consequente alteração das regras e, portanto, dos regimes operacionais da bacia.

de impermeabilização do solo desde aquela época), seus dados são menos afetados pela urbanização da RMSP.

#### 3.1.4.2. Variáveis selecionadas e avaliação dos valores encontrados

As variáveis selecionadas foram as seguintes: OD, Fósforo total, Nitrogênio amoniacal total, Coliformes termotolerantes, Sólidos dissolvidos totais, Zinco total, Cobre total, Níquel total e Fenóis totais, pelas seguintes razões:

- Possuem resolução espacial e temporal nos dois recortes temporais (1986-2013 e 1998-2013).
- Atendem ao critério do limite máximo de valores censurados.
- São representativas das fontes poluidoras – urbanas, industriais, pontuais e difusas – e dos processos de degradação-recuperação do Tietê.

A descrição resumida e a justificativa para sua utilização encontram-se no Apêndice 3.

Para avaliar a conformidade dos valores das variáveis com as normas legais de qualidade de água, adotou-se o seguinte procedimento:

- Foram utilizados os valores das medianas dos resultados da ED, menos sujeito às interferências de valores anômalos.
- O enquadramento dos corpos de água é aquele aprovado Decreto Estadual nº 10.755/77 (Figura 42).
- No caso dos pontos enquadrados nas classes 2 e 3, as medianas foram comparadas aos padrões definidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 ou o Decreto nº 8.468/76, constantes no Apêndice 3, adotando-se aquele que for mais restritivo<sup>51</sup>.
- Os valores das medianas das variáveis relacionadas às atividades industriais (menos os Fenóis totais), nos pontos enquadrados na classe 4, foram comparados aos valores dos padrões legais da classe 3 (essas variáveis, à exceção dos Fenóis totais, não tem padrões de qualidade para os corpos de água classe 4).
- Para as variáveis OD e DBO<sub>5,20</sub>, no caso dos pontos TIET 0250 e TIET 0290 (trechos

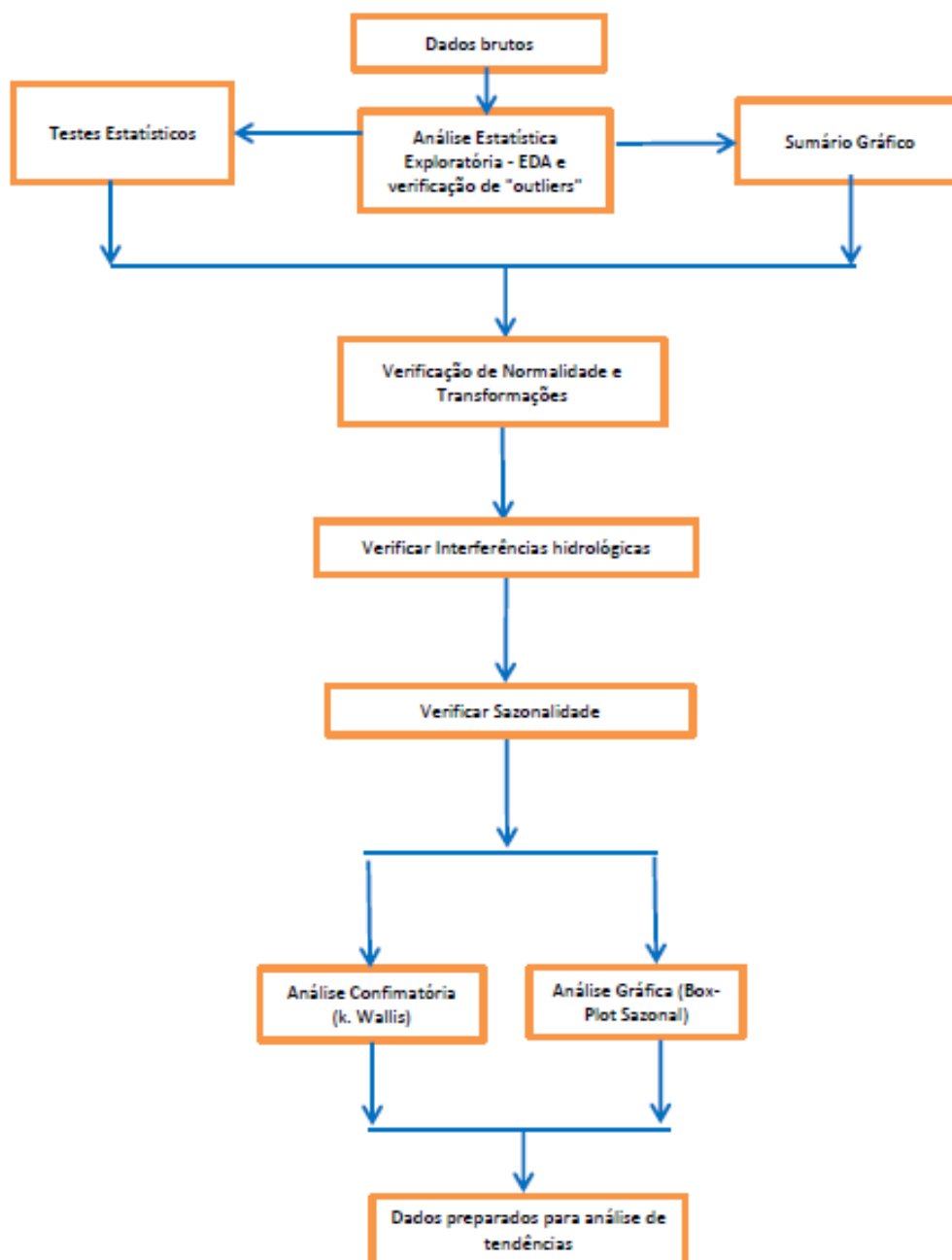
<sup>51</sup> A CETESB, seguindo a legislação e os preceitos jurídicos, utiliza o enquadramento dos corpos de água baseado no Decreto nº 10.755/1977 e avalia a condição atual de qualidade por meio da Resolução CONAMA nº 357/05 e pelo Decreto Estadual nº 8.468/76, aquele que tiver os padrões mais restritivos para a variável analisada. Esse procedimento está ancorado no princípio legal vigente no Brasil de que a especialidade não tem prevalência sobre a lei geral em razão de, em matéria ambiental, serem observados os princípios da precaução e da prevenção.

do rio Tietê enquadrado na classe 2 e localizados nas cabeceiras da BAT), comparou-se os valores das medianas com os padrões legais da classe. Para os demais pontos, aplicou-se a análise gráfica dos Quantis (ou frequência cumulativa) para os dados série histórica e compararam-se os resultados obtidos com a metade do valor legal para o OD da classe 4 (1 mg/L) e o dobro do valor legal da DBO da classe 3 (20 mg/L) já que a classe 4 não possuem esse padrão.

O procedimento adotado no último caso teve por finalidade avaliar a percentagem de tempo em que os valores obtidos estão próximos ou distantes em relação aos valores legais ou a algum valor “meta” definido. Permite ainda, visualizar a aplicação do conceito de metas progressivas definido na Resolução CONAMA nº 357/05, muito útil para o processo de recuperação de corpos de água, em especial de regiões tão críticas como a BAT.

#### 3.1.4.3.Preparação dos dados: verificação de *Outliers* e normalidade das séries de dados

Depois de constituir a BD disponível, procedeu-se à sua preparação para análise de tendências (Figura 27). Inicialmente verificou-se a presença de valores anômalos – *outliers* – e a distribuição dos dados quanto à normalidade para avaliar a necessidade de transformações dos dados ou até a eliminação do registro visando tornar a série mais simétrica.



**Figura 27:** Preparação dos dados para análise de tendências

A avaliação da normalidade foi realizada, por meio de:

- Análise Exploratória de Dados (EDA) verificando o comportamento dos gráficos de dispersão, Box-Plot e Gráficos Probabilidade - Probabilidade (utilizados para comparar a função distribuição empírica de uma amostra com a de uma variável normal para a mesma média e desvio).
- Estatísticas descritivas como os valores dos coeficientes de assimetria e de variação.

- Utilização de estatística confirmatória de Shapiro-Wilk (SW) que avalia a aderência à linha reta correlacionando os dados com os correspondentes quantis tomados da distribuição normal, de forma semelhante ao coeficiente de determinação  $r^2$ , ou seja, quanto mais próximo de 1 maior o ajuste dos dados ordenados.

Com os dados da EDA foram selecionados os pontos “candidatos” a valores aberrantes e verificada sua cadeia de geração nas equipes da CETESB – amostragem e operações laboratoriais. Isso permitiu analisar possíveis problemas na geração-divulgação dos dados e avaliar a ocorrência de fenômenos que pudessem explicar os valores encontrados.

A decisão de remover, substituir ou transformar dados no caso das variáveis analisadas na BAT em função das análises dos valores aberrantes não é simples.

HIRSH e SMITH (1991) alertam que na análise de múltiplos conjuntos de dados, as transformações podem ser apropriadas para determinados dados e não para outros, seja com relação às variáveis, seja quanto à localização (podem apresentar características diferentes ao longo da bacia, ou trechos de corpos de água). Pode ocorrer que uma dada transformação para um parâmetro nunca deixa todas as séries normais e transformações diferentes utilizadas em diferentes conjuntos de dados tornam as comparações entre os resultados mais complexas.

HIRSH e SMITH (1991) comentam que a credibilidade dos resultados é aumentada se um único método estatístico é usado para todos os conjuntos de dados de um estudo e recomendam o uso de métodos não paramétricos, decisão adotada na presente pesquisa. Segundo os autores, entre outras vantagens, os métodos não paramétricos nesses casos, não são afetados pela presença de valores anômalos, dados ausentes ou com alta percentagens de valores censurados.

Ainda assim, diante de valores anômalos, procedeu-se à busca de explicações e na maioria das vezes se encontrou razões factíveis para os valores: concentração de poluentes associado com baixas vazões, ou intensas precipitações, incidência de valores anômalos em pontos na mesma região. Os valores extremos para os quais não houve justificativa plausível foram substituídos e são citados ao longo do texto (por exemplo, valores extremamente baixos de  $\text{DBO}_{5,20}$  em trechos não poluídos, extremamente altos de Coliformes termotolerantes, Fósforo total e metais).

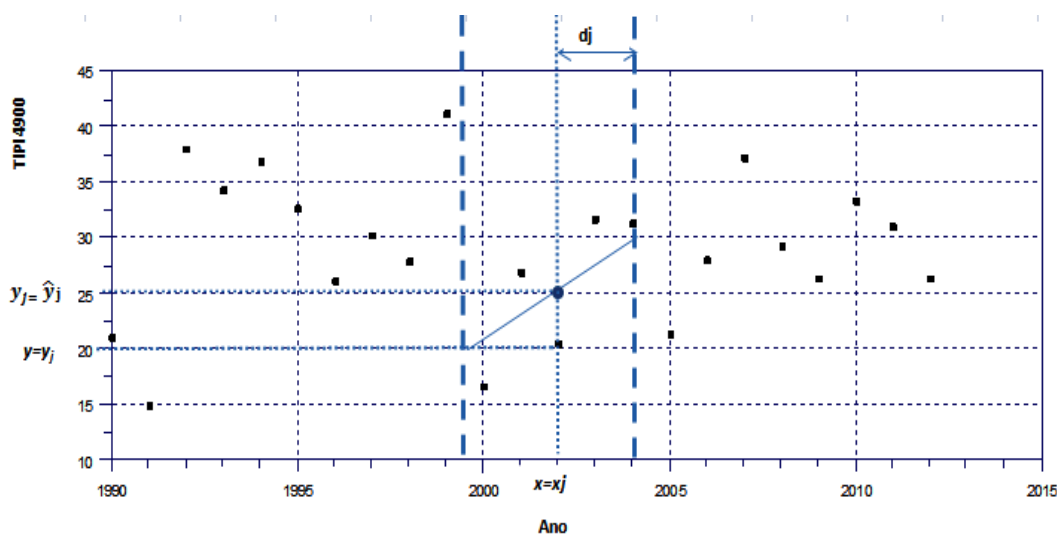
#### 3.1.4.4. Regressão Não Paramétrica para avaliar tendências preliminares e interferências

Uma forma relativamente simples de estimar uma função localmente é considerar a média ou mediana ponderada das observações que estão na vizinhança do ponto de interesse  $x_o$  (média ou mediana de Y conforme X se altera).

Uma curva suavizadora percorre o “meio dos dados” e permite visualizar padrões e remover efeitos de outras variáveis exploratórias sem assumir qualquer forma ou suposição *a priori*.

Para avaliação preliminar das possíveis interferências e tendências nos dados, utilizou-se a técnica de Regressão Não Paramétrica (RNP) LOWESS (Locally Weighted Scatterplot Smoothing). A RNP é técnica exploratória que não tem nenhuma equação ou testes de significância associados<sup>52</sup>.

Ao contrário dos métodos paramétricos, a RNP estima os valores  $\hat{y}_j$  da função “ $f$ ”, localmente, na vizinhança de cada ponto de interesse  $x = x_j$  do gráfico. O exemplo a seguir (Figura 28), descreve resumidamente a aplicação da técnica para valores da concentração média anual de  $\text{DBO}_{5,20}$ , no ponto TIPI 04900 da rede de monitoramento da CETESB (barragem de Pirapora do Bom Jesus), para o período 1990-2013 com apoio do software TIME TREND.



**Figura 28:** Aplicação do “Lowess” aos dados do ponto TIPI 4900 para DBO

- Define-se o parâmetro de suavização, *span* ou *bandwidth* ( $f$ ), uma faixa vertical centrada em  $(x_j, y_j)$ , com uma “janela” que encerra os vizinhos mais próximos à cada

<sup>52</sup> Ferramentas da estatística inferencial também estão sendo desenvolvidas para capacitar os pesquisadores a avaliar o grau de incerteza para melhorar o ajuste das curvas de suavização para dados bivariados.

observação  $x_j$ , contendo  $q=\{fn\}$  pontos. Sua função é controlar o tamanho da vizinhança de  $x_j$ , fundamental na variabilidade e no viés da estimativa; valores de  $f$  muito grandes (acima de 0,5 ou 50%) acarretam viés elevado, mas pequena variabilidade (curvas mais “suaves”, mas com bem menos ajuste) e valores de  $f$  pequenos (menores que 0,2 ou 20%) acarretam viés reduzido na estimativa, mas variabilidade elevada (muito próximo de “ligar” todos os pontos). Os valores mais comuns estão entre  $1/3 \leq f \leq 2/3$ . Na pesquisa os melhores ajustes foram conseguidos com  $f=0,3$  ou 30%, para maior parte das variáveis, e  $f= 0,20$  ou 20% para Fenóis totais, Coliformes termotolerante e metais.

- Define-se o peso para os pontos vizinhos de  $(x_j, y_j)$ , dentro da faixa, de modo que os mais próximos tenham peso maior e os mais afastados pesos decrescentes. A função peso simétrica mais utilizada e adotada na pesquisa foi a denominada tri-cúbica:

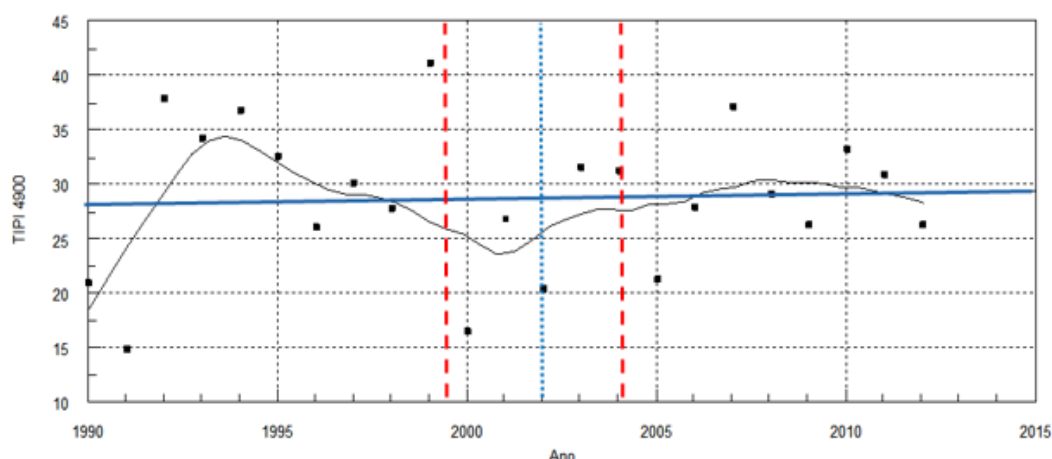
$$h(u) = \begin{cases} 1 - (|u|^3)^3 & \text{se } |u| < 1 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O peso  $h(k)$  atribuído aos vizinhos  $(k)$  de  $(x_j)$  será:

$$h_k = \left( \frac{x_j - x_k}{d_j} \right)^3 \text{ em que } d_j \text{ é distância do vizinho mais afastado.}$$

- Ajusta-se uma reta por mínimos quadrados ponderados construída com os  $q$  pontos vizinhos de cada  $x_j$  por meio de uma equação polinomial de baixo grau, do tipo:  $\hat{y}_j = \hat{a} + \hat{b} x_j$ , ou seja, procuram-se os valores de  $a$  e  $b$  que minimizem a equação:  $\sum_{k=1}^n h_k (y_k - a - b x_k)^2$ .
- Aplicando-se o software TREND TIME para os dados, considerando a equação polinomial de 1º grau com  $f=30\%$  e a função peso tri-cúbica, percebe-se pela Figura 29 como a RNP por LOWESS (linha preta) torna mais claro o comportamento da variável do que a RP linear (linha azul), para todos os pontos e, em especial para o trecho onde está o par  $(x_j, y_j)$ .





**Figura 29:** Correções devido à aplicação da técnica “Lowess”

A aplicação de LOWESS, apesar de computacionalmente intensiva (envolve um grande número de etapas de ajustes dos dados), é bastante facilitada hoje em dia pelo uso de pacotes estatísticos que incluem também versões robustas, de maneira interativa com as etapas anteriores, para minimizar o efeito de valores aberrantes.

#### 3.1.4.5. Verificação da sazonalidade

A verificação de sazonalidade nos dados pesquisados foi realizada por meio dos gráficos Box-Plot sazonais (com seis estações em vista da série de dados de qualidade ser bimestral). Segundo MCLEOD e HIPPEL (2001), a confirmação da presença de sazonalidade na série temporal observada pode ser obtida por meio do teste não paramétrico de Kruskal Wallis, equivalente ao teste de Análise de Variância (ANOVA) para distribuições normais.

A lógica do teste é identificar se os dados contidos dentro de uma estação (um mês, por exemplo) são considerados como uma amostra diferente das demais. Um valor significativamente grande do teste KW significaria que as medianas ou outros parâmetros da distribuição variam entre as estações.

Ao aplicar o teste de KW, todos os dados são ordenados por postos (os escores de todas as  $K$  amostras são colocados juntos e organizados em série única) e colocados em uma tabela com cada coluna representando uma amostra. Calcula-se o somatório de postos de cada amostra e a seguir, calcula-se a estatística  $T$ :

$$T = \left[ \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k n_j \bar{R}_j^2 \right] - 3(n+1), \text{ onde:}$$

$n$  = número de casos da amostra combinada

$n_j$  = número de casos na  $j$ -ésima amostra

$R_j$  = soma dos postos na  $j$ -ésima amostra

$\bar{R}_j$  = média dos postos na  $j$ -ésima amostra

A hipótese nula ( $H_0$ ) será que as medianas das amostras são as mesmas, ou seja, as  $K$  amostras vieram de uma mesma população ou populações idênticas com a mesma mediana ao nível de significância ( $\alpha$ ) de 5%. A Hipótese alternativa ( $H_a$ ) é que pelo menos para uma das medianas é diferente. Os gráficos e existência ou não de sazonalidade estão descritas no Apêndice 4.

### 3.1.5. Análise de Tendências

As análises estatísticas descritivas e das tendências espaciais - temporais foram realizadas em dois períodos, seguindo as recomendações de BALLANTINE (2012) e HEBBEN (2009):

- 1986-2013, para a série bimestral das variáveis e pontos de monitoramento listados, em que há dados disponíveis, contínuos e mesma frequência de amostragem (entre 1978 e 1985 as séries eram mensais e a partir de 1986 passaram a ser bimestrais). Apesar de abranger um número menor de pontos e variáveis, permite verificar o comportamento do corpo de água, sete anos antes do início das primeiras grandes intervenções do PDT, em 1993.
- 1998-2013, para a série bimestral de um número maior de variáveis e pontos (alguns deles não se iniciam no mesmo período e nem ao mesmo tempo para todos os parâmetros, conforme descrito no Quadro 35). Permite avaliar as alterações mais amplamente do ponto de vista espacial, por CSA, após o término da 1ª e 2ª etapas do PDT (em 1998 e 2008, respectivamente), e após o início das obras da 3ª etapa do PDT (2011).

Para aqueles autores, as análises de tendências realizadas com série históricas maiores que dez anos (e com frequências anuais maiores, por exemplo, mensais) são mais robustas que as realizadas com períodos menores. Estas últimas, embora também forneçam informações para

compreensão dos sistemas hídricos, podem ser influenciadas por outros fatores interferentes, como variações sazonais, grandes precipitações, acidentes, até erros de amostragens. Outro fator considerado na definição dos períodos esteve relacionado com a implantação do PDT:

O teste estatístico utilizado na análise de tendências foi o não paramétrico de Mann Kendall (MK) considerado mais poderoso e/ou sensível para detectar as tendências do que os testes paramétricos, em vista da distribuição não normal, dos inúmeros *outliers* e dados censurados na base de dados utilizada (HELSEL e HIRSH, 2002).

Baseado em McLEOD e HIPEL (1991), adotou-se o seguinte procedimento com apoio computacional do *software* Time Tred:

- Seja  $x_1, x_2, \dots, x_n$  a sequência das medidas das variáveis de qualidade ao longo do tempo. Define-se a hipótese nula,  $H_0$ , como aquela em que os dados vêm de uma população na qual as variáveis aleatórias são independentes e identicamente distribuídas, ou seja, não há tendência. A hipótese alternativa,  $H_a$ , será aquela em que os dados, seguem uma tendência monótona (aumentam ou diminuem) ao longo do tempo.
- Ordenam-se os valores da série temporal (do menor para o maior), computa-se a diferença entre os valores  $x_i$  e  $x_j$ , sendo ( $j > i$ ) e determina-se a estatística  $S$  de Mann Kendall, considerando-se o valor +1, -1 ou zero, se as diferenças entre os pares de dados for positiva, negativa, ou não houver diferenças. Por fim, calcula-se a estatística  $S$ :

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

Sendo  $\text{sgn}$  = sinal da diferença entre postos

$$S = \begin{cases} +1, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x = 0 \\ -1, & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

- Se  $n \leq 10$ , o valor absoluto de  $S$  é comparado diretamente com uma distribuição teórica elaborada pelos autores. Se  $n > 10$ , a estatística  $S$  tem distribuição aproximadamente normal e pode-se empregar a variável normal padrão  $Z$ , da seguinte forma (considerando a correção de  $\mp 1$  ao valor de  $S$  por conta dos empates, ou seja quando  $y_i = y_j$ )

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{[Var(S)]^{1/2}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S + 1}{[Var(S)]^{1/2}} & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Onde  $Var(S)$  é a variância de  $S$  definida pela seguinte equação (considerando que  $p$  pares de dados tem valores iguais, gerando empates):

$$Var(S) = \frac{\{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)\}}{18}$$

Onde  $n$  = número de dados;  $p$  = é o número de pares empatados e  $t_j$  é o número de dados empatados no  $j$ ésimo grupo empatado.

A  $H_0$  é rejeitada ao nível de significância ( $\alpha$ ) de 5% se  $|Z| > Z_{crítico}$ , onde  $Z_{crítico}$  é o valor da distribuição normal padrão. Se o valor de  $Z$  (e o valor de  $S$ ) for positivo, os últimos valores medidos da série serão maiores que os valores iniciais da série o que representa uma tendência crescente. Caso contrário, se  $S$  é negativo, a tendência será decrescente e, quando valor de  $S$  é de pequena magnitude, próximo de zero, a indicação é de que não há tendência.

O teste de Mann Kendall Sazonal (MKS) é uma generalização do MK ao computar-se as estatísticas  $S$ , e  $Var(S)$ , separadamente para cada mês (ou estação), denotadas por  $S_i$  e  $Var(S_i)$ , respectivamente, e então combinar os resultados com dados coletados ao longo dos anos ( $S_k$ ). Assim, por exemplo, dados de janeiro da série são comparados com dados de janeiro, fevereiro com fevereiro, assim por diante; desde que sejam comparados dados do mesmo mês do ano, evita-se o problema da sazonalidade (não há comparações cruzadas entre estações).

As estatísticas  $S_i$  são somadas para cada estação para gerar a estatística  $S_k$  do período:  $S_k = \sum_{i=1}^k S_i$ . Segundo HIRSH et al (1982), quando o produto entre o número de anos e de estações é maior que 25 a distribuição de  $S_k$  é aproximadamente normal e pode utilizar as mesmas equações do MK.

Caso haja interesse em estimar a magnitude e direção dessas tendências, HELSEL e HIRSH (2002), recomendam utilizar a estatística de Sen como o Estimador do Coeficiente Angular de MSK (MSKS) como um valor por unidade de tempo, mas sem assumir tendência linear. A ideia básica foi computar inicialmente uma estimativa simples dos coeficientes angulares para

cada par de medidas (para cada mês ou cada estação) e depois calcular a mediana de todos estes pares de valores.

### 3.1.6. Ajustes da concentração ajustada pela vazão (CAV)

As relações concentração em função da vazão são, em geral, complexas e exigem uma série de cuidados, particularmente em áreas como a BAT, que vale a pena comentar. É preciso verificar, no caso da vazão, se sua probabilidade de distribuição é estacionária ou se vem se alterando ao longo do período estudado por causa de mudanças na bacia ou no corpo de água (construção de barragens, mudança dos regimes operacionais, captações e lançamentos expressivos). E ainda, pode ocorrer que as concentrações não sejam influenciadas apenas pela vazão no momento da coleta, mas pelas condições da bacia nos dias, semanas e até meses anteriores.

Considerando as intensas alterações antrópicas e nos fluxos de água da BAT – na macrodrenagem, nos regimes de vazão dos reservatórios (antigos e recém-instalados), na implantação de barragens, nas captações e lançamentos – que só há dados disponíveis com série contínua de vazões em alguns reservatórios e que somente em parte deles há ponto de monitoramento próximo com série histórica, entendeu-se pouco factível, analisar, por CSA, as relações concentração x vazão e adotou-se o seguinte procedimento para subsidiar, de forma geral, a análise de interferentes nas variáveis de qualidade de água.

Em primeiro lugar, como áreas de estudo, foram escolhidos os reservatórios de Pirapora do Bom Jesus e Barragem da Penha, com série de dados de vazões afluentes no período 2002 a 2011 e dados dos pontos de monitoramento da CETESB: TIPI 4900 e TIET 4150, próximos às respectivas barragens, com série contínua de dados. A escolha do ponto TIPI 4900 deve-se ao fato de que os resultados representam praticamente o exutório da BAT (e dos CSAs desta pesquisa), já que há turbilhonamento de água em Pirapora e não há grandes contribuições em Rasgão onde é o real exutório da bacia. A seguir, foram calculados os valores das concentrações ajustadas pela vazão (CAV). A aplicação da CAV foi facilitada pela utilização do *software* Time Trends - Trend Analysis and Equivalence Testing for Environmental Data que oferece possibilidades de ajuste dos parâmetros por RNP (LOWESS) e apresenta os resultados dos valores das concentrações ajustadas e não ajustadas pelos dados de vazão.

As tendências para a variável  $\text{DBO}_{5,20}$ , foram calculadas, utilizando-se a aplicação da estatística Sazonal de Mann Kendall, com ajuste de vazão (utilizando o fator  $f= 30\%$  para a

RNP) e as seguintes formas de tratamento das variáveis: Concentração x vazão, Carga x Vazão, Log Carga x Vazão e Log Carga x Log Vazão.

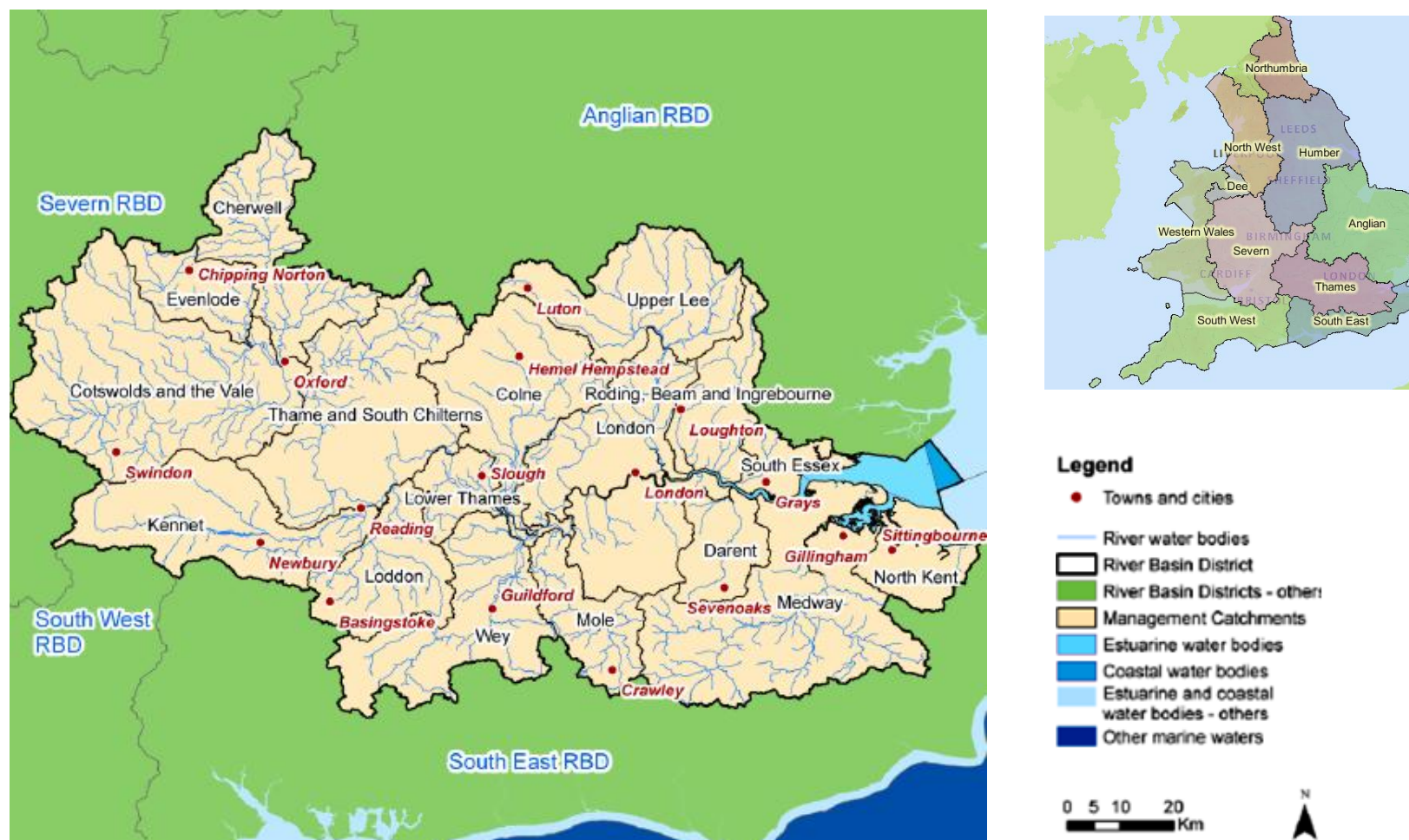
Os dados da EM-MS foram utilizados como mais representativos das características urbanas da RMSP e os dados da EM- IAG representam a influência de área menos impactada pela urbanização.

### 3.2. A DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE ESTUDO

A região tradicionalmente utilizada nos vários níveis de governo pelos planejadores é definida a partir de regularidades ou diferenciações quanto a suas infraestruturas, aos elementos do meio físico, econômico e político institucional, elementos nem sempre abordados de forma integrada. Esses, entre outros aspectos, associados à conformação das regiões metropolitanas, torna o processo de definição de um recorte territorial regional para a gestão de políticas públicas, em particular para a gestão da qualidade da água associada aos programas de controle de poluição, sumamente complexo.

#### 3.2.1. Bacia do Tâmesa na Grande Londres (BTGL)

Atendendo à DQA, o Reino Unido dividiu o país, desde 2000, em sete unidades territoriais denominadas “River Basin District” (RBD) – Distrito de Bacia Hidrográfica – onde ocorrem a discussão, aprovação e implantação das diretrizes e metas de gestão dos recursos hídricos, atualizadas e revistas a cada seis anos (Figura 30). A legislação de recursos hídricos ainda entendeu que os níveis mais próximos da população são os melhores para enfrentar os problemas relacionados ao abastecimento público, saneamento e controle de enchentes.



**Figura 30:** “Thames River Basin District”, “Thames Catchments”

Fonte: Extraído de Mayor of London (2009)

Atendendo a esses princípios, a Agência Ambiental (EA) criou uma série de subdivisões das RDBs, baseadas em regiões hidrográficas ou “Catchments” (Figura 31). A GL está assentada em parte de 12 regiões hidrográficas de gerenciamento, além da região estuarina do Tâmesa (“Thames Catchment”).



**Figura 31:** Grande Londres e as “Thames Cachtments”

Fonte: Extraído de Mayor of London (2009)

No presente estudo optou-se por utilizar a região drenada pelo SES londrino que coincide com a maior parte das nove “Catchments” que compõem a GL. Nessa região sempre esteve assentada a maioria da população e das atividades poluidoras que contribuem para o estuário do rio Tâmesa.

### 3.2.2. Compartimento Sanitário Ambiental (CSA)

No caso da bacia do Alto Tietê, um rápido olhar mostra que a região é recortada por múltiplas unidades de gestão, segundo suas peculiaridades e histórico institucional.

As estruturas para microdrenagem estão a cargo dos municípios (em diversos órgãos) e as de macrodrenagem divididas entre a EMAE e o DAEE.



A SABESP, empresa de saneamento da maior parte dos municípios da região, utiliza múltiplas unidades regionais: o SPAT para o abastecimento público, as bacias de esgotamento sanitário e as Unidades de Negócio em termos administrativos.

A partir de 1991, com o advento da Política de Gerenciamento de Recursos Hídricos foi criada a UGRHI - 6 e seu respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, que por seu turno, dividiu a bacia em seis Subcomitês.

Já o ordenamento do uso do solo é atribuição, em parte, dos poderes públicos municipais que dispõem de uma série de instrumentos como planos diretores, leis de uso e ocupação do solo, códigos de posturas, zoneamentos, códigos de obras, parcelamentos do solo, políticas de regularização fundiária e mais recentemente, de parcelas do licenciamento ambiental.

Na RMSP, “pesam” as funções públicas de interesse metropolitano como o saneamento (cuja organização institucional até recentemente esteve em discussão no Supremo Tribunal Federal), objeto do sistema metropolitano que foi retomado recentemente (2012).

As atividades do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são executadas com base no Setor Censitário (SC). Segundo LINHARES (2004), a malha de setores censitários capta os reflexos do processo de ocupação humana e, dessa forma, torna-se instrumento valioso na investigação na escala intraurbana, particularmente nas Regiões Metropolitanas, onde a degradação ambiental é visível. A partir do Censo de 2000, essa tarefa foi facilitada, pois o IBGE passou a utilizar tecnologia digital e disponibilizar os dados por SC no sítio <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais> em formato Shapefile.

Embora as citadas unidades territoriais contribuam para os objetivos a que foram criadas, não permitem visualizar claramente, em termos espaciais e temporais, os efeitos dos programas de controle de poluição hídrica e dos fatores interferentes no processo de recuperação da qualidade das águas do rio Tietê e os desafios que tem a enfrentar.

A opção metodológica adotada foi desenvolver nova unidade territorial para a pesquisa<sup>53</sup> que estivesse baseada nas bacias de drenagem dos esgotos da BAT e em pontos de avaliação das tendências de qualidade, localizados em pontos estratégicos dessas bacias de drenagem: o Compartimento Sanitário Ambiental (CSA).

Os CSAs foram construídos a partir das bacias de esgotamento da BAT, definidas nos primeiros planos diretores de esgotamento metropolitano (1950), revisadas no Plano Diretor

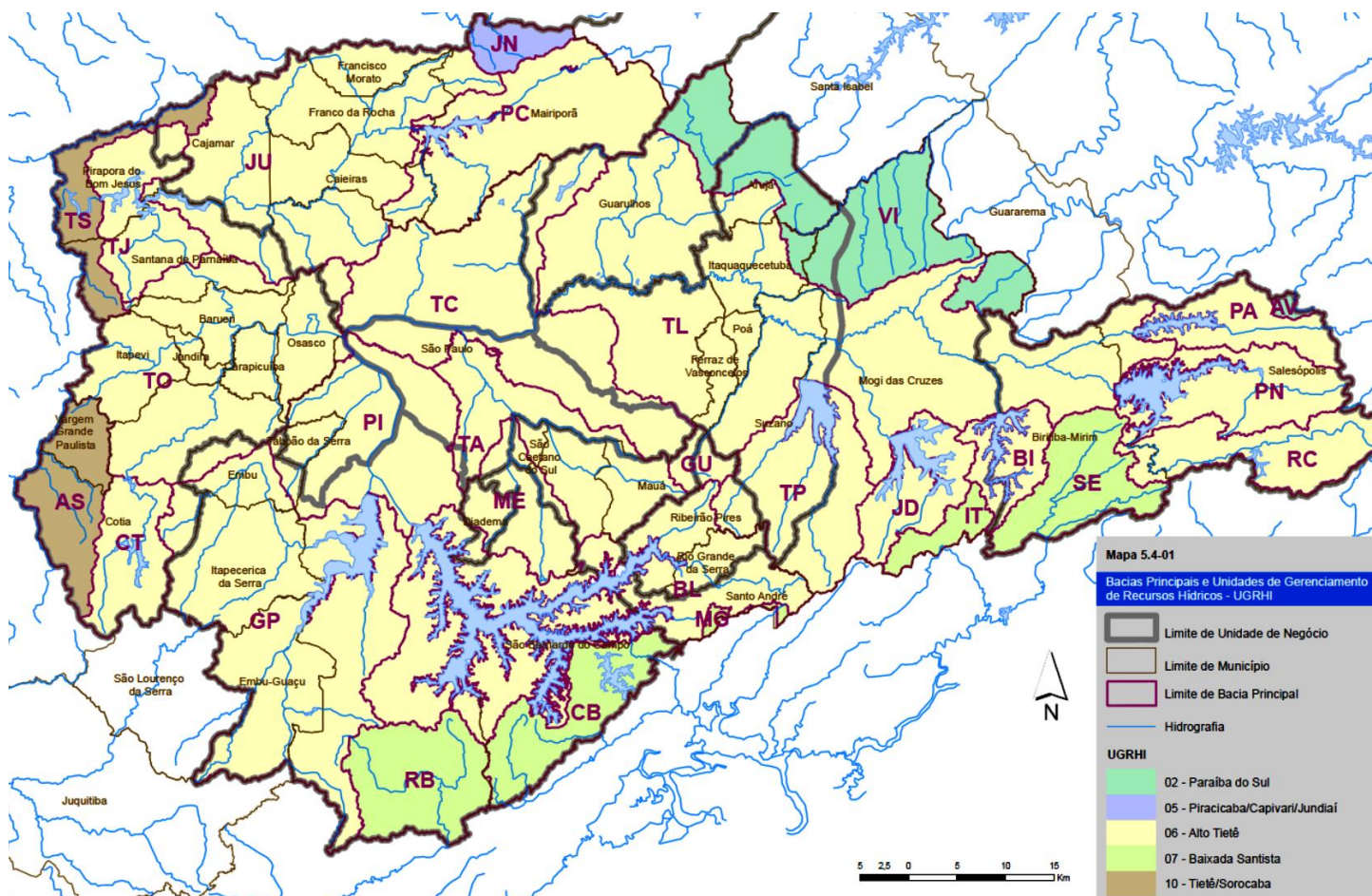
---

<sup>53</sup> A execução da proposta contou com a participação e execução dos geógrafos Sérgio Rizzo e Nicéia Bianchini.

SANEGRA (1989) e atualizadas em 2006 pela SABESP, conforme descrito no Quadro 34 e Figuras 32 e 33.

**Quadro 34:** Bacias de esgotamento da RMSP

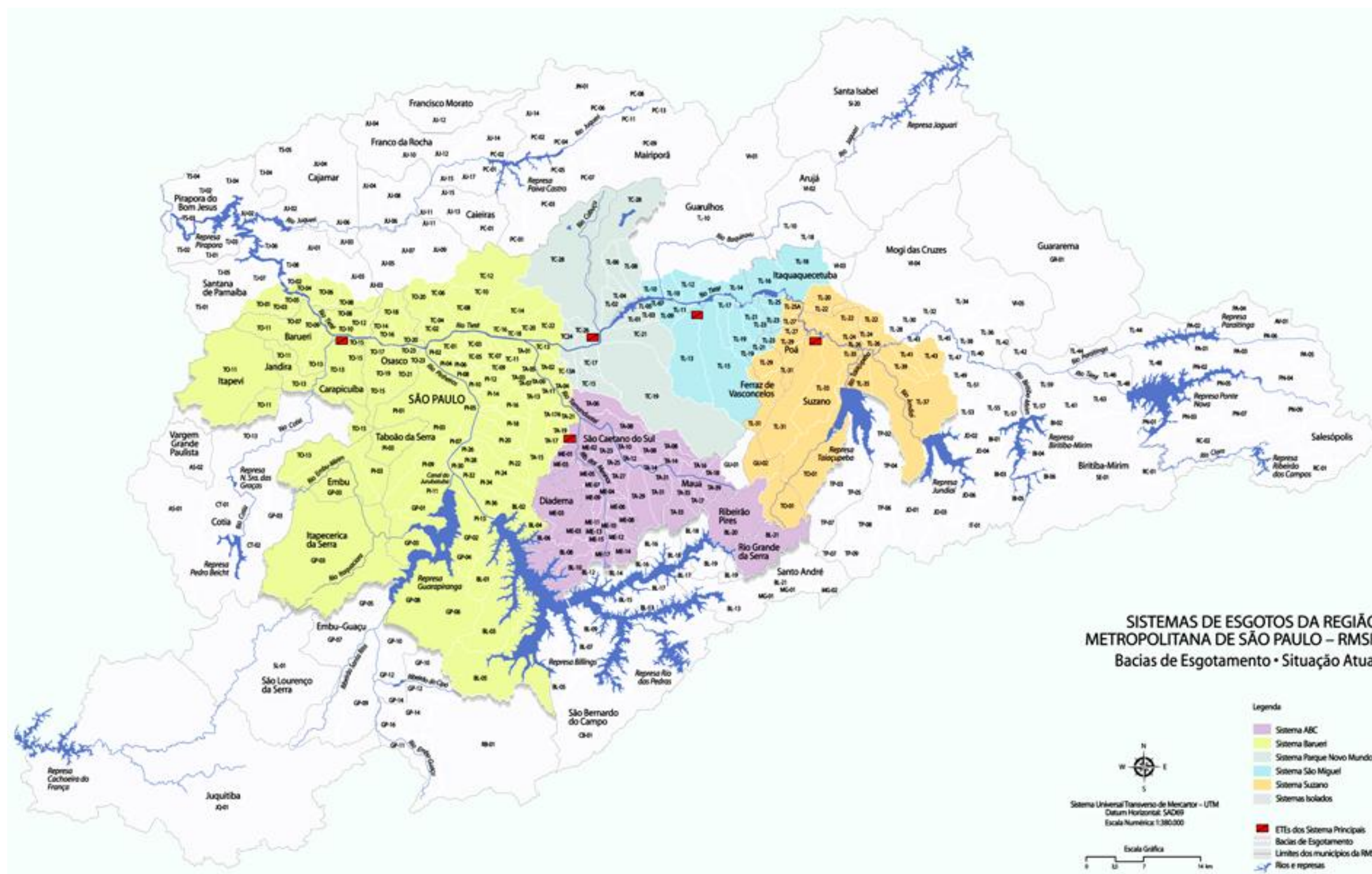
| <b>Código</b> | <b>Nome</b>  | <b>Código</b> | <b>Nome</b>             |
|---------------|--------------|---------------|-------------------------|
| BI            | Biritiba     | TA            | Tamanduateí             |
| BL            | Billings     | TC            | Tietê Centro            |
| CT            | Cotia        | TJ            | Tietê/ Juqueri          |
| GP            | Guarapiranga | TL            | Tietê Leste             |
| GU            | Guaió        | TO            | Tietê Oeste             |
| JD            | Jundiaí      | TP            | Taiacupeba              |
| JU            | Juqueri      | VI 01         | Ribeirão Tomé Gonçalves |
| ME            | Meninos      | VI 02         | Ribeirão Cachoeirinha   |
| PA            | Paraitinga   | VI 03         | Córrego Félix           |
| PC            | Paiva Castro | VI 04         | Ribeirão da Divisa      |
| PI            | Pinheiros    | JN            | Jundiaí (S. Cantareira) |
| PN            | Ponte Nova   | SL            | São Lourenço            |
| RC            | Rio Claro    | RB            | Ribeira                 |



**Figura 32:** Localização geral das bacias de esgotamento da RMSP

Fonte: FABHAT, 2013





**Figura 33:** Sistemas de esgotamento e bacias de esgotamento da RMSP

Fonte: PDE 2010 (COBRAP-CONCREMAT, 2010)

As bacias de esgotamento foram digitalizadas e georreferenciadas em base cartográfica, em que foram plotados outros atributos georreferenciados: os limites geográficos – BAT, RMSP e municípios – e os pontos da rede de monitoramento de qualidade de água da rede da CETESB na BAT. Com apoio do geoprocessamento foi realizado o recorte territorial que deu base aos CSAs considerando:

- Sub-bacias de drenagem do Sistema Principal (SP) da SABESP que estão baseadas na drenagem dos esgotos para as cinco grandes ETEs metropolitanas: Suzano, ABC, São Miguel, Parque Novo Mundo e Barueri.
- Outras regiões não cobertas pelo SP da SABESP, mas que foram consideradas no mesmo Compartimento que o respectivo SP, seja por que em certos casos já há previsão de reversão para o SP, seja por que facilita o cômputo da drenagem das cargas poluidoras para determinado trecho do Tietê.
- As demais áreas compreendidas na BAT, não cobertas pelo SP da SABESP e nas quais se encontram grande parte dos Sistemas Isolados: região do Alto Tietê Cabeceiras e Bacia do Juqueri.
- Os pontos de monitoramento mais representativos, em termos espaciais e temporais, das regiões de cabeceiras e exutório da BAT e do exutório de cada CSA.

A representação dos CSA está na Figura 34 e sua descrição geral no Quadro 35.



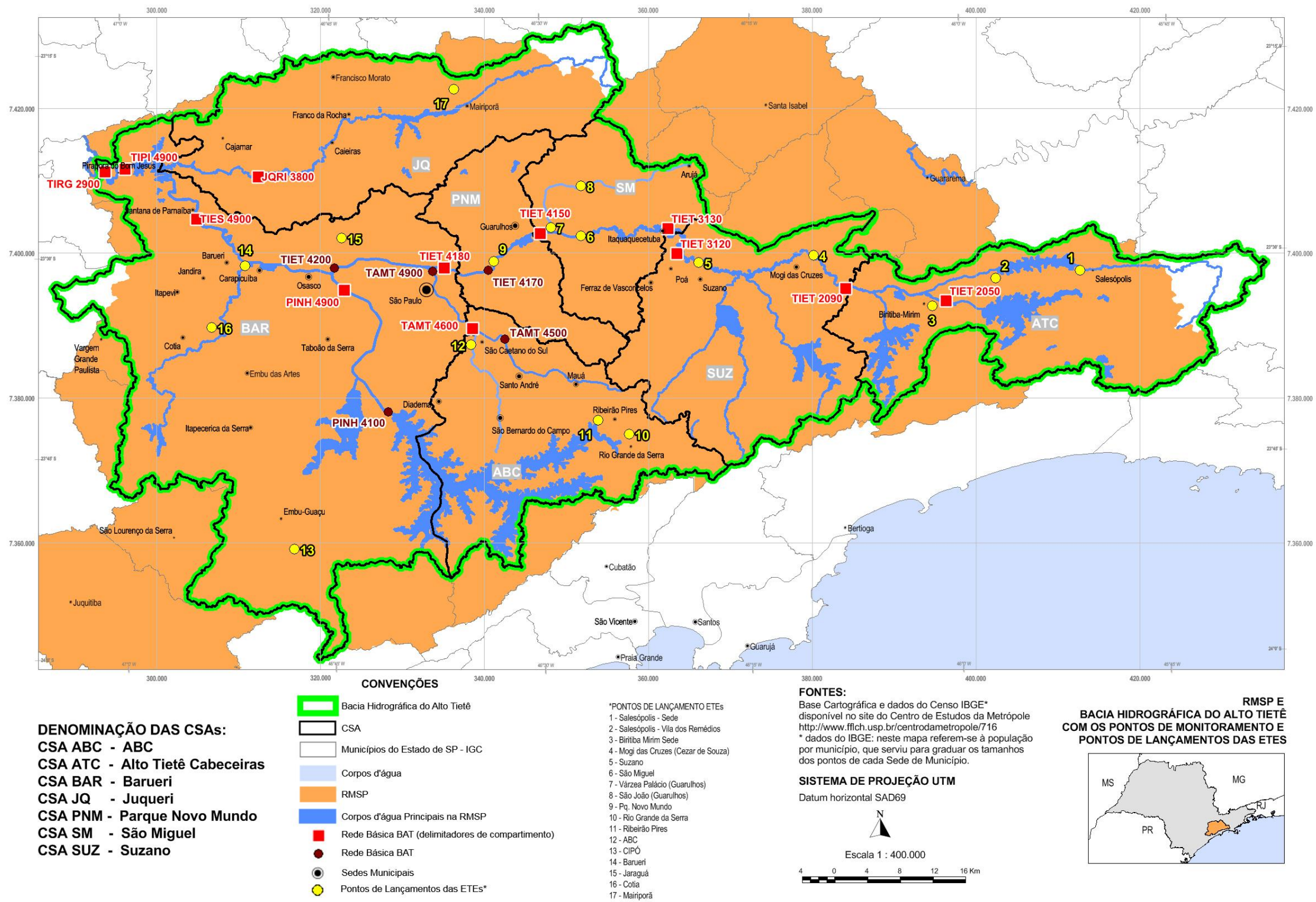


Figura 34: Compartimentos Sanitário-Ambientais

Elaborado por OLIVEIRA e BIANCHI (2015)

Quadro 35: Descrição geral dos Compartimentos Sanitário - Ambientais (CSA)

| Compartimento Sanitário Ambiental (CSA) |          |                                                                                                                                                                  | Código     | Justificativas                                                                                                      | Municípios - principais Bacias de esgotamento (PDE - revisão 2010)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Identificação                           | Área Km² | Municípios (totalmente ou parcialmente contidos)                                                                                                                 |            |                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Alto Tietê Cabeceiras (CSA-ATC)         | 768,30   | Salesópolis (sede), Biritiba-Mirim (sede), Mogi das Cruzes (parcial)                                                                                             | TIET2050   | Cabeceiras da bacia do Alto Tietê (ponto de referência para as águas de melhor qualidade)                           | Biritiba Mirim: RC1(25%), BL2, BL4, BL6, TL42(20%); TL42(80%), TL44(60%), TL46, TL48 (20%), TL57(50%), TL59 e TL61 (Sede) - existente, TL63, (SE01); Mogi das Cruzes: TL-28, TL-30, TL-32, TL-34, TL-36, TL-38, TL-40, TL-43, TL-45 e TL-47 (B. Lavapés) - existentes, BL5, BL3, BL1, TL57(50%), TL55, TL53, TL42(20%); Salesópolis: RC1, RC2, PN1-9, PA1-6, AV1, TL44(40%) e TL48(80%) (V. Remédios),PA-03 (sede) - existente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | TIET2090   | Entrada do CSA-SUZ (próximo ao exutório do CSA-ATC), “entrada” na região drenada pelo Sistema Principal (SP)        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Suzano (CSA-SUZ)                        | 729,60   | Ribeirão Pires (parcial), Ferraz de Vazconcelos (sede), Itaquaquecetuba (parcial), Mogi das Cruzes (parcial), Poá (parcial), Suzano                              | TIET 3120  | Próximo ao exutório do CSA-SUZ e a jusante da ETE-SUZ                                                               | Ferraz de Vasconcelos: GU01, TL29(50%), TL31(30%); Itaquaquecetuba: VI03, TL20( Mandi) - projetado, TL22(10%), TL25A, TL27(50%); Mogi das Cruzes: (V04), VI048 (REVS)TL22(30%), , TL24(80%), TL35(60%), TL39, TL41, TL37, TL41, TL(80%), TP04, TP06, TP08, TP09, TP07(60%), JD01-06, (ITO1); Ribeirão Pires: GU02, TO01; Poá: TL27, TL29(50%), TL31(15%); Suzano: TL31(60%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| São Miguel (CSA-SM)                     | 408,20   | Arujá (parcial, Ferraz de Vasconcelos (parcial), Guarulhos (parcial), Itaquaquecetuba (parcial), Poá (parcial), São Paulo (parcial)                              | TIET 4150  | Próximo ao exutório do CSA-SUZ e a jusante da ETE-SUZ (SP)                                                          | Arujá: TL10, TL18, (VI028) – existente; Ferraz de Vasconcelos: TL19(10%), TL21(10%, TL23(10%); Guarulhos: TL18 (reversão para PNM e SM), TL10 (Bacias Bonsucesso, São João Bacia, Fortaleza, Várzea do Palácio) - Projetado , TL12, TL 14 Itaquaquecetuba: TL-16 (Bacias Piratininga e Viviane) - projetado, TL18 (Guatambu) - projetado TL25, TL23(45%); Poá: TL23(10%);São Paulo: TL05-TL25 (IMPS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Parque Novo Mundo (CSA-PNM)             | 327,60   | Guarulhos (parcial), São Paulo (parcial)                                                                                                                         | TIET 4170  | A jusante da ETE – PNM (SP) e a montante do rio Aricanduva, no centro do CSA-PNM                                    | Guarulhos: TC-28 (Cabuçu Bacia) - projetado, TL02-08 (PARS); São Paulo: TL24, TL26, TL21, TL17, TL15, TL19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | TIET 4180  | Entrada do CSA-BAR (próximo ao exutório do CSA-PNM)                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Barueri (CAS-BAR)                       | 2058,70  | São Paulo (parcial), Embu, Itapecerica da Serra, Taboão da Serra, Osasco, Barueri, Carapicuíba, Cotia (parcial), Itapevi, Jandira, Santana do Parnaíba (parcial) | TAMT 4900  | Exutório do rio Tamanduateí no rio Tietê, a montante do rio Pinheiros (influências do CSA-ABC e parcela do CSA-BAR) | Barueri: TO7-9, TO13 (10%); Carapicuíba: TO13 (10%), TO15(10%); Cotia: TO13( Sede) – existente; Embu das Artes: TO13, GP3 (30%), PI03(20%); Embu-Guaçu: GP05 e GP07 (Sede Bacia-parcial e Bacia Cipó ) - existente, GP-12 - existente; GP10, GP11, GP14, GP16; Itapecerica da Serra: GP-03 (CDP Centro de Detenção Provisória) – existente; Itapevi: TO10; Jandira: TO11, TO13 (10%); Osasco: TO15(20%), TO17-23 (impares), TO14-20 (pares); Pirapora do Bom Jesus: TS2-3(existente), TJ01 - projeto (Paiol); Santana de Parnaíba: TO-01, TO-02, TO-03, TO-04, TO-05, TO-06, TO-08, TJ-07 (região da Sede) - para o SP; TJ-05 e TO-11 - ETE Aldeia da Serra; JU-01 -ETE Fazendinha; JU-03 e TJ-03 - ETE Polvilho (Cajamar) e ETE Jurumirim (em Pirapora do Bom Jesus); TS-01, TJ-06 e TJ-08: previsão para SI (fossas filtro); São Paulo: TO20, TC01-21, TA-17ª (ETE-Jesus Neto), PI01-36, GP01-04, GP06, GP08, GP10-12, GP14, GP16, BL01-5; Taboão da Serra: PI03 |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | TIET 4200  | A montante do rio Pinheiros e a jusante do rio Tamanduateí, no centro da RMSP                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | PINH 04100 | Cabeceiras do rio Pinheiros, a montante da barragem do reservatório Billings (Pedreira)                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | PINH 04900 | Exutório do rio Pinheiros, no rio Tietê                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | TIES 4900  | A justante da ETE Barueri (exutório do SP e ponto de referência: impactos da BAT e da ETE-BAR)                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                         |          |                                                                                                                                                                  | TIPI 4900  | Representativo da BAT (próximo ao exutório), a jusante do Juqueri                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ABC (CSA-ABC)                           | 685,27   | Diadema, Ribeirão Pires (parcial), Rio Grande da Serra (parcial), São Bernardo do Campo, Santo André (parcial), São Caetano do Sul, São Paulo (parcial), Mauá    | TAMT4500   | No terço final da bacia do rio Tamanduateí                                                                          | Diadema: BL06, ME03 (50%); Mauá: TA14-18, TA31-39 (imps); Ribeirão Pires: Bacia BL-20(Sede): Desativação Prevista com reversão para o Sistema Principal Rio Grande da Serra: BL-21 (Sede) - desativação prevista (reversão para o SP); Santo André: TA23-31, TA08-14, ME04-08, BL13, BL16-19, BL21; São Bernardo do Campo: BL-10 (Bairro Pinheirinho) - existente; Bacia BL-15 (Riacho Grande Bairro) – existente; São Caetano do Sul: ME02, TA23; São Paulo: TA06, TA08                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| JQ (CAS-JQ)                             | 848,00   | Caierias, Cajamar, Francisco Morato, Franco da Rocha, Mairiporã                                                                                                  | JQRI 3800  | No terço final bacia do Juqueri                                                                                     | Caieiras: JU-11, JU-13 Cajamar: JU-01, JU03, JU-04; Cajamar/Caieiras: JU-04 Francisco Morato/Fanco da Rocha: JU-12; Franco da Rocha: JU-12, JU-14, JU-17; Franco da Rocha/Caieiras: JU-08, JU-10, JU-11, JU-13, JU-15; Mairiporã: PC-07 e JN-01; São Paulo: TO-20, JU-07, JU-03, JU-05, JU-07, JU-09, JU-11.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Fontes: CETESB (2013) e CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT (2010)

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO ALTO TIETÊ

#### 4.1.1. Bacia do Alto Tietê e a Região Metropolitana de São Paulo

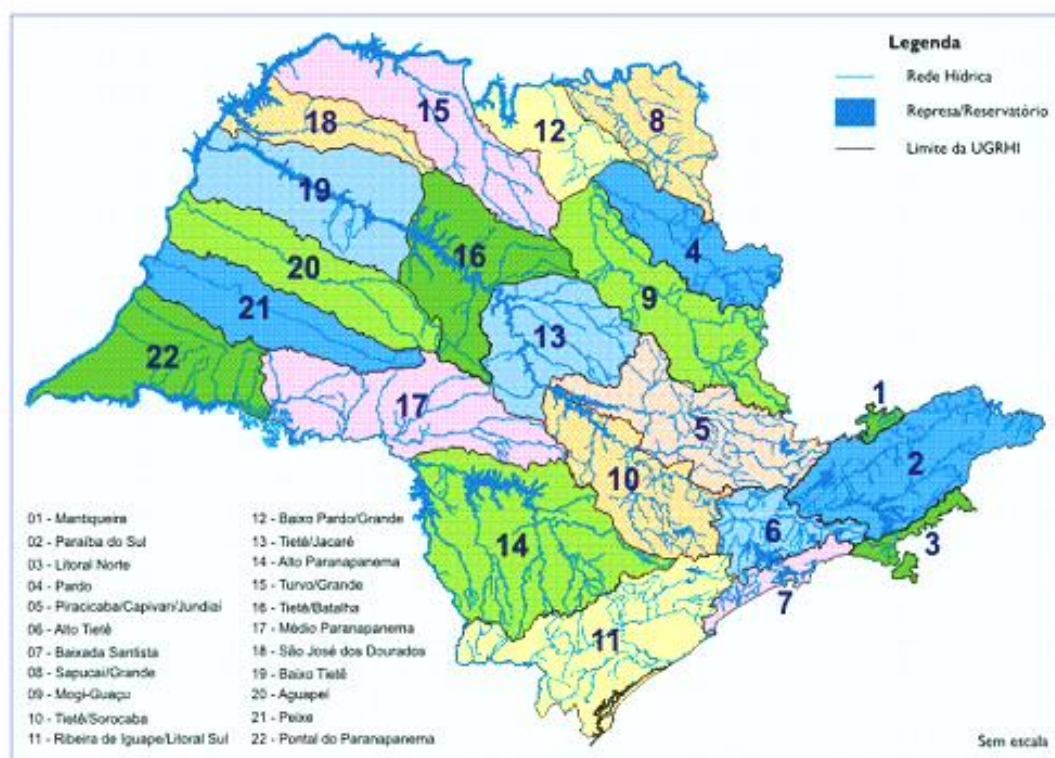
O rio Tietê é o de maior extensão do estado de São Paulo, nasce no município paulista de Salesópolis, a uma altitude de 1.030 metros, nos contrafortes da serra do Mar, a 22 km do oceano Atlântico e a 96 km da Capital, correndo para o interior no sentido SE-NW por 1.100 km, sendo 200 km na bacia do Alto Tietê, até o município de Itapura, em sua foz no rio Paraná, na divisa com o Mato Grosso do Sul. Banha sessenta e dois municípios ribeirinhos e sua bacia compreende cinco UGRHIs, além do Alto Tietê: Piracicaba; Sorocaba/Médio Tietê; Tietê/Jacaré; Tietê/Batalha e Baixo Tietê.

Constitui-se por uma vasta rede de tributários destacando-se, com base nas amplitudes das áreas de drenagem, no sentido de montante para jusante, na margem direita: rios Paraitinga, Baquirivu-Guaçu, Cabuçu de Cima e Juqueri e na margem esquerda: rios Claro, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba-Açu, Aricanduva, Tamanduateí, Pinheiros, Cotia e São João do Barueri.

A bacia do rio Tietê apresenta área de aproximadamente 73.400 km<sup>2</sup>, percorrendo apenas terras paulistas, no sentido leste-oeste, em uma extensão de aproximadamente 1.100 km. A bacia do Alto Tietê (Figuras 35 e 36) é definida pela região limitada entre as nascentes do rio Tietê (em Salesópolis), a leste da cidade de São Paulo, junto ao divisor de águas, e a montante da barragem de Rasgão, abrangendo uma área de drenagem de 5.868 km<sup>2</sup>, sendo 5.720 km<sup>2</sup> na RMSP.

Abrange 40 municípios, sendo que seis possuem sede na bacia e 19 encontram-se totalmente inseridos na UGRHI-6 (Quadro 36).





**Figura 35:** UGRHIs

Fonte: PERH (2010)



**Figura 36:** Bacia do Alto Tietê (UGRHI 6)

Fonte: PDE (2010)

**Quadro 36:** Municípios com território na Bacia do Alto Tietê (UGRHI 6) (continua)

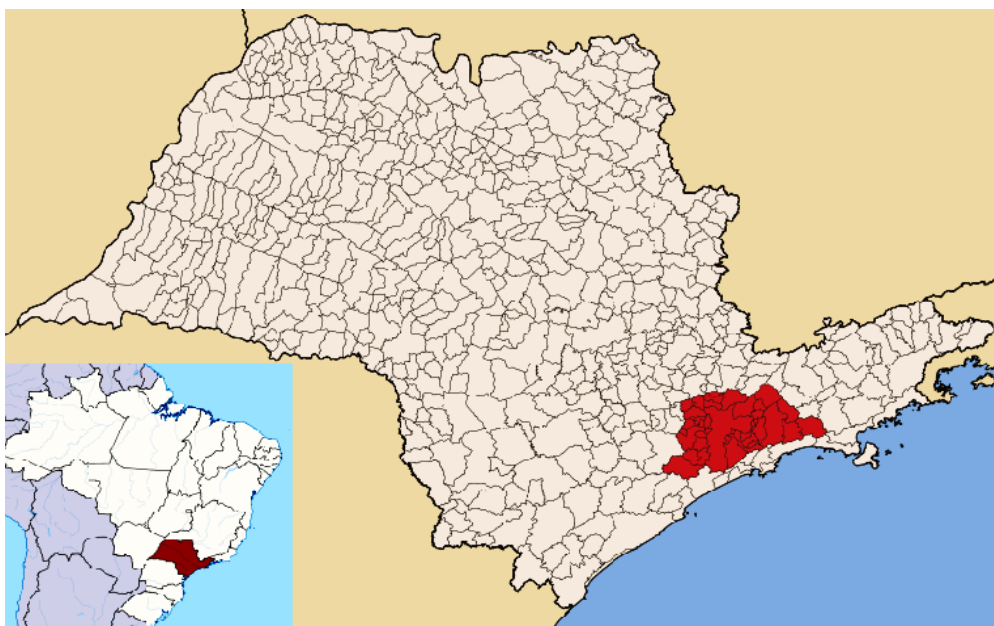
| <b>Município</b>      | <b>Área total (km²)</b> | <b>Área na UGRHI-6 (%)</b> |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| Arujá                 | 23,77                   | 24,7                       |
| Barueri               | 66,23                   | 100                        |
| Biritiba-Mirim        | 187,74                  | 59                         |
| Caieiras              | 96,85                   | 100                        |
| Cajamar               | 117,45                  | 89,3                       |
| Carapicuíba           | 34,2                    | 100                        |
| Cotia                 | 244,15                  | 75,1                       |
| Diadema               | 30,8                    | 100                        |
| Embu                  | 70,6                    | 100                        |
| Embu-Guaçu            | 155,5                   | 100                        |
| Ferraz de Vasconcelos | 29,8                    | 100                        |
| Francisco Morato      | 49,2                    | 100                        |
| Franco da Rocha       | 133,1                   | 100                        |
| Guarulhos             | 258,15                  | 80,9                       |
| Itapecerica da Serra  | 146,75                  | 96,9                       |
| Itapevi               | 83,4                    | 100                        |
| Itaquaquecetuba       | 71,11                   | 86,1                       |
| Jandira               | 17,3                    | 100                        |
| Juquitiba*            | 7,83                    | 1,5                        |
| Mairiporã             | 280,58                  | 87,3                       |
| Mauá                  | 61,9                    | 100                        |
| Mogi das Cruzes       | 486,67                  | 68                         |
| Nazaré Paulista*      | 52,85                   | 16,2                       |
| Osasco                | 64,2                    | 100                        |
| Paraibuna*            | 81,77                   | 10,1                       |
| Pirapora do Bom Jesus | 79,42                   | 72,6                       |

**Quadro 36:** Municípios com território na Bacia do Alto Tietê - UGRHI 6 (conclusão)

| <b>Município</b>        | <b>Área total (km²)</b> | <b>Área na UGRHI-6 (%)</b> |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Poá                     | 17,6                    | 100                        |
| Ribeirão Pires          | 99,6                    | 100                        |
| Rio Grande da Serra     | 36,6                    | 100                        |
| Salesópolis             | 418,13                  | 98,5                       |
| Santana de Parnaíba     | 154,51                  | 85,7                       |
| Santo André             | 162,843                 | 93                         |
| São Bernardo do Campo   | 275,52                  | 67,3                       |
| São Caetano do Sul      | 15,37                   | 100                        |
| São Lourenço da Serra*  | 33,29                   | 17,7                       |
| São Paulo               | 1.372,14                | 89,9                       |
| São Roque*              | 34,1                    | 11,1                       |
| Suzano                  | 205,5                   | 100                        |
| Taboão da Serra         | 20,4                    | 100                        |
| Vargem Grande Paulista* | 8,98                    | 21,2                       |

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), também conhecida como Grande São Paulo, está localizada na região sudeste do país (Figura 37 e 38), entre as coordenadas 273 a 429 km (E) e 7336 a 7440 km (N), na Unidade Transversal de Mercator (UTM), origem no Equador e Meridiano Central 45° W Gr, acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km.

Em termos espaciais, ocupa uma área de 7.946 km<sup>2</sup> (0,1% do território nacional e 3,5% da área do estado), aproximadamente as mesmas dimensões do Líbano (10 452 km<sup>2</sup>) e Jamaica (10 991 km<sup>2</sup>), abrangendo a Capital e os trinta e oito municípios por ela polarizados, agrupados em cinco sub-regiões (Figura 38).



**Figura 37:** RMSP e sua localização no Estado e na região sudeste do país

Fonte: Extraído de WIKIPEDIA (2014))



**Figura 38:** Municípios e sub-regiões da RMSP

Fonte: Extraído de Emplasa (2011)

A RMSP reúne em torno de vinte milhões de habitantes, 47% de toda a população paulista (Quadro 37).

**Quadro 37:** População e densidade demográfica dos municípios da RMSP (2010)

| <b>Município</b>       | <b>Área<br/>(km<sup>2</sup>)</b> | <b>Área oficial<br/>(km<sup>2</sup>)</b> | <b>População<br/>(2010)</b> | <b>Densidade demográfica<br/>(habs/km<sup>2</sup>)</b> |
|------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| Arujá                  | 96,9                             | 97,448                                   | 74.818                      | 779                                                    |
| Barueri                | 66,3                             | 64,167                                   | 240.656                     | 3.646                                                  |
| Biritiba-Mirim         | 318,7                            | 316,717                                  | 28.573                      | 90                                                     |
| Caieiras               | 97,5                             | 95,894                                   | 86.623                      | 893                                                    |
| Cajamar                | 131,3                            | 128,356                                  | 64.113                      | 489                                                    |
| Carapicuíba            | 34,2                             | 34,967                                   | 369.908                     | 10.569                                                 |
| Cotia                  | 325,1                            | 323,891                                  | 201.023                     | 622                                                    |
| Diadema                | 30,8                             | 30,650                                   | 386.039                     | 12.453                                                 |
| Embu                   | 70,6                             | 70,079                                   | 240.007                     | 3.429                                                  |
| Embu-Guaçu             | 155,5                            | 155,036                                  | 62.846                      | 405                                                    |
| Ferraz de Vasconcelos  | 29,8                             | 30,071                                   | 168.290                     | 5.610                                                  |
| Francisco Morato       | 49,2                             | 49,164                                   | 154.538                     | 3.154                                                  |
| Franco da Rocha        | 133,1                            | 133,931                                  | 131.603                     | 982                                                    |
| Guararema              | 271,9                            | 270,496                                  | 25.861                      | 95                                                     |
| Guarulhos              | 319,1                            | 318,014                                  | 1.222.357                   | 3.832                                                  |
| Itapeçerica da Serra   | 151,1                            | 151,458                                  | 152.380                     | 1.016                                                  |
| Itapevi                | 83,4                             | 91,353                                   | 200.874                     | 2.420                                                  |
| Itaquaquecetuba        | 82,2                             | 81,777                                   | 321.854                     | 3.878                                                  |
| Jandira                | 17,3                             | 17,523                                   | 108.436                     | 6.024                                                  |
| Juquitiba              | 522,0                            | 521,598                                  | 28.732                      | 55                                                     |
| Mairiporã              | 321,4                            | 321,480                                  | 80.920                      | 252                                                    |
| Mauá                   | 61,9                             | 62,293                                   | 417.281                     | 6.841                                                  |
| Mogi das Cruzes        | 715,7                            | 714,156                                  | 387.241                     | 543                                                    |
| Osasco                 | 64,6                             | 64,935                                   | 666.469                     | 10.414                                                 |
| Pirapora do Bom Jesus  | 108,8                            | 108,257                                  | 15.727                      | 144                                                    |
| Poá                    | 17,6                             | 17,179                                   | 106.033                     | 6.237                                                  |
| Ribeirão Pires         | 99,6                             | 99,175                                   | 113.043                     | 1.142                                                  |
| Rio Grande da Serra    | 36,6                             | 36,671                                   | 44.084                      | 1.191                                                  |
| Salesópolis            | 424,5                            | 425,842                                  | 15.639                      | 37                                                     |
| Santa Isabel           | 364,2                            | 361,494                                  | 50.464                      | 139                                                    |
| Santana de Parnaíba    | 180,3                            | 183,816                                  | 108.875                     | 605                                                    |
| Santo André            | 175,1                            | 174,840                                  | 673.914                     | 3.851                                                  |
| São Bernardo do Campo  | 409,4                            | 406,180                                  | 765.203                     | 1.871                                                  |
| São Caetano do Sul     | 15,4                             | 15,360                                   | 149.571                     | 9.971                                                  |
| São Lourenço da Serra  | 187,7                            | 186,709                                  | 13.985                      | 75                                                     |
| São Paulo              | 1.526,3                          | 1.522,986                                | 11.244.369                  | 7.383                                                  |
| Suzano                 | 205,5                            | 205,865                                  | 262.568                     | 1.268                                                  |
| Taboão da Serra        | 20,4                             | 20,478                                   | 244.719                     | 12.236                                                 |
| Vargem Grande Paulista | 42,4                             | 33,512                                   | 42.946                      | 1.023                                                  |
| <b>Totais</b>          | <b>7963,31</b>                   | <b>7943,818</b>                          | <b>19.672.582</b>           | <b>2.476</b>                                           |

Fonte: Censo IBGE (2010)

A densidade demográfica média da RMSP é de 2.476 hab/km<sup>2</sup>, variando de 37 hab/km<sup>2</sup> (Salesópolis) até mais de 10.000 hab/km<sup>2</sup> (Carapicuíba, Diadema, Osasco, Taboão da Serra).

Em termos hidrográficos, a RMSP está compreendida em seis UGRHIs criadas no âmbito do SIGRH (Figura 36), onde seus trinta e nove municípios estão localizados integral ou parcialmente, conforme Quadro 38:

**Quadro 38:** RMSP nas UGRHIs

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UGRHI 2 - Paraíba do Sul (PS)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Representa 12,98% (1032 km <sup>2</sup> ) da RMSP e compreende os municípios localizados na região nordeste: Guararema (rio Paraíba do Sul), e Santa Isabel (bacia do reservatório do Jaguari)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>UGRHI 5 - Piracicaba – Capivari – Jundiaí (PCJ)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Representa % 0,62 (49 km <sup>2</sup> ) da RMSP e compreende os municípios de Mairiporã (bacia do rio Jundiaizinho)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>UGRHI 6 - Alto Tietê (AT)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Representa 69,84% da RMSP (5.550 km <sup>2</sup> ) e ainda se estende por 2,1% (176 km <sup>2</sup> ) para fora região . Sua área total de 5.720 km <sup>2</sup> compreende os municípios de Arujá, Barueri, Biritiba-Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, São Bernardo, São Caetano do Sul, São Paulo, Santana do Parnaíba, Santo André, Suzano, Taboão da Serra, ocupando 70% do território. |
| <b>UGRHI 10 – Sorocaba - Médio Tietê</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Representa 1,51% da RMSP (120 km <sup>2</sup> ) e compreende os municípios de Vargem Grande Paulista (ribeirão Vargem Grande e seu afluente, córrego Vermelho, que pertencem à bacia do Sorocaba - Alto – Sorocamirim), Santana do Parnaíba (ribeirão Cavetá e Paiol).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>UGRHI 11 - Ribeira do Iguape - Litoral Sul</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Representa 8,79% da RMSP (698 km <sup>2</sup> ) e compreende os municípios localizados na região sudeste: Juquitiba (rios Juquiá e São Lourenço), S. Lourenço da Serra (rio São Lourenço).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>UGRHI 7 - Baixada Santista</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Representa 6,26% da RMSP (497 km <sup>2</sup> ) e compreende rios cujas suas nascentes estão localizadas em parte do território de municípios na região sul da RMSP mas estão situados na região da vertente oceânica da Serra do Mar e, portanto, compõem a UGRHI-7: São Bernardo do Campo (rio Cubatão e rio Perequê), Santo André (rio Mogi), Mogi das Cruzes e Biritiba-Mirim (rio Itapanhaú), São Paulo (Capivari), Juquitiba e Peruíbe (Preto).                                                                                                                                                                                                              |

A RMSP é a mais complexa e diversificada do país, concentrando um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 701,8 bilhões (2010), 57% do total estadual e 20% do PIB brasileiro (IPEA, 2014), equivalente ao gerado pelo Chile. Segundo dados da FIESP (FIESP, 2013), a RMSP representava 41,1% do emprego formal na indústria de transformação do estado de São Paulo

com destaque para os setores de veículos automotores, carroceria e autopeças, produtos de borracha e material plástico, produtos de metal.

Em relação ao estado de São Paulo, a RMSP ainda detém 44,9% dos estabelecimentos da indústria de transformação com predominância do setor de confecção de artigos de vestuário e acessórios, seguidos por produtos de metal com 12,9% e pelo setor de produtos de borracha e material plástico com 8,7%.

Em termos institucionais, a RMSP foi reestruturada a partir da aprovação da Lei complementar nº 1.139/2011 que cria o Conselho de Desenvolvimento da RMSP (CDRMSP) e os Conselhos Consultivos das sub-regiões. O CDRMSP tem caráter normativo e deliberativo e sua principal atribuição é deliberar sobre planos, projetos, programas, serviços e obras a serem realizados com recursos financeiros do Fundo de Desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo (FDRMSP). É composto pelos representantes dos municípios integrantes da RMSP, representantes do Estado nas áreas das funções públicas de interesse comum e por dois representantes da Assembleia Estadual. O Decreto nº 59.094/2013 cria o novo Fundo de Desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo visando reorganizar aquele vigente desde 1974 para dar suporte financeiro às ações relacionadas às funções públicas de interesse comum metropolitano.

#### 4.1.2. Características gerais

Em termos geológicos, a bacia de drenagem da BAT compreende duas grandes unidades geológicas (Figura 39): a pré-cambriana (mais antiga) insere-se no embasamento cristalino sobre o qual foram depositados sedimentos terciário-quaternários pertencentes à Bacia Sedimentar de São Paulo que constitui a unidade geológica mais recente da RMSP.



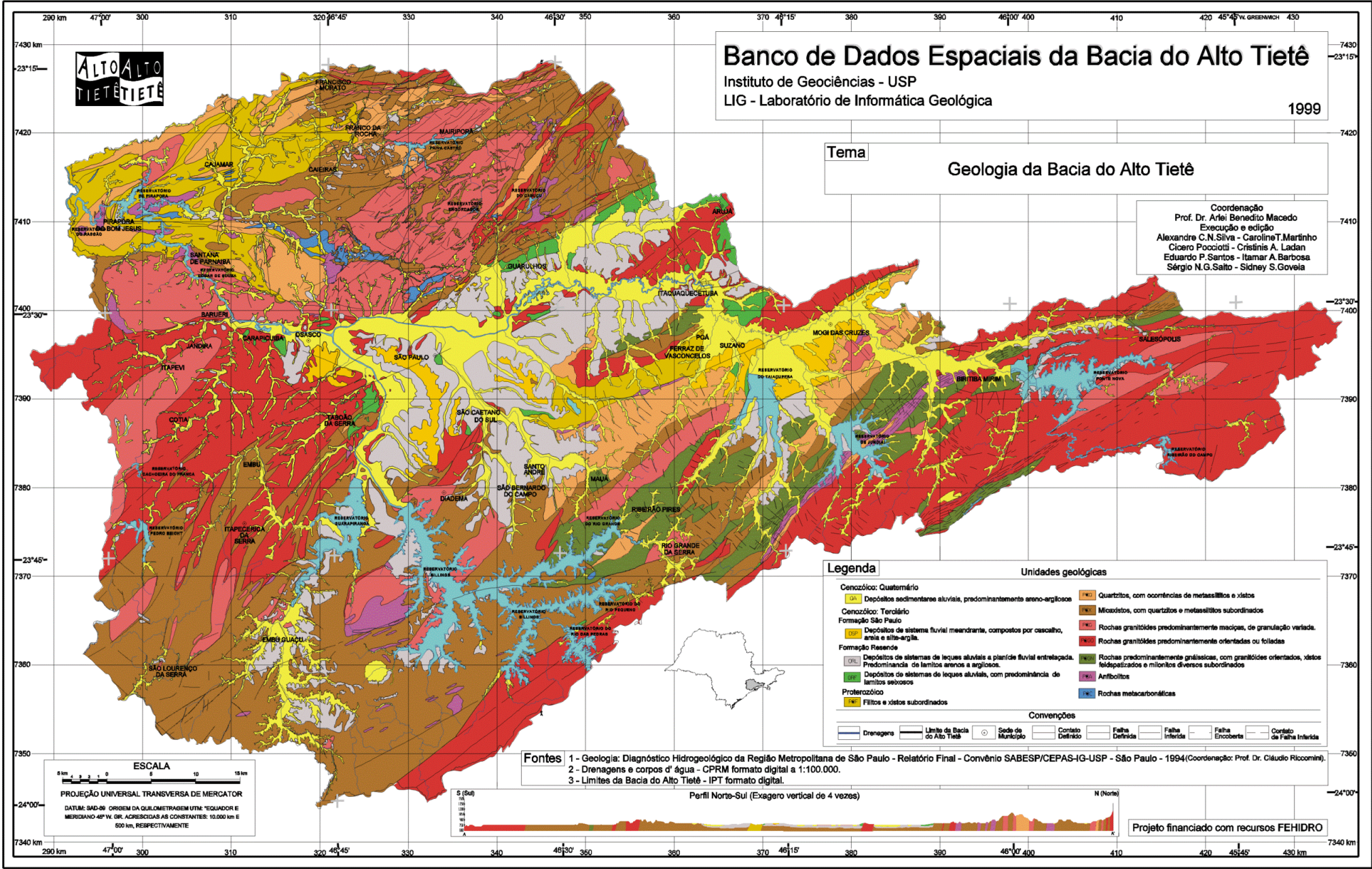


Figura 39: Mapa geológico da Bacia do Alto Tietê

Fonte: PBAT (2002)



A maior parte da área urbana da bacia do Alto Tietê está assentada sobre terrenos sedimentares, compreendendo os depósitos terciários da bacia de São Paulo e as coberturas aluviais mais recentes, desenvolvidas ao longo dos principais rios que drenam a região (FUSP, 2002).

A bacia de São Paulo, composta de sedimentos fluviais, ocorre em grande parte entre Arujá e Embu-Guaçu (75 km) e entre o bairro de Santana e Santo André. Extensos depósitos aluvionares se encontram nas porções marginais dos rios Tietê e seus principais afluentes, entre os quais, se destacam o Tamanduateí e o Pinheiros.

Os terrenos cristalinos contornam as áreas sedimentares e configuram praticamente toda a borda da região metropolitana de São Paulo concentrando-se neles as áreas de cobertura vegetal e de mananciais hídricos de superfície. Esses terrenos compreendem as áreas de expansão mais recentes na RMSP.

Ao norte localizam-se os terrenos cristalinos da Serraria de São Roque onde estão a serra da Cantareira (com o Pico do Jaraguá) com níveis topográficos superiores a 1000 m, os altos morros acidentados (Santana do Paranaíba, Pirapora do Bom Jesus, Cajamar), os mares de morros (Santana do Paranaíba e Pirapora do Bom Jesus, Francisco Morato e Franco da Rocha, Cajamar) e as áreas de morros cristalinos rebaixados (Caieiras).

Tanto o vale do Tietê como do Juqueri são fortemente orientados pelas estruturas geológicas e se encontram encaixados no interior do compartimento de morros, definindo paisagem caracterizada por estreitos fundos de vale.

A oeste, a sul e a leste se encontram os terrenos cristalinos da Morraria do Embu com nível topográfico relativamente mais elevado do que a bacia de São Paulo composta de suas sub-áreas: a primeira com relevo mais rebaixado (amorreado) situada na porção oeste/sudoeste e outra, mais acidentada, de morros altos, que se desenvolve desde as cabeceiras do Tietê até o planalto de Ibiúna, onde estão morros do reverso da serra do Mar e as vertentes do Juquiá.

Há uma estreita faixa de florestas contínuas ou com menor nível de fragmentação nas porções leste/sudeste, junto à escarpa da serra do Mar e sul/sudoeste, sugerindo ambientes em melhor estado de conservação e continuidade com o maciço florestal atlântico. Em menor escala, ao norte também há significativa área de matas (serra da Cantareira), porém mais isolada.

De modo geral as derivações ambientais promovidas pela ocupação antrópica são extremamente marcantes nesse trecho da bacia do Tietê.

Devido às características dos processos geológicos, a morfologia da bacia hidrográfica é nitidamente longilínea e orientada segundo E-NE, com seu eixo maior medindo cerca de 130 km de extensão, o eixo menor variando entre 20 e 80 km e as larguras variando entre menos

de 10 até pouco mais do que 70 km. As linhas de drenagem têm orientação nas direções E-W a ENE-WSW, ou direções ortogonais a estas, como consequência do forte controle estrutural exercido pelas rochas constituintes.

Em termos de relevo regional (FUSP, 2009), a BAT se constitui, em quase sua totalidade, por três unidades: Planalto Paulistano/Alto Tietê, Planalto de São Paulo e Planícies Fluviais (além de uma quarta unidade restrita a sub-bacia do rio Juqueri denominada Planalto de Jundiá).

Trata-se de uma região delimitada a norte, sul e leste por serraria – sendo que a oeste também se encontra relevo acidentado até com uma “garganta” típica onde foi instalada a barragem do Rasgão – que circunscreve o Planalto Paulistano formado por várzeas e relevo também composto por colinas mais suaves (FABHAT, 2013). As várzeas são periodicamente inundadas, enquanto que nas bordas do planalto, há encostas com taludes muitas vezes frágeis, constituindo áreas de risco para ocupação urbana e geradora de sedimentos que vão assorear os corpos de água nos eventos chuvosos, cada vez menos intensos (SANTOS, 2002).

O rio Tietê, quanto às declividades, apresenta sucessões e intercalações de trechos com características torrenciais assim como de planícies. Dentre os trechos com características de leito torrencial destacam-se os 15 km iniciais das cabeceiras tradicionais, com declividades variando entre sete e pouco mais de quarenta metros/quilômetro.

Na porção de jusante da bacia, a partir do desemboque do rio Cotia, já no município de Santana de Parnaíba, ocorrem sub-trechos torrenciais, com declividades compreendidas entre 1,5 e 5 m/km, fato esse, porém mascarado pelos lagos das barragens Edgard de Souza e Pirapora. Quanto aos demais trechos, predominam as características de cursos de planície, com baixas declividades: Destaque-se o trecho situado a montante da barragem da Penha, até além de Mogi das Cruzes, cuja declividade, computada ao longo do curso meandrado do rio, com 124.300 m de extensão, é de apenas 9 cm/km. Também em São Paulo, no trecho compreendido entre a barragem da Penha e o Cebolão, a declividade é baixa, com pouco mais de 25 cm/km.

O clima predominante no estado de São Paulo é tropical, com verão quente e úmido e inverno seco variando pouco entre as diversas regiões. Segundo TARIFA (2000) há a existência nítida de duas estações bem definidas, a quente e chuvosa, variando de outubro a março (primavera-verão) e a estação fria e seca, de abril a setembro (outono-inverno).

A região está sob o domínio, principalmente das massas de ar Polar Atlântica, Tropical Atlântica e dos sistemas extratropicais que se alternam com intensidade diferente ao longo do ano. Em determinados anos, são observadas longas sequências de períodos secos, principalmente nos anos de máxima oscilação sul (El Niño) – como 1976/77, 82/83, 91/92 e

94 – seguidas por intensas precipitações, tanto na primavera-verão, como por um acréscimo substancial, principalmente no outono (TARIFA et al., 2000). Uma série de níveis e dimensões de controles climáticos urbanos influenciam o clima regional e os climas locais.

No período seco, a região encontra-se sob o domínio dos anticiclones (sistemas de altas pressões) subtropical e polar. Os anticiclones que atuam nesse período são de dois tipos: os anticiclones polares que podem ser continentais ou marítimos e anticiclone subtropical marítimo. Os sistemas frontais, provenientes do extremo sul do continente, atuam de maneira rápida na região, causando pouca precipitação e diminuição das temperaturas e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica proporcionando com isso condições mais desfavoráveis à dispersão de poluentes na atmosfera.

A estação chuvosa é influenciada pelo aquecimento continental que, associado à convecção tropical, sistemas extratropicais (frentes frias) e áreas de instabilidade continental, favorece a ocorrência de chuvas abundantes.

Por conta de sua posição geográfica subtropical muito próxima ao trópico de Capricórnio e a 45 km do oceano, a BAT encontra-se em área de transição climática onde podem ocorrer situações de intenso aquecimento, bem como intenso resfriamento em períodos de curta duração (dias, semanas).

Uma série de fatores vai dar identidade ao clima regional e a “climas locais” na RMS e na BAT: altitude, características do relevo e sua orientação, fatores antrópicos como uso do solo, fluxo de veículos, densidade populacional, densidade das edificações, orientação e altura das edificações, áreas verdes, represas, parques e emissão de poluentes em interação com os sistemas atmosféricos (TARIFA et. al., 2000).

Para melhor descrever as variações médias mensais dos atributos climáticos recorreram-se às informações das estações meteorológicas do Mirante de Santana, retirados da publicação de TARIFA (2000), e da estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, retirados da publicação do IAG-USP (2011).

Os dados das Tabelas 3 e 4 indicam que a precipitação total média anual da bacia está em torno de 1.460 mm e que as temperaturas médias são em geral brandas, variando entre 15,8 (julho) a 22,4°C (fevereiro). Há existência nítida de dois períodos ou estações bem definidas, uma quente e chuvosa de outubro a março (grosso modo primavera-verão) e outra fria e relativamente mais seca, de abril a setembro (Outono-Inverno), conforme expresso na Figura 40. Ainda segundo os dados apresentados, pode-se constatar um aumento da precipitação ao longo das décadas: os totais precipitados passaram de 1.238,5 mm (Normal climatológica de 1933-1960) para 1.442,8 mm (Normal climatológica de 1961-1990) o que está ilustrado na

Figura 41 que apresenta a série histórica de chuva anual acumulada desde 1933. Observando-se o gráfico, pode-se constatar a seguinte tendência linear de aumento na precipitação na área da EM - IAG/USP (IAG, 2010):

- 1933-1960: aumento de aproximadamente 172,9 mm no total anual de precipitação.
- 1961-1990: aumento de aproximadamente 185,7 mm no total anual de precipitação.
- 1933-2011: aumento de aproximadamente 493,0 mm no total anual de precipitação (6,4 mm ao ano).

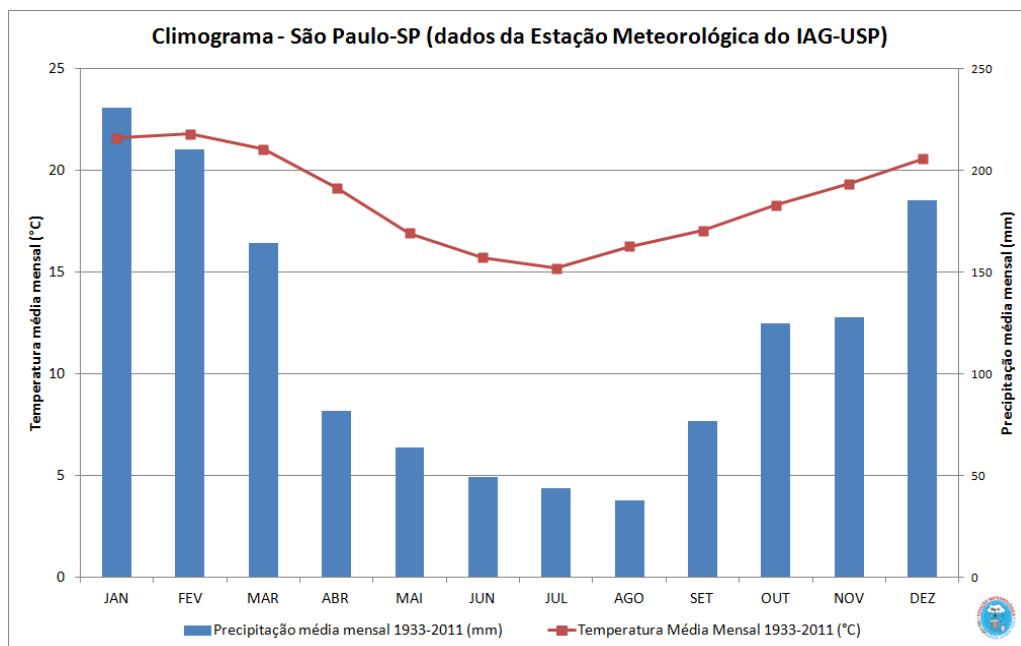
**Tabela 3:** Normais climatológicas EM-MS (1961 - 1990)

| Meses | Md Max (°C) | Md min (°C) | Max abs (°C) | Max abs data | Min abs (°C) | Min abs data | Md comp (°C) | Um. Relat. (%) | Prec tot (mm) | Max prec (mm) | Maxdata  |
|-------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|---------------|----------|
| jan   | 27,3        | 18,7        | 34,2         | 19/88        | 11,9         | 01/62        | 22,1         | 80             | 238,7         | 103,5         | 19/77    |
| fev   | 28,0        | 18,8        | 34,7         | 03/84        | 12,4         | 01/62        | 22,4         | 79             | 217,4         | 121,8         | 02/83    |
| mar   | 27,2        | 18,2        | 33,5         | 15/86        | 12,1         | 30/61        | 21,7         | 80             | 159,8         | 90,8          | 09/72    |
| abr   | 25,1        | 16,3        | 31,4         | 06/90        | 6,8          | 25/71        | 19,7         | 80             | 75,8          | 57,9          | 20/68    |
| mai   | 23,0        | 13,8        | 29,7         | 08/84        | 2,2          | 31/79        | 17,6         | 79             | 73,6          | 71,8          | 16/68    |
| jun   | 21,8        | 12,4        | 28,6         | 29/72        | 1,2          | 01/79        | 16,5         | 78             | 55,7          | 74,0          | 15/87    |
| jul   | 21,8        | 11,7        | 29,3         | 15/87        | 1,5          | 18/75        | 15,8         | 77             | 44,1          | 70,8          | 03/76    |
| ago   | 23,3        | 12,8        | 33,0         | 31/63        | 3,4          | 27/84        | 17,1         | 74             | 38,9          | 42,3          | 08/82    |
| set   | 23,9        | 13,9        | 35,2         | 20/61        | 3,5          | 04/64        | 17,8         | 77             | 80,5          | 62,6          | 20/84    |
| out   | 24,8        | 15,3        | 34,5         | 12/63        | 7,0          | 31/74        | 19,0         | 79             | 123,6         | 63,7          | 07/69    |
| nov   | 25,9        | 16,6        | 35,3         | 15/85        | 7,0          | 01/74        | 20,3         | 78             | 145,8         | 82,8          | 15/79    |
| dez   | 26,3        | 17,7        | 33,5         | 01/61        | 10,3         | 24/63        | 21,1         | 80             | 200,9         | 151,8         | 21/88    |
| ano   | 24,9        | 15,5        | 35,3         | 15/11/85     | 1,2          | 01/06/79     | 19,3         | 78             | 1454,8        | 151,8         | 21/12/88 |

**Fonte:** TARIFA e ARMANI, 2000**Tabela 4:** Precipitação segundo a estação meteorológica do IAG

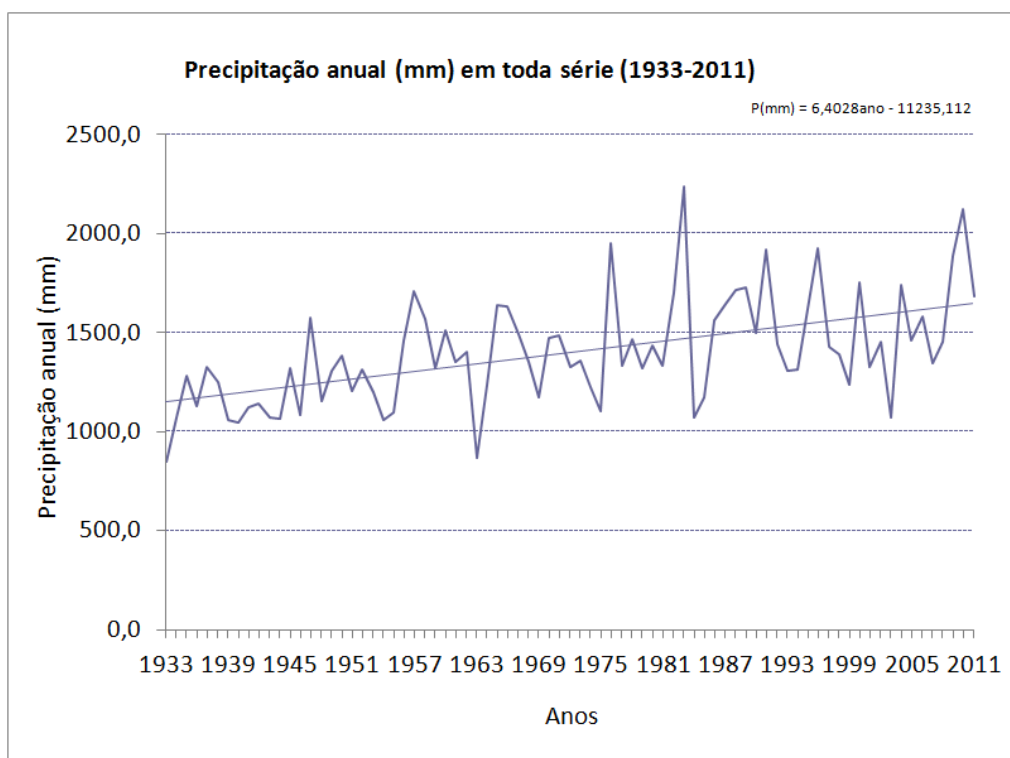
|                   | JAN   | FEV   | MAR   | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT   | NOV   | DEZ   | ANUAL  |
|-------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Normais 1933-1960 | 198,5 | 178,7 | 149,4 | 74,2 | 53,5 | 45,9 | 34,6 | 38,3 | 71,0 | 114,9 | 108,7 | 170,8 | 1238,5 |
| Normais 1961-1990 | 222,9 | 222,2 | 159,1 | 91,0 | 75,7 | 57,9 | 47,6 | 40,5 | 74,7 | 129,2 | 137,4 | 184,7 | 1442,8 |
| Média 1933-2011   | 230,9 | 210,5 | 164,1 | 81,8 | 64,0 | 49,4 | 44,0 | 37,9 | 76,7 | 125,0 | 127,9 | 185,3 | 1393,9 |

**Fonte:** IAG-USP (2010)



**Figura 40:** Climograma de São Paulo-SP a partir de dados da EM IAG-USP

**Fonte:** IAG, 2014



**Figura 41:** Série histórica da precipitação anual na RMSP

**Fonte:** IAG, 2013

Os valores extremos (dentro do recorte temporal da pesquisa) são impressionantes, como o mês mais chuvoso (janeiro de 2010) atingir 653,2 mm e o mais seco (julho de 2008) registra apenas 0,4 mm. Em geral, as enchentes ocorrem entre setembro e março (Tabela 5).

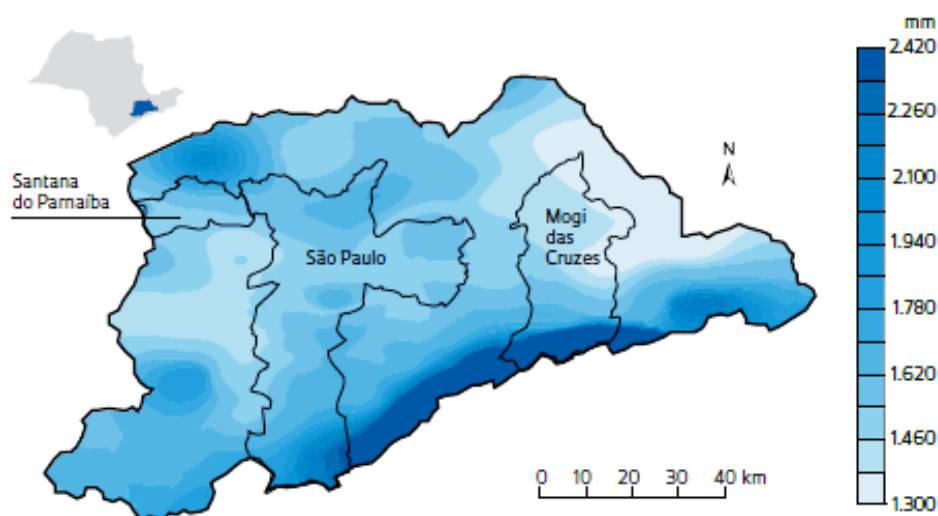
**Tabela 5:** Recordes absolutos da EM - IAG/USP

| Variáveis                               | Valor     | Data/Período                       |
|-----------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Maior Temperatura                       | 36,1°C    | 03/01/2014 e 01/02/2014            |
| Menor Temperatura                       | -1,2°C    | 6/07/1942, 12/07/1942 e 02/08/1955 |
| Mês mais chuvoso                        | 653,2mm   | Janeiro de 2010                    |
| Mês menos chuvoso                       | 0,4mm     | Julho de 2008                      |
| Maior acumulação de precipitação em 24h | 145,9mm   | 06/03/1966                         |
| Ano mais chuvoso                        | 2236,0mm  | 1983                               |
| Menor umidade relativa                  | 12%       | 23/11/1968                         |
| Meses mais secos                        |           | Maio a agosto                      |
| Precipitação média anual                | 1393,9 mm |                                    |

Fonte: IAG-USP (2010)

Os índices de precipitação total média anual variam mais intensamente no sentido SE/NW (Figura 42), sendo que os valores menores encontram-se nas partes centrais e os maiores nos flancos leste e oeste, e os níveis mais elevados estão nas regiões próximas à serra do Mar onde variam de 1.800 a 3.000 (leste de São Bernardo onde estão as represas Billings e Guarapiranga), por influência da umidade vinda do mar.

Segundo MARENGO apud PIVETTA (2012), a mudança no regime de precipitação na RMSP deve-se não só o fenômeno da Ilha de Calor, de caráter localizado e típico das megacidades, mas também às mudanças climáticas globais, fatores que podem atuar em conjunto, um potencializando os efeitos do outro, tornando difícil traçar uma linha divisória entre eles (PIVETTA, 2012).



**Figura 42:** Distribuição espacial dos índices pluviométricos na RMSP

Fonte: Extraído de PIVETTA (2012)

As mudanças climáticas globais, segundo PIVETTA (2012), provocam o aumento da temperatura superficial do oceano Atlântico no litoral paulista que passou de 21,5°C para 22,5°C entre os anos de 1950 e 2010 gerando repercussões sobre o clima acima da serra do Mar, no planalto, onde fica a RMSP.

A consequência é que boa parte das chuvas na Grande São Paulo ocorre entre o meio e o final da tarde (15 ou 16 horas), momento em que a brisa marinha, quente e úmida, vinda da Baixada Santista, termina de subir a serra e atinge a megalópole (Figura 43).



**Figura 43:** Brisa marinha e a chuva na RMSP

Fonte: Extraído de PIVETTA (2012)



#### 4.1.3. As águas da metrópole: vazões, usos, fluxos e qualidade

A BAT é recarregada por precipitações médias anuais de 1.400 mm com maiores valores na área próxima a Serra do Mar (na sub-bacia do reservatório Billings chega a 2.500 mm) onde, acertadamente, foram instalados os primeiros reservatórios e implantada a primeira legislação de caráter metropolitano de mananciais, diminuindo em direção à região central da metrópole.

As demandas e disponibilidades de água na BAT estão no Quadro 39, onde se pode perceber: a alta demanda industrial em relação à demanda urbana, a crítica relação demanda/disponibilidade (seja qual for a vazão de referência), considerando que a Lei nº 9.034/1994 estabelece como crítica, a bacia onde as demandas ultrapassam 50% da disponibilidade, a baixa disponibilidade *per capita* de 135 m<sup>3</sup>/hab.ano.

A água de superfície é responsável por cerca de 80% do uso da água na RMSP, enquanto as águas subterrâneas respondem por 20%.

**Quadro 39:** Vazões e usos de água na BAT

| Parâmetro                                                                               |                   | Valor                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Área de drenagem                                                                        |                   | 5.868 km <sup>2</sup>       |
| Vazão média de longo período (QLP)                                                      |                   | 84 m <sup>3</sup> /s        |
| Vazão firme                                                                             |                   | 57 m <sup>3</sup> /s        |
| Vazão regularizada ( reservatórios artificiais da BAT)                                  |                   | 47,13 m <sup>3</sup> /s     |
| Vazão mínima, média de sete dias e dez anos de período de retorno (Q <sub>7,10</sub> ): |                   | 20 m <sup>3</sup> /s        |
| Vazão com permanência de 95%                                                            |                   | 31 m <sup>3</sup> /s        |
| Vazão média <i>per capita</i> superficial                                               |                   | 135 m <sup>3</sup> /hab.ano |
| Volumes outorgados em 2010                                                              | Uso Urbano        | 29,8 m <sup>3</sup> /s      |
|                                                                                         | Uso Industrial    | 24,1 m <sup>3</sup> /s      |
|                                                                                         | Uso Agrícola      | 0,84 m <sup>3</sup> /s      |
|                                                                                         | Outros usos       | 10,76 m <sup>3</sup> /s     |
|                                                                                         | Total             | 65,5 m <sup>3</sup> /s      |
| Disponibilidade/Demanda                                                                 | Q <sub>7,10</sub> | 303,32%                     |
|                                                                                         | Q <sub>95%</sub>  | 211,65                      |
|                                                                                         | QLP               | 78,11%                      |

Existem oito sistemas produtores de água para a BAT/RMSP, sendo que, aproximadamente a metade dos recursos hídricos superficiais utilizados para abastecimento público, provém da própria bacia e a outra metade é importada do Sistema Cantareira (Quadro 40).

**Quadro 40:** Capacidade nominal e produção média das ETAs (2010)

| <b>Sistema Produtor</b> | <b>ETA</b>      | <b>Ano de Implantação</b> | <b>Capacidade Nominal (m³/s)</b> | <b>Produção média (m³/s)</b> |
|-------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Cantareira              | Guaraú          | 1972                      | 33,0                             | 32,72                        |
| Guarapiranga            | ABV             | 1953                      | 14,0                             | 13,04                        |
| Alto Tietê              | Taiáçupeba      | 1992                      | 10,0                             | 10,87                        |
| Rio Grande              | Rio Grande      | 1954                      | 5,0                              | 4,76                         |
| Rio Claro               | Casa Grande     | 1937                      | 4,0                              | 3,88                         |
| Alto Cotia              | Alto Cotia      | 1915                      | 1,2                              | 1,11                         |
| Baixo Cotia             | Baixo Cotia     | 1963                      | 0,9                              | 0,85                         |
| Ribeirão Estiva         | Ribeirão Estiva | 1967                      | 0,1                              | 0,09                         |
| TOTAL                   | -               | -                         | 68,2                             | 67,32                        |

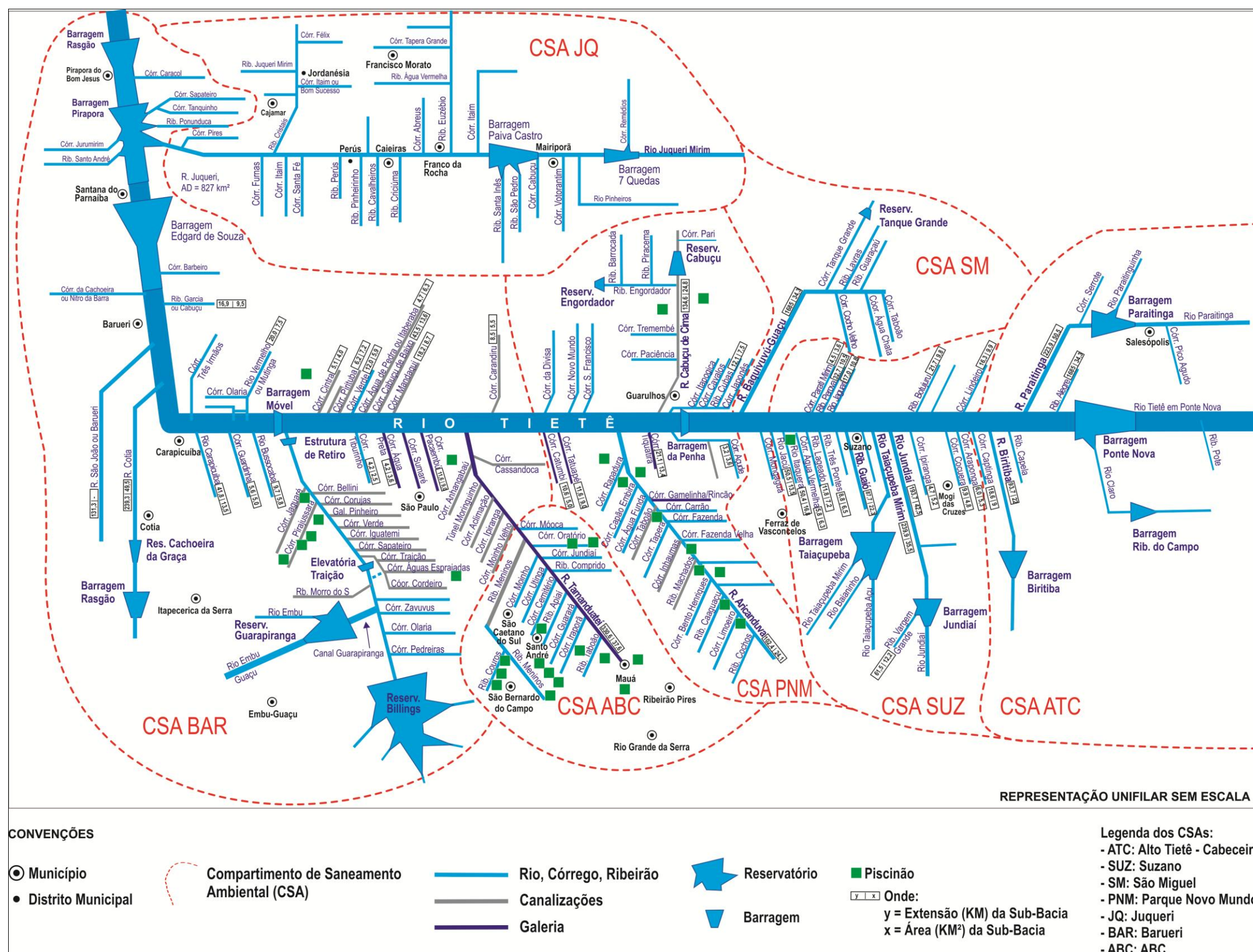
Fonte: FABHAT, 2013

Os fluxos de água envolvendo a BAT são crescentes em número e complexidade desde a implantação do sistema Light até as mais recentes obras dos sistemas de micro e macrodrenagem.

As possíveis interferências na qualidade da água são conhecidas, mas insuficientemente abordadas até agora pelos inúmeros estudos, desde o século XIX, até recentemente quando começaram a ser tratados no PDMAT.

A título de ilustração, adaptou-se esquema unifilar já existente da BAT com as principais intervenções do PDMAT, visando destacar a possível interferência da implantação-mantenção-operação dessas estruturas na qualidade das águas (Figura 44).

O artigo 46 do Ato das Disposições Transitórias da CE estabeleceu que após três anos de sua promulgação, os poderes públicos, estadual e municipal, deveriam adotar medidas eficazes no sentido de impedir o bombeamento de águas servidas, dejetos e outras substâncias poluentes para o reservatório Billings. Esse fato levou a alteração dos regimes operacionais dos fluxos de água da BAT, determinados pelo Comitê Executivo do MINFRA-GESP e a publicação, desde então de uma série de normas:



**Figura 44:** Esquema unifilar da BAT e a macrodrenagem urbana

Fontes: Elaborado por RIZO e OLIVEIRA, a partir de GIRIBONI (2012) e DAEE (2008).

- Resolução Conjunta nº SMA-SES-03/92 (4 de outubro de 1992): suspendeu, por tempo indeterminado, o bombeamento das águas dos rios Tietê e Pinheiros para o reservatório Billings, exceto em cinco situações emergenciais (controle de cheias, necessidades de geração emergencial na Usina Henry Borden, formação de espumas no rio Tietê a jusante de Edgard de Souza, formação de *bloom* de algas nos corpos hídricos e ocorrência de intrusão salina ou queda do nível de água no rio Cubatão).
- Resolução Conjunta SEE-SMA-SRHSO nº 1 (13 de março de 1996): excluiu a possibilidade de bombeamento para controle da cunha salina em Cubatão.
- Resolução Conjunta SMA/SSE nº 2 de 19 de fevereiro de 2010: trata de procedimentos nos casos de emergência na operação do sistema hídrico da bacia do Alto Tietê e bacias a ela interligadas (bombeamento das águas do rio Pinheiros para a represa Billings, quando ocorrerem situações de emergência – inundações, problemas ambientais e de riscos para operação da UHE-Henry Borden).
- Resolução SMA/SSE nº 2 de 19 de outubro de 2010: revogou a de 1996 e incluiu a possibilidade de bombeamento na Usina Elevatória de Pedreira por necessidade de controle de cheias do canal do Pinheiros Superior e reservatório do Guarapiranga.

Em termos de qualidade, os corpos de água da BAT estão enquadrados pelo Decreto nº 10.755 de 1977 (Figura 45), elaborado em consonância com as preocupações da época:

- Enquadramento dos corpos de água que drenam a região mais adensada da metrópole (desde meados da década de 1970), em sua maioria, como classe 4.
- Enquadramento dos demais corpos de água no entorno da região central, em geral, na classe 3, para recepção dos efluentes que drenam as zonas urbanas ou de expansão urbana.
- Lei de mananciais metropolitanos, aprovada em 1976 já que nessas áreas (representadas de forma aproximada pela porção tracejada na figura), as águas foram enquadradas nas classes 1 ou 2.



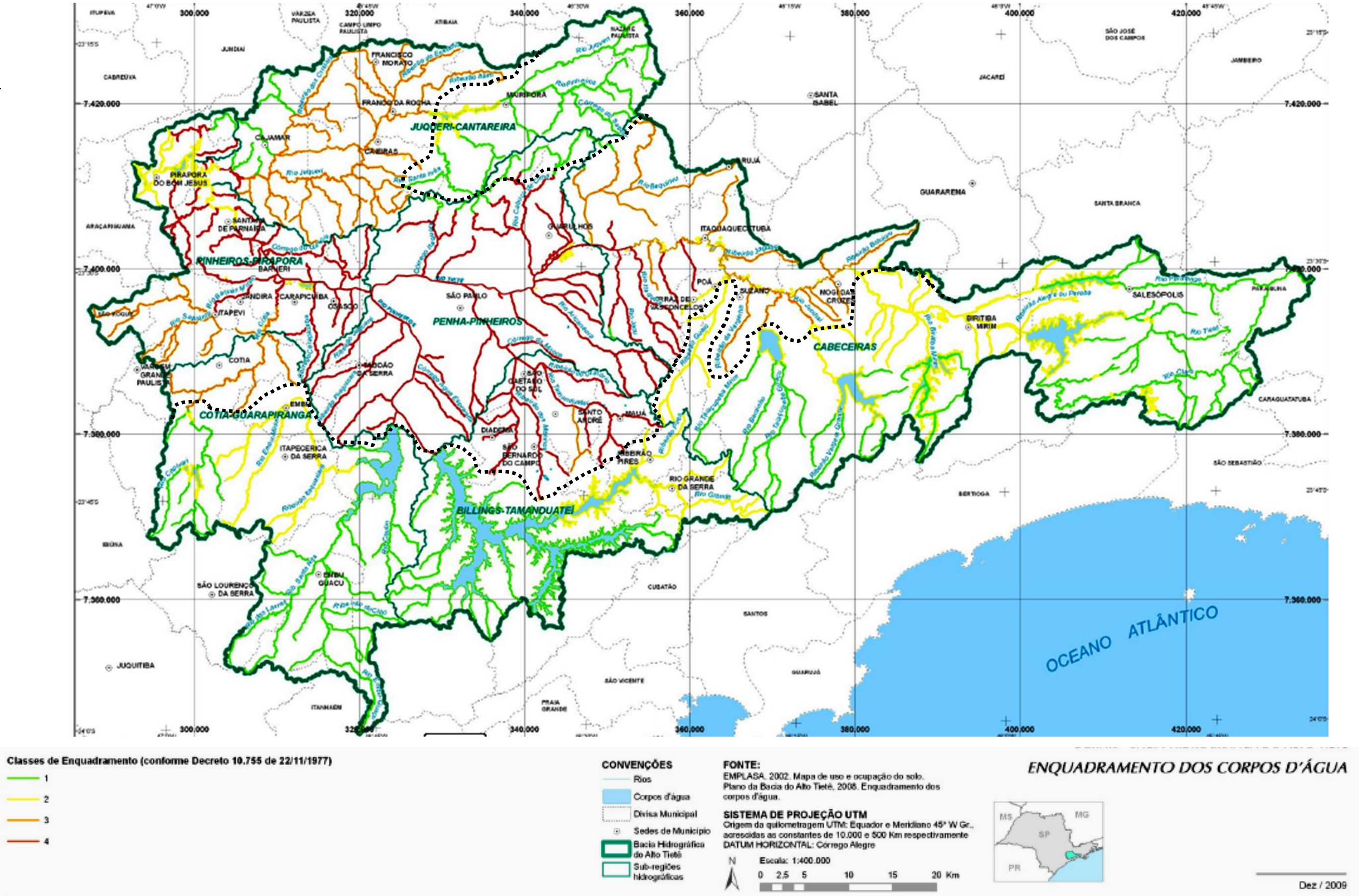


Figura 45: Enquadramento dos corpos de água da BAT

Fonte: FUSP (2009)

O Decreto nº 10.755/1977 passou por poucas alterações, mesmo após a implementação do SIGRH e da criação do CBH-AT em 1994, o que de resto também vale para o Estado, com exceção do CBH-PCJ.

As versões do PBH – AT não fazem menção sobre atualização do enquadramento nem quanto a metas progressivas para a bacia como um todo ou porções dela. A principal novidade institucional no campo da qualidade das águas metropolitanas foi a revisão da legislação metropolitana de mananciais que definiu novo arcabouço legal, baseado no SIGRH, mas até agora de difícil implantação. A nova legislação resultou nas chamadas “Leis Específicas” das bacias da Billings e do Guarapiranga que definiram metas de abatimento das cargas de fósforo de tempo seco, afluentes a esses reservatórios para o ano de 2015 (outros propostas estão em via de ser aprovadas). A Secretaria de Saneamento de Recursos Hídricos está avaliando o cumprimento dessas metas, em conjunto com a SMA/CETESB, a partir da análise das intervenções em saneamento e dos dados da rede de monitoramento da CETESB.

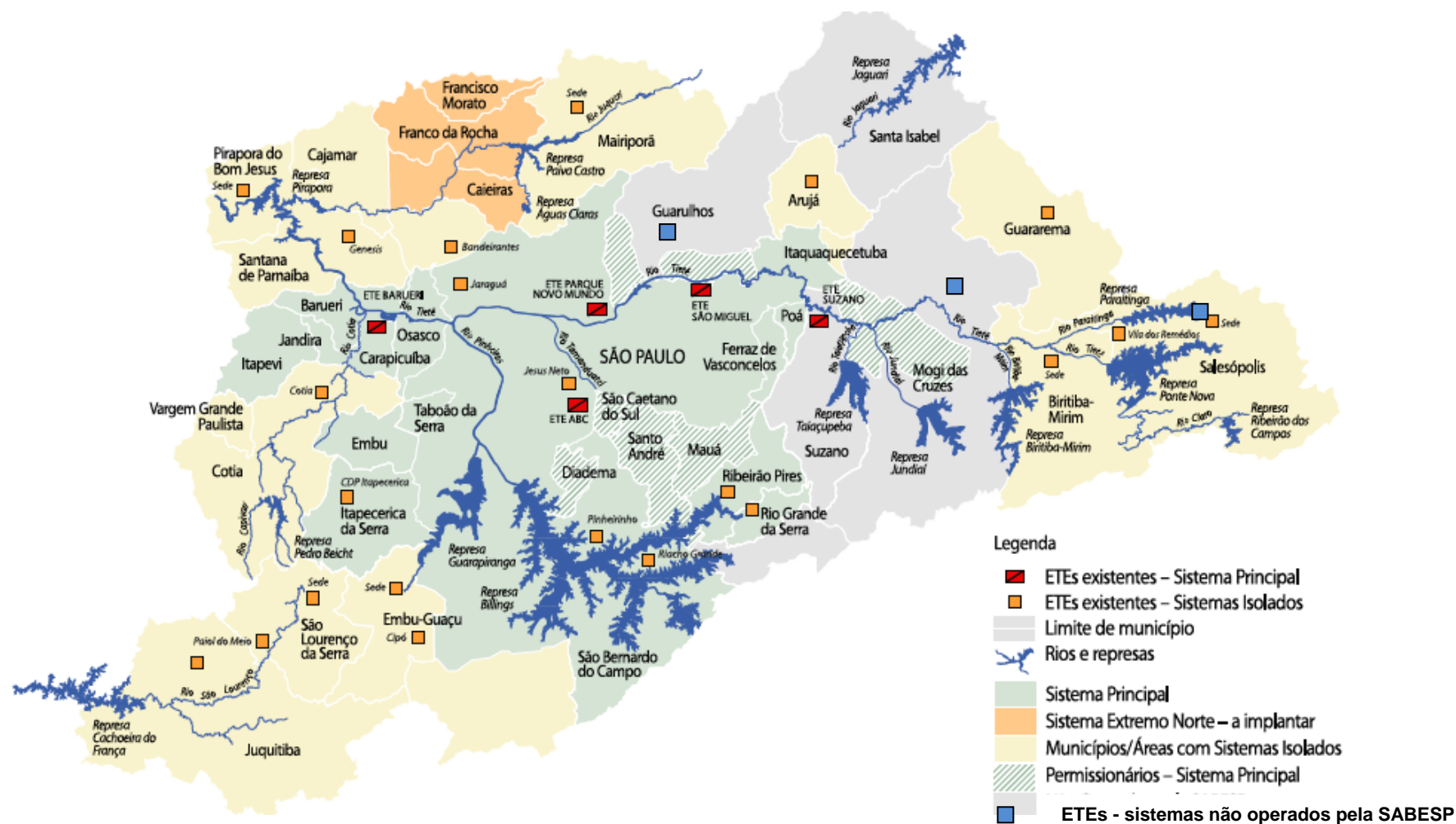
#### 4.1.4. Sistemas de esgotamento sanitário

A implantação e operação do SES metropolitano é assunto estratégico quando se trata de avaliação das tendências espaço-temporais de qualidade de água, tema nem sempre presente na literatura corrente conforme comentado na Revisão Bibliográfica dessa pesquisa.

A subdivisão da BAT proposta inicialmente na revisão do SANEGRA (1989) foi atualizada em 2006 visando consolidar os critérios e estender as denominações e codificações das bacias de esgotamento a partir de delimitações novas e complementares (FABHAT, 2013).

O atual SES metropolitano, em termos espaciais, compreende o Sistema Principal (SP) ou Unificado, na porção mais central do território e outra, constituída pelos municípios com sistemas próprios, ou Sistemas Isolados (Figura 46). Os municípios autônomos – que administram seus próprios sistemas – são Diadema, Guarulhos, Mauá, Mogi das Cruzes, Santo André e São Caetano do Sul.





**Figura 46:** Sistema Principal e Sistemas Isolados da RMSP

Fonte: Extraído de CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT (2010)

O Sistema Principal (SP) é formado por cinco grandes sistemas de esgotamento sanitário, cada um deles constituído por uma rede de coletores, interceptores e uma ETE designados por: ABC (ABC), Barueri (BAR), Parque Novo Mundo (PNM), São Miguel (SMG) e Suzano (SUZ). Uma descrição geral de suas características gerais está nos Quadros 41 a 43.

**Quadro 41:** Características do Sistema Principal – 2008

| Sistema | Capacidade nominal ETE (m³/s) | Extensão do sistema linear (km) |                |               | Número de ligações de esgoto (und.) |
|---------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------|-------------------------------------|
|         |                               | Interceptor                     | Coletor Tronco | Rede Coletora |                                     |
| ABC     | 3,0                           | 36                              | 180            | 4.220         | 604.305                             |
| BAR     | 9,5                           | 93                              | 363            | 9.813         | 1.407.268                           |
| PNM     | 2,5                           | 10                              | 146            | 3.800         | 628.062                             |
| SM      | 1,5                           | 12                              | 56             | 2.470         | 379.467                             |
| SUZ     | 1,5                           | 15                              | 47             | 1.325         | 154.296                             |
| Total   | 18,0                          | 166                             | 792            | 21.628        | 3.173.398                           |

Fonte: FABHAT, 2013

O esgoto reunido nos SES do SP é encaminhado para ETEs de nível secundário, em geral com sistemas de lodos ativados de aeração prolongada, com algumas variações tecnológicas.

Quanto aos SIs, as revisões posteriores do COPLADES indicaram a possibilidade de que alguns sistemas existentes à época deveriam ser desativados e integrados ao Sistema Principal<sup>54</sup>. A revisão do PDE-2010, por seu turno, identificou várias situações (SABESP, 2010): sistemas implantados para atender a núcleos urbanos, comunidades, loteamentos, municípios com suas sedes e eventualmente distritos atendidos por ETEs distintas, como é o caso de Embu-Guaçu, São Lourenço da Serra e Salesópolis.

<sup>54</sup> Grande parte do SP passará também a receber reversões de áreas que são naturalmente situadas em outras bacias, mas que pela conurbação existente, ou pela conveniência, ou pela dificuldade de colocar estações de tratamento em áreas de proteção de mananciais, tais como: Mairiporã, Perus e Jaraguá (São Paulo), Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, desativação da ETE- Riacho Grande.



**Quadro 42:** Características gerais das Bacias Principais da BAT.

| <b>Código</b> | <b>Nome</b>    | <b>Pop. Total (hab)</b> | <b>Domicílios (und)</b> | <b>Ligações (und)</b> | <b>Econ.(und)</b> | <b>Econ.res. (und)</b> | <b>Vol. Microm.<br/>(m³/mês)</b> | <b>Rede coletora<br/>(km)</b> |
|---------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| BI            | Biritiba *     | 2.331                   | 1.139                   | 0                     | 0                 | 0                      | 0                                | 0                             |
| BL            | Billings *     | 928.307                 | 289.154                 | 118.336               | 145.003           | 137.794                | 1.932.903                        | 899                           |
| CT            | Cotia          | 0                       | 0                       | 0                     | 0                 | 0                      | 0                                | 0                             |
| GP            | Guarapiranga   | 872.288                 | 274.022                 | 129.930               | 156.336           | 146.330                | 1.900.473                        | 1.004                         |
| GU            | Guaió *        | 38.010                  | 11.732                  | 1.107                 | 1.258             | 1.193                  | 14.489                           | 9                             |
| JD            | Jundiaí **     | 8.372                   | 2.900                   | 0                     | 0                 | 0                      | 0                                | 0                             |
| JU            | Juqueri        | 774.807                 | 241.480                 | 121.919               | 151.806           | 144.115                | 1.841.505                        | 770                           |
| ME            | Meninos *      | 1.217.269               | 415.215                 | 142.652               | 249.479           | 233.106                | 3.748.525                        | 1.002                         |
| PA            | Paraitinga     | 11.608                  | 4.522                   | 2.471                 | 2.606             | 2.370                  | 28.883                           | 33                            |
| PC            | Paiva Castro   | 64.221                  | 22.378                  | 4.769                 | 5.622             | 4.836                  | 73.744                           | 40                            |
| PI            | Pinheiros      | 3.010.457               | 1.095.933               | 545.817               | 1.044.991         | 949.753                | 17.494.089                       | 4.045                         |
| PN            | Ponte Nova     | 1.840                   | 1.348                   | 0                     | 0                 | 0                      | 0                                | 0                             |
| RC            | Rio Claro      | 204                     | 128                     | 0                     | 0                 | 0                      | 0                                | 0                             |
| TA            | Tamanduateí *  | 2.368.308               | 882.856                 | 281.969               | 598.886           | 513.996                | 9.068.697                        | 1.805                         |
| TC            | Tietê Centro * | 3.993.995               | 1.405.807               | 889.345               | 1.390.251         | 1.260.493              | 20.242.190                       | 5.379                         |
| TJ            | Tietê/ Juqueri | 27.137                  | 9.444                   | 2.966                 | 3.345             | 3.006                  | 47.020                           | 48                            |
| TL            | Tietê Leste *  | 4.078.179               | 1.292.776               | 511.883               | 706.165           | 663.908                | 8.917.948                        | 3.399                         |
| TO            | Tietê Oeste    | 1.903.849               | 616.984                 | 286.642               | 408.267           | 382.504                | 5.669.738                        | 2.035                         |
| TP            | Taiacupeba *   | 60.942                  | 20.920                  | 2.200                 | 2.037             | 1.871                  | 34.687                           | 62                            |
| Total         |                | 19.362.124              | 6.588.738               | 3.042.006             | 4.866.052         | 4.445.275              | 71.014.891                       | 20.530                        |

Fonte: FBHAT (2013)

Quadro 43: Sistemas de esgotamento sanitários por CSA – características gerais

| CSA | Características                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Licenciamento/Implantação/Alterações                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUZ | É constituído pelos municípios Ferraz de Vasconcelos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes, Poá e Suzano (parcialmente inseridos). Partes adicionais de Suzano (Palmeiras de São Paulo) e uma parte de Ribeirão Pires (distritos de Ouro Fino e Quarta Divisão)                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Início de operação em 1982 com capacidade nominal de e operação de 1,5 m³/s                                                                                                                                                                                                                                                      |
| SM  | É constituído parcialmente pelos municípios Arujá, Ferraz de Vasconcelos, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Poá e São Paulo. O tratamento é efetuado na ETE São Miguel, localizada nas proximidades da indústria Nitroquímica, na região leste de São Paulo.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Início de operação em junho de 1998 (secagem térmica de lodo só em 2000) com capacidade nominal de e operação de 1,5 m³/s                                                                                                                                                                                                        |
| PNM | Engloba parcialmente pelos municípios de São Paulo e Guarulhos. O afastamento e a interceptação dos esgotos são realizados através de uma malha composta por 11 km de interceptores e 99 km de coletores tronco.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Início de operação em junho de 1998 com capacidade nominal de e operação de 2,5 m³/s                                                                                                                                                                                                                                             |
| ABC | Recebe contribuição do município de São Caetano do Sul, englobando também áreas parciais de Diadema, Mauá e São Paulo, bem como de Santo André e São Bernardo do Campo (também possuem localidades com tratamento isolado) e ainda engloba parte de Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra, através de obras de reversão em andamento. A ETE ABC, que adota o processo de lodos ativados por mistura completa, com tratamento da fase sólida através de digestores anaeróbios e desaguamento por filtros prensa.                               | Projetada na década de 1970, a construção da planta, iniciada em 1978 e interrompida durante quase dez anos devido a problemas na implantação do sistema de coletores e interceptores afluentes a estação em 5 de junho de 1998. Com capacidade nominal de 3 m³/s e operação inicial 0,5 m³/s.                                   |
| BAR | Engloba totalmente os municípios de Barueri, Carapicuíba, Jandira, Osasco e Taboão da Serra, parcialmente São Paulo (a porção sul do município de São Paulo, compreendendo as bacias da Billings e do Guarapiranga, encontra-se com obras de reversão em andamento), ao passo que os municípios de Itapeverica da Serra e Embu são atendidos por reversão de bacias. Cotia e Santana de Parnaíba hoje pertencentes ao Sistema Barueri, mas também possuem ou têm previsão de tratamento isolado (a ETE de Cotia já se encontra em operação). | Implantação em 1977 e início de operação em 11/05/1988 com capacidade nominal e operacional de 3,5 m³/s. Ampliação (capacidade nominal) para 7,0 m³/s para 9,5 m³/s (final de 1999) com a desativação da ETE Leopoldina em 1989 e da ETE Pinheiros e com a entrada em operação da EE-3 e o EM1 (emissário da bacia do Pinheiros) |

As características principais desses sistemas estão apresentadas no Quadro 44.

Os SIs, cujos estudos de viabilidade desenvolvidos anteriormente indicaram como melhor solução a implantação do SES completo, dispõem de vários tipos de sistemas de tratamento. Entre os trinta e nove sistemas que compõem a RMSP, vinte e seis contam, integral ou parcialmente, com bacias de esgotamento (SABESP, 2010): Caieiras, Cajamar, Francisco Morato, Mairiporã, parte de São Paulo (Unidade de Negócio Norte - MN), Arujá, Biritiba-Mirim e Salesópolis (ML); Embu-Guaçu, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, São Bernardo do Campo (MS), São Lourenço da Serra (RR), Cotia, Pirapora do Bom Jesus e Santana de Parnaíba.

**Quadro 44:** Características principais dos Sistemas Isolados (2010) (continua)

| Sistema                       | Tipo de Tratamento                        | Capacidade Nominal (L/s) | Produção Atual (L/s) | População atendida (hab) |
|-------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Arujá1                        | Lagoa aerada + facultativa                | 150                      | 52,9                 | 24.000                   |
| Biritiba Mirim1               | Lagoa aerada + facultativa                | 55                       | 34,2                 | 13.000                   |
| Salesópolis - Sede1           | Lagoa anaeróbia + facultativa + maturação | 33                       | 28,0                 | 15.000                   |
| Salesópolis - Remédios1       | Lagoa facultativa + infiltração           | 2                        | 1,1                  | 1.100                    |
| São Paulo - Jaraguá1          | RAFA + biodiscos                          | 38                       | 17,4                 | 20.000                   |
| São Paulo - Bandeirantes1     | Tanque séptico + filtro anaeróbio         | 3                        | 2,7                  | 2.500                    |
| Mairiporã - Sede1             | Lagoas em série                           | 35                       | 52,3                 | 25.000                   |
| Pirapora - Sede1              | Lodo ativado por batelada                 | 30                       | 4,2                  | 6.000                    |
| Cotia 1                       | RAFA + flotação                           | 120                      | 15,9                 | 32.000                   |
| Santana de Parnaíba - Gênese1 | RAFA + tanque de aeração                  | 3,3                      | 1,6                  | 1.500                    |
| Embu-Guaçu - Sede1            | RAFA + lagoa facultativa                  | 90                       | 23,1                 | 32.000                   |
| Embu-Guaçu - Cipó1            | RAFA + lagoa + infiltração                | 50                       | 19,7                 | 20.000                   |

**Quadro 44:** Características principais dos Sistemas Isolados (2010) (conclusão)

| Sistema                                           | Tipo de Tratamento    | Capacidade Nominal (L/s) | Produção Atual (L/s) | População atendida (hab) |
|---------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Rio Grande da Serra <sup>1</sup>                  | Lagoa facultativa     | 24                       | 5,5                  | 5.000                    |
| São Bernardo do Campo -Riacho Grande <sup>1</sup> | Valos de oxidação     | 24                       | 13,5                 | 7.000                    |
| São Bernardo do Campo - Pinheirinho <sup>1</sup>  | RAFA + biodiscos      | 7                        | 6,8                  | 3.500                    |
| Itapecerica da Serra - CDP <sup>1</sup>           | RAFA + reator aeróbio | 3,5                      | 5,5                  | 3.000                    |
| Ribeirão Pires - Sede <sup>2</sup>                | RAFA                  | 70                       | NI                   | Não informado            |
| São Paulo – Jesus                                 | Lodo ativado          | 30                       | NI                   | NI                       |

Fonte: FABHAT (2013)

Em termos de gestão regional, as políticas de saneamento não dispõem de fórum específico de discussão. Os estudos/ações estão contidos no PDEs, no PDT, na política de macrodrenagem e foram discutidos, em determinadas ocasiões, no CBH-AT. Um aspecto importante dessas políticas relacionado diretamente aos programas de controle de poluição hídrica refere-se ao processo de elaboração-aprovação-implantação dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) pelos municípios. Segundo dados da FABHAT, em torno de 50% dos municípios da bacia do Alto Tietê já aprovaram seus planos e destes, a grande maioria foi elaborada com a participação direta da SABESP e/ou do Governo do Estado. Uma avaliação preliminar realizada na presente pesquisa, concluiu que os PMSB ainda não foram interiorizados na agenda do CDM com outras políticas públicas e nem discutido no âmbito do CBH-AT, em face das diretrizes do Plano de Bacia Hidrográfica.

Cabe ainda comentar as iniciativas surgidas em 1990, na região do ABC paulista (Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra), a partir de uma articulação dos prefeitos da região: a criação do Consórcio Intermunicipal das Bacias Billings e Tamanduateí, para a gestão de recursos hídricos, tendo entre seus objetivos a preocupação com a destinação dos resíduos sólidos da região, a macrodrenagem urbana e outro, mais genérico, voltado para a questão do desenvolvimento urbano e econômico.

## 4.2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA DO TÂMISA NA GRANDE LONDRES

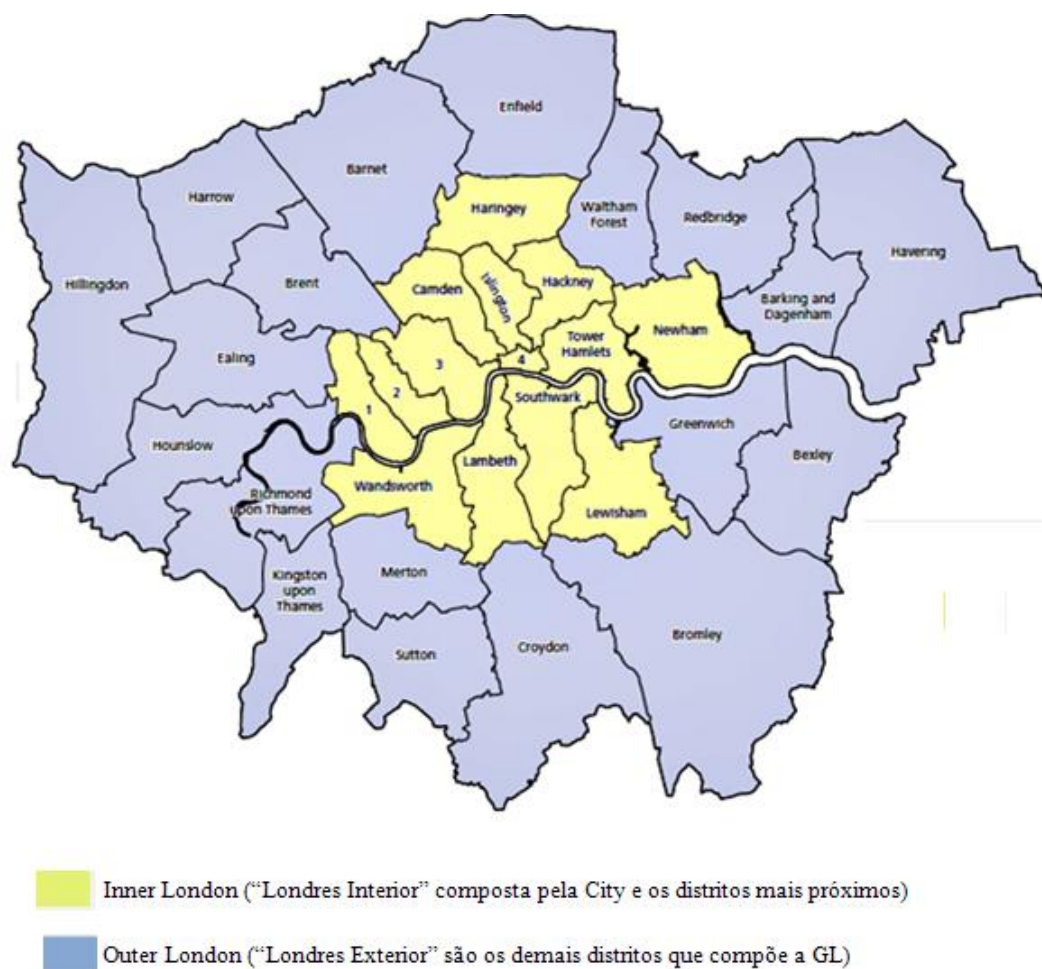
### 4.2.1. A Grande Londres e o Tâmisa

A denominação GL surgiu para registrar a importância do crescimento da cidade, absorvendo as localidades vizinhas, conformando uma aglomeração urbana metropolitana de fato, não apenas uma única cidade principal, mas uma cidade com dois anéis (utilizado nos dias atuais mais em termos estatísticos): um interior, histórica, o “Inner London” com a Cidade de Londres e 12 *bourogh* e o exterior “Outer London”, com 20 *Borough* (Figura 47). Sua localização está nas seguintes coordenadas: Oeste - 0.57W; Leste - 0.37E, Norte - 51.72N; e Sul - 51.25N.

A GL inclui a maior parte da “área construída” (*built-up area of London*) e tem por limite exterior o “cinturão verde metropolitano”. Apesar de a GL representar a aglomeração urbana londrina, tal como a RMSP, a designação Região Metropolitana de Londres é reservada para região que abrange além da própria GL, os limites dos subúrbios, onde transitam os passageiros que vem trabalhar na capital cobrindo uma área de 8.382 km<sup>2</sup> onde residem atualmente 12.653.500 de habitantes. As características da Grande Londres estão no Quadro 45.

**Quadro 45:** Características gerais da Grande Londres

| Dados                    | Valores/fontes                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Área (administrativa)    | 1.572 km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                |
| População (2011)         | 8.196.700                                                                                                                                                                                                                                            |
| Densidade                | 5.214 hab/km <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                            |
| Precipitação média anual | 700 mm a jusante de Teddington (período 1961–1990).                                                                                                                                                                                                  |
| Clima                    | Temperado oceânico (Köppen Cfb), similar a grande parte do sul da Inglaterra com invernos frios e verões geralmente quentes (constatação de ilhas de calor com temperaturas no centro da cidade até 5°C mais alta do que nos subúrbios e periferias) |
| Administração            | Desde 2000, administração de um Prefeito (Mayor), eleito diretamente pela população e pela Autoridade da Grande Londres (GLA), cuja atividade é controlada pela Assembleia de Londres, também eleita.                                                |



**Fonte:** Extraído de Open Geography

**Figura 47:** Grande Londres e Distritos (*Boroughs*) em 31 de dezembro de 2012

O rio Tâmesa, o mais longo totalmente na Inglaterra e o segundo maior do Reino Unido, nasce em Gloucestershire (sudeste), percorre 346 km atravessando cidades importantes como Oxford, Wallingfor, Reading, Henley-on-Thames, Marlow, Maidenhead, Eton, indo desaguar no estuário do Mar do Norte após cruzar a Grande Londres. Suas coordenadas estão no Quadro 46.

**Quadro 46:** Localização e coordenadas do rio Tâmis

| Localização do Tâmis                     | Coordenadas                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Nascentes<br>Colinas de Costwold (110 m) | 51°41'39"N<br>2°01'47"W;<br>51.694262°N<br>2.029724°W |
| Foz<br>Southend-on-Sea, Essex            | 51°29'56"N<br>0°36'31"E;<br>51.4989°N<br>0.6087°E     |

Fonte: Extraído de EA (2014)

Londres é dividida pelo Tâmis de norte a sul, sendo navegável ao atravessar a cidade de sudoeste a leste. Desde a era vitoriana, o Tâmis tem sido extensivamente aterrado (*embarkments*) e muitos de seus afluentes agora correm no subsolo.

A bacia hidrográfica do Tâmis (Thames Basin Distric) drena uma área de 16.133 km<sup>2</sup> entre as nascentes e a comporta de Teddington<sup>55</sup>, na entrada de Londres.

O primeiro trecho com aproximadamente 234 km e características predominantemente rurais, é denominado *non-tidal* (não influenciado pelas marés), onde predomina água doce muito utilizada para abastecimento público.

Conforme se aproxima de Teddington, as regiões vão se tornando mais urbanizadas, particularmente, no trecho de 100 km a jusante dessa comporta até o estuário do Mar do Norte, em Southend, após atravessar a Grande Londres.

A região compreendida entre Teddington (a leste) e a linha que vai de Shoeburyness (Essex) à Ilha de Sheppey, em Kent (oeste), é denominado “Tide Area” ou “Tideway”, região estuarina que sofre a influência mais direta das marés, onde a salinidade das águas varia entre doce, salobra e salina.

Os principais tributários na “Tideway” são os rios: Brent, Wandle, Effra, Westbourne, Fleet, Ravensbourne, Lea, Roding, Darent and Ingrebourne (Figura 19). A variação de salinidade permite abrigar uma rica variedade ecossistêmica, objeto de especial interesse científico (ATTRILL, 1998).

<sup>55</sup>A Teddington Weir foi construída em 1811 para assegurar profundidade mínima para a navegação no trecho de montante, mas tornou-se importante para controle das cheias, principalmente após períodos de pesadas chuvas a oeste, quando as águas de montante podem provocar enchentes em Londres nos eventos de maré alta.

Considerando que a Ponte de Londres é o ponto de referência (datum zero) para a maior parte das medidas realizadas nessa região, a largura do estuário varia de 90 m em Teddington (que está 31 km a montante da Ponte de Londres) até 800 m na região mais externa do estuário no Mar do Norte. A 15 km da Ponte de Londres foi construída em 1972 a “Barreira de Londres” (London Barrier) como parte fundamental de suas defensas contra enchentes. Depois da “Barreira”, o Tâmis é mais fortemente influenciado pelas marés e a vazão média não é calculada.

#### 4.2.2. Características gerais, vazões, usos da água e qualidade da água

Londres se desenvolveu sobre as planícies aluvionais situadas no estuário do Tâmis, o que ofereceu vantagens para formação do porto na região leste.

A Bacia do Tâmis não gera grandes vazões e estas são ainda mais reduzidas pelas principais captações para abastecimento público para Londres (se não fosse a influência das marés, o Tâmis, em Londres, pareceria um pequeno rio). A vazão média anual (período 1999-2008) variou substancialmente ao longo de seu curso: 1.5 m<sup>3</sup>/s em Cricklade, 33.5 m<sup>3</sup>/s em Days Weir até 65.5 m<sup>3</sup>/s em Teddington. Sazonalmente, as vazões mais altas ocorrem no inverno e começo da primavera (janeiro-abril) e as mais baixas no verão (julho-novembro).

O Tâmis, na região do estuário, a montante da cidade de Southend, recebe água doce de 14 tributários e das ETEs da Grande Londres. A vazão da água doce afluenta pelo Tâmis em Teddington representa 60% do total, seguido da ETE – Beckton com 11% e do rio Lee com 6%. Durante o verão, a vazão de montante da comporta pode cair até 10 m<sup>3</sup>/s e, nessas condições, as vazões das ETEs de Beckton e Crossness, tornam-se as maiores contribuições de água doce no estuário (Tabela 6).

Embora a bacia hidrográfica do Tâmis esteja entre as mais secas do Reino Unido, suas águas superficiais e subterrâneas são estratégicas para diversos usos a montante de Londres e ainda responsáveis por 60% do abastecimento público da GL (os outros 40% advém dos aquíferos da região). As captações são regidas pela Lei de Recursos Hídricos e visam garantir os usos múltiplos na bacia e as vazões em Teddington, tanto para abastecimento quanto para a autodepuração das cargas poluidoras remanescentes que afluem ao Tâmis.



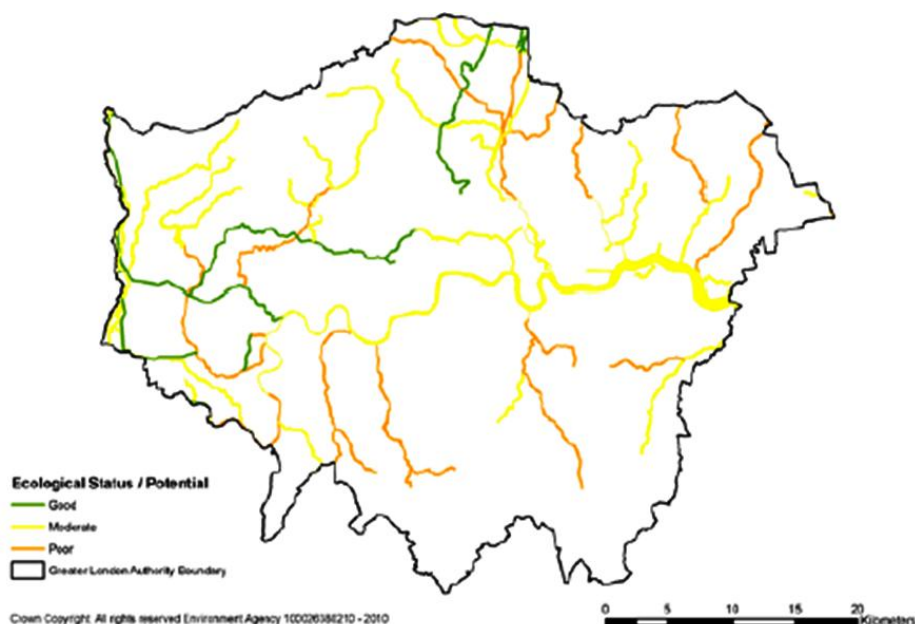
**Tabela 6:** Vazão média diária de água doce na região estuarina do Tâmis da Grande Londres

| <b>Afluências ao Tâmis na GL</b> | <b>Vazão média em m³/s<br/>(1978 – 1988)</b> | <b>Vazões de estiagem em m³/s<br/>(julho – setembro de 1991)</b> |
|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Rio Tâmis                        | 67,8                                         | 11,2                                                             |
| Rio Crane                        | 0,6                                          | 0,4                                                              |
| Rio Brent                        | 1,1                                          | 0,6                                                              |
| Beverly Crook                    | 0,6                                          | 0,4                                                              |
| Ravensbourne                     | 0,4                                          | 0,3                                                              |
| Rio Quaggy                       | 0,1                                          | 0,1                                                              |
| Rio Lee                          | 6,9                                          | 3,4                                                              |
| Rio Roding                       | 2,2                                          | 0,7                                                              |
| Rio Beam                         | 0,3                                          | 0,2                                                              |
| Ingrebourne                      | 0,4                                          | 0,2                                                              |
| Rio Cray                         | 0,6                                          | 0,4                                                              |
| Rio Darent                       | 0,5                                          | 0,1                                                              |
| <b>Subtotal rios</b>             | <b>83,6</b>                                  | <b>19,8</b>                                                      |
| Beckton                          | 12,4                                         | 10,6                                                             |
| Crossness                        | 7,3                                          | 6,6                                                              |
| Long Reach                       | 2,2                                          | 1,6                                                              |
| Kew                              | 0,5                                          | 0,5                                                              |
| Mogden                           | 5,4                                          | 5,4                                                              |
| Southend                         | 0,5                                          | 0,5                                                              |
| Outras                           | 1,0                                          | 1,0                                                              |
| <b>Subtotal ETEs</b>             | <b>30,7</b>                                  | <b>27,6</b>                                                      |
| <b>Total</b>                     | <b>114,3</b>                                 | <b>47,4</b>                                                      |

Fonte: ATTRILL (1998)

Como a região estuarina não contribui com vazões expressivas para diluição dos lançamentos de efluentes, a vazão é um importante elemento no controle da qualidade de água do estuário. A Agência Ambiental publicou em dezembro de 2009, uma avaliação da qualidade dos corpos de água londrinos, baseado na DQA, que constatou grandes melhorias nos valores das variáveis de qualidade, desde o início do século XX devido às estratégias de recuperação. Entretanto, as pressões antrópicas para o combate às enchentes e as cargas difusas fizeram com que muitos rios fossem classificados em qualidade “pobre” ou “moderada” (Figura 48). A GLA tomou providências elaborando e colocando em discussão o “Plano de Ação para os Rios de Londres” visando à manutenção dos corpos de água recuperados ao longo dos anos e também a reabilitação dos ecossistemas hídricos de diversos afluentes da região. A proposta é

trabalhar para que esses afluentes que drenam os trinta e três distritos londrinos (*boroughs*), formem corredores ecológicos e forneçam oportunidades para recreação.



**Figura 48:** Status ecológicos dos rios na Grande Londres

Fonte: Extraído de MAYOR OF LONDON (2011) e adaptado por OLIVEIRA (2015)

#### 4.2.3. Sistema de esgotamento sanitário da Grande Londres

O atual SES londrino atende a uma população de 9,7 milhões de pessoas, em sua maior parte assentada nas oito bacias de esgotamento que compõe a GL, além da própria região estuarina. Os serviços são operados em quase toda a região pela empresa privada Thames Water que coleta e trata 52 m<sup>3</sup>/s de esgotos (e contribuições das drenagens) e lança os efluentes no rio Tâmesa e seus tributários. Alguns dados de interesse estão resumidos na Tabela 7 e na Figura 49.

**Tabela 7:** Vazões e população atendida pelo SES da Grande Londres

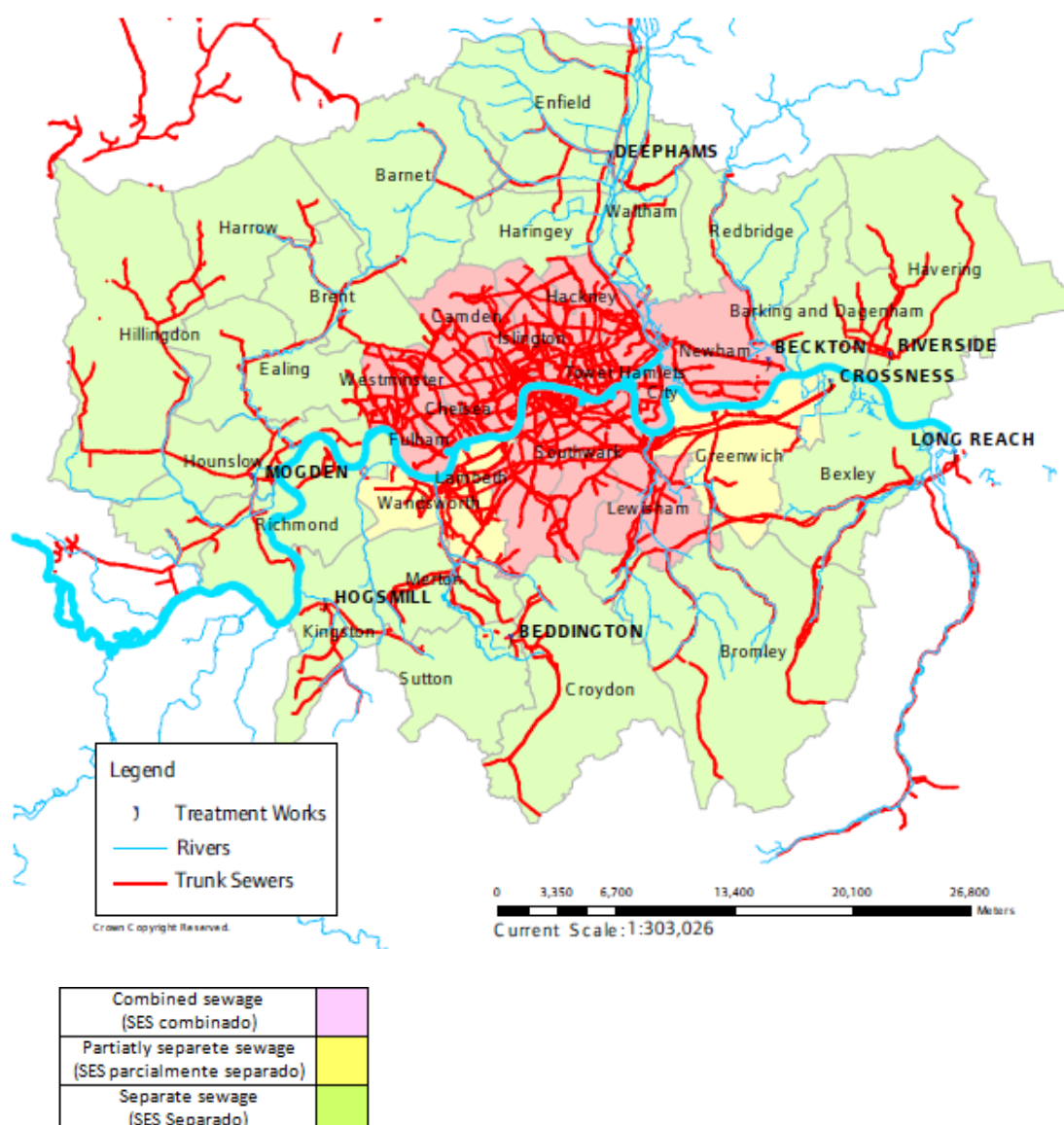
| SES        | Bacia de drenagem   | Vazão autorizada (*)<br>(m <sup>3</sup> /s) | População atendida<br>(1000 habs) |
|------------|---------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| Beckton    | Tideway             | 16,4                                        | 3.300                             |
| Crossness  | Tideway             | 11,3                                        | 1.870                             |
| Mogden     | Upper Tideway       | 7,9                                         | 1.860                             |
| Long Reach | Tideway             | 3,6                                         | 800                               |
| Riverside  | Tideway             | 2,5                                         | 396                               |
| Deephams   | Leevia Salmon Brook | 5,1                                         | 852                               |
| Hogsmill A | Hogsmill river      | 2,1                                         | 334                               |
| Hogsmill B | Beverley Brook      | 0,2                                         |                                   |
| Beddington | Wandle              | 2,7                                         | 355                               |
| Total      |                     | 51,8                                        | 9.767                             |

Fonte: Adaptado por OLIVEIRA de MAYOR OF LONDON (2011).

(\*) Vazão autorizada é a máxima permitida (m<sup>3</sup>/d) para tratamento pelas ETES

O balanço hídrico no estuário é tão delicado que a Agência Ambiental regula e fiscaliza, além das captações, as vazões máximas permitidas para o lançamento das ETES e o lançamento de efluentes. As autorizações emitidas pela EA também limitam as quantidades dos diferentes poluentes lançados de forma a atender às disposições legais britânicas e europeias (DQA).

Nos períodos de estiagem, esses balanços são ainda mais estratégicos, agravando os problemas de diluição e movimentação dos efluentes dentro do estuário: podem levar até três meses para caminhar entre Teddington até Southend e, como consequência, o terço superior e médio do estuário torna-se mais vulnerável à poluição.



**Figura 49:** Sistema de esgotamento sanitário de Londres

Fonte: Extraído de MAYOR OF LONDON (2011) e adaptado por OLIVEIRA (2015)

O efeito das marés vai deslocar água até 15 km em cada enchente e maré, mas apenas 0,5 km por dia em direção ao mar. Isso pode criar manchas de poluição da água e esgoto e também permite que o material sólido possa ser escoado para as praias, durante a maré onde pode ser muito visível, uma vez que não será rapidamente eliminado através do rio e exercerá plenamente os seus efeitos durante o seu tempo de permanência no estuário.

### 4.3. RESULTADOS DA ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DE QUALIDADE NA BAT

#### 4.3.1. Estatísticas descritivas e análise exploratória

Os resultados das estatísticas descritivas (ED) e da análise exploratória de dados (EDA) encontram-se no Apêndice 4 e os principais aspectos estão descritos a seguir:

- Houve a presença de muitos possíveis candidatos a valores anômalos para as concentrações de determinadas variáveis. Entretanto, após análise espacial, se percebeu que outros pontos também manifestavam comportamento semelhante, provavelmente associado a algum possível evento (precipitações, estiagem). Os poucos valores para os quais não se conseguiu explicação, seja em termos ambientais, seja na cadeia de geração do dado, foram substituídos na série.
- A maior parte das variáveis, na maior parte dos pontos analisados, apresentou comportamento não normal, pela EDA, pela ED e ainda, quanto à estatística confirmatória (Shapiro Wilk). As exceções foram as variáveis Nitrogênio amoniacal total, Sólidos dissolvidos totais, Fósforo total e Coliformes termotolerantes para determinados pontos de monitoramento diferentes. Conforme destacado na Metodologia, não foram realizadas transformações nas variáveis porque se buscou facilitar a visão de conjunto da BAT utilizando as mesmas unidades de medidas das variáveis analisadas (exceção feita para a variável Coliformes para a qual adotou-se o Logaritmo natural para facilitar as análises por conta dos elevados valores extremamente altos encontrados).
- Apesar das curvas de RNP mostrarem tendências nem sempre monótonas (*monotonic trends*), não foram realizadas análises das séries temporais para tendências bruscas (*step trends*), pois sua interpretação deveria estar acompanhada da eliminação de “ruídos” (sazonalidade, interferência de variáveis hidrológicas e antrópicas) o que exigiria um maior volume de informações por trecho da BAT, em geral não disponível para o período estudado. O único caso em que se fez análise de mudanças bruscas foi para tentar explicar as variações de tendência do OD, no próximo item dessa pesquisa.
- Em termos de análise espacial, os pontos TIET 02050 e TIET 02090 (CSA-ATC) são os mais “limpos”, ainda que o TIET 02090 apresente queda insignificante em termos ambientais no período 1998 – 2013.
- O ponto TIET 03120 (CSA-SUZ) é um divisor espacial em termos de qualidade: as

medanas das concentrações de OD estão em torno de 0,60 mg/L e as de DBO<sub>5,20</sub> em torno de 10 mg/L. A partir daí, caminhando na direção ao núcleo central da BAT, se localizam os demais CSAs delimitadas por pontos cujos resultados das variáveis os caracterizam como marcadamente “poluídos.

#### 4.3.2. Concentrações das variáveis

Os resultados das análises das variáveis relacionadas às atividades industriais (Tabela 8) e sanitárias (Tabela 9) demonstraram que:

- Os pontos mais poluídos para as variáveis relacionadas às atividades industriais são TAMT 04500, TAMT 04900, TIET 4170 e TIET 4180. Nesses pontos, os valores das variáveis Nitrogênio amoniacal total, Sólidos dissolvidos totais, Níquel total e Fenóis totais (enquadrados na classe 4), atendem parcialmente os valores da classe 3;
- Os pontos mais poluídos para as variáveis sanitárias são TAMT 04500, TAMT 04900, PINH 04900, TIET 04200;

**Tabela 8:** Resultados das variáveis relacionadas às atividades industriais (continua)

| Amostra    | Zn total |           | Cu total |            | Ni total |            | Fenóis totais |          |
|------------|----------|-----------|----------|------------|----------|------------|---------------|----------|
|            | Mediana  | Padrão    | Mediana  | Padrão     | Mediana  | Padrão     | Mediana       | Padrão   |
| TIET 02050 | 3,000    | 0,18 mg/L | -        |            | 0,020    | 0,025 mg/L | -             |          |
| TIET 02090 | 3,000    | 0,18 mg/L | -        |            | 0,020    | 0,025 mg/L | -             |          |
| TIET 03120 | 10,000   | 5 mg/L    | -        | 0,013 mg/L | 0,020    | 0,025 mg/L | -             |          |
| TIET 04150 | 27,000   | 5 mg/L    | 0,035    | 0,013 mg/L | 0,030    | 0,025 mg/L | -             |          |
| TIET 04170 | 29,000   | 5 mg/L    | 0,040    | 0,013 mg/L | 0,030    | 0,025 mg/L | -             |          |
| TIET 04180 | 37,000   | 5 mg/L    | 0,050    | 0,013 mg/L | 0,040    | 0,025 mg/L | -             |          |
| TIET 04200 | 43,500   | 5 mg/L    | 0,050    | 0,013 mg/L | 0,040    | 0,025 mg/L | 0,042         | 1,0 mg/L |
| TIES 04900 | 42,000   | 5 mg/L    | 0,030    | 0,013 mg/L | 0,030    | 0,025 mg/L | 0,030         | 1,0 mg/L |

**Tabela 8:** Resultados das variáveis relacionadas às atividades industriais (conclusão)

| Amostra           | Zn total |        | Cu total |            | Ni total |            | Fenóis totais |           |
|-------------------|----------|--------|----------|------------|----------|------------|---------------|-----------|
|                   | Mediana  | Padrão | Mediana  | Padrão     | Mediana  | Padrão     | Mediana       | Padrão    |
| <b>TIPI 04900</b> | 26,000   | 5 mg/L | 0,020    | 0,013 mg/L | 0,020    | 0,025 mg/L | 0,015         | 1,0 mg/L  |
| <b>PINH 04100</b> | 13,000   | 5 mg/L | 0,010    | 0,013 mg/L | 0,020    | 0,025 mg/L | 0,003         | 1,0 mg/L  |
| <b>PINH 04900</b> | 53,500   | 5 mg/L | 0,030    | 0,013 mg/L | 0,020    | 0,025 mg/L | 0,022         | 1,0 mg/L  |
| <b>TAMT 04500</b> | 66,500   | 5 mg/L | 0,080    | 0,013 mg/L | 0,030    | 0,025 mg/L | 0,023         | 1,0 mg/L  |
| <b>TAMT 04900</b> | 81,500   | 5 mg/L | 0,080    | 0,013 mg/L | 0,050    | 0,025 mg/L | 0,025         | 1,0 mg/L  |
| <b>JQRI3800</b>   | 14,000   | 5 mg/L | 0,010    | 0,013 mg/L | -        | -          | 0,003         | 0,01 mg/L |

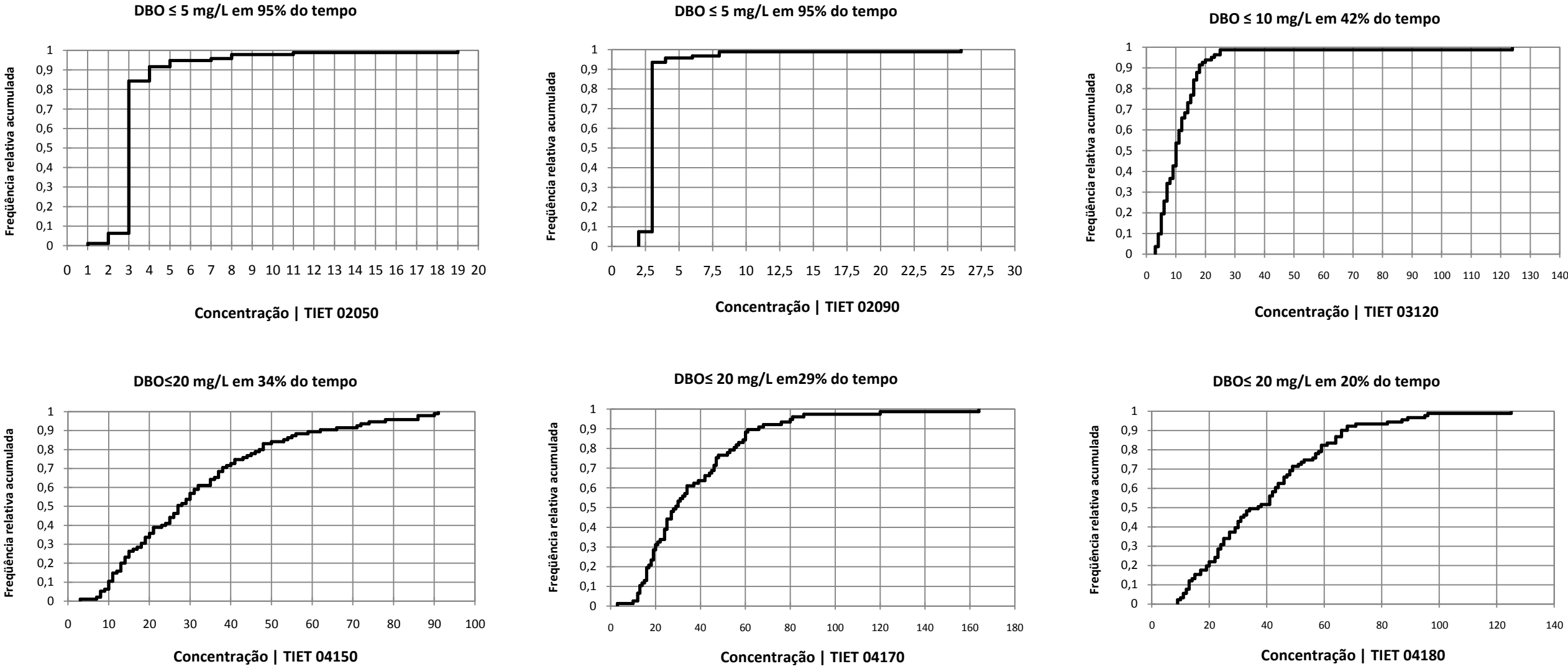
**Tabela 9:** Resultados das variáveis sanitárias

|            | NH <sub>4</sub> |           | SDT      |          | Coliformes termotolerantes |                | OD      |                        | Fósforo total |            | DBO     |          |
|------------|-----------------|-----------|----------|----------|----------------------------|----------------|---------|------------------------|---------------|------------|---------|----------|
| Amostra    | Mediana         | Padrão    | Mediana  | Padrão   | Mediana                    | Padrão         | Mediana | Padrão                 | Mediana       | Padrão     | Mediana | Padrão   |
| TIET 02050 | 0,260           | 3,7 mg/L  | 1 00,000 | 500 mg/L | 64,000                     | 1000Coli/100mL | 5,200   | ≥5 mg/L O <sub>2</sub> | 0,050         | 0,05 mg/L  | 3,000   | ≤5 mg/L  |
| TIET 02090 | 0,100           | 3,7 mg/L  | 100,000  | 500 mg/L | 390,000                    | 1000Coli/100mL | 5,300   | ≥5 mg/L O <sub>2</sub> | 0,080         | 0,05 mg/L  | 3,000   | ≤5 mg/L  |
| TIET 03120 | 4,570           | 13,3 mg/L | 284,000  | 500 mg/L | 59.500,000                 | 2500Coli/100mL | 0,600   | ≥4 mg/L O <sub>2</sub> | 0,420         | 0,075 mg/L | 10,000  | ≤10 mg/L |
| TIET 04150 | 8,465           | 13,3 mg/L | 368,000  | 500 mg/L | 660.000,000                | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 0,895         | 0,075 mg/L | 27,000  | -        |
| TIET 04170 | 10,900          | 13,3 mg/L | 402,000  | 500 mg/L | 1.000.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,500   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 1,250         | 0,075 mg/L | 29,000  | -        |
| TIET 04180 | 11,300          | 13,3 mg/L | 406,000  | 500 mg/L | 1.100.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,210   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 1,160         | 0,075 mg/L | 37,000  | -        |
| TIET 04200 | 13,300          | 13,3 mg/L | 376,000  | 500 mg/L | 1.900.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 1,405         | 0,075 mg/L | 43,500  | -        |
| TIES 04900 | 12,700          | 13,3 mg/L | 340,000  | 500 mg/L | 1.200.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 1,580         | 0,075 mg/L | 42,000  | -        |
| TIPI 04900 | 12,400          | 13,3 mg/L | 302,000  | 500 mg/L | 580.000,000                | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 1,560         | 0,075 mg/L | 26,000  | -        |
| PINH 04100 | 4,420           | 13,3 mg/L | 194,000  | 500 mg/L | 52.000,000                 | 2500Coli/100mL | 1,500   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 0,529         | 0,075 mg/L | 13,000  | -        |
| PINH 04900 | 15,750          | 13,3 mg/L | 296,000  | 500 mg/L | 1.400.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 1,785         | 0,075 mg/L | 53,500  | -        |
| TAMT 04500 | 17,100          | 13,3 mg/L | 442,000  | 500 mg/L | 3.000.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 17,100        | 0,075 mg/L | 66,500  | -        |
| TAMT 04900 | 15,100          | 13,3 mg/L | 385,000  | 500 mg/L | 3.900.000,000              | 2500Coli/100mL | 0,100   | ≥2 mg/L O <sub>2</sub> | 15,100        | 0,075 mg/L | 81,500  | -        |
| JQRI3800   | 6,540           | 13,3 mg/L | 257,000  | 500 mg/L | 135.000,000                | 2500Coli/100mL | 0,800   | ≥4 mg/L O <sub>2</sub> | 0,665         | 0,075 mg/L | 14,000  | ≤10 mg/L |



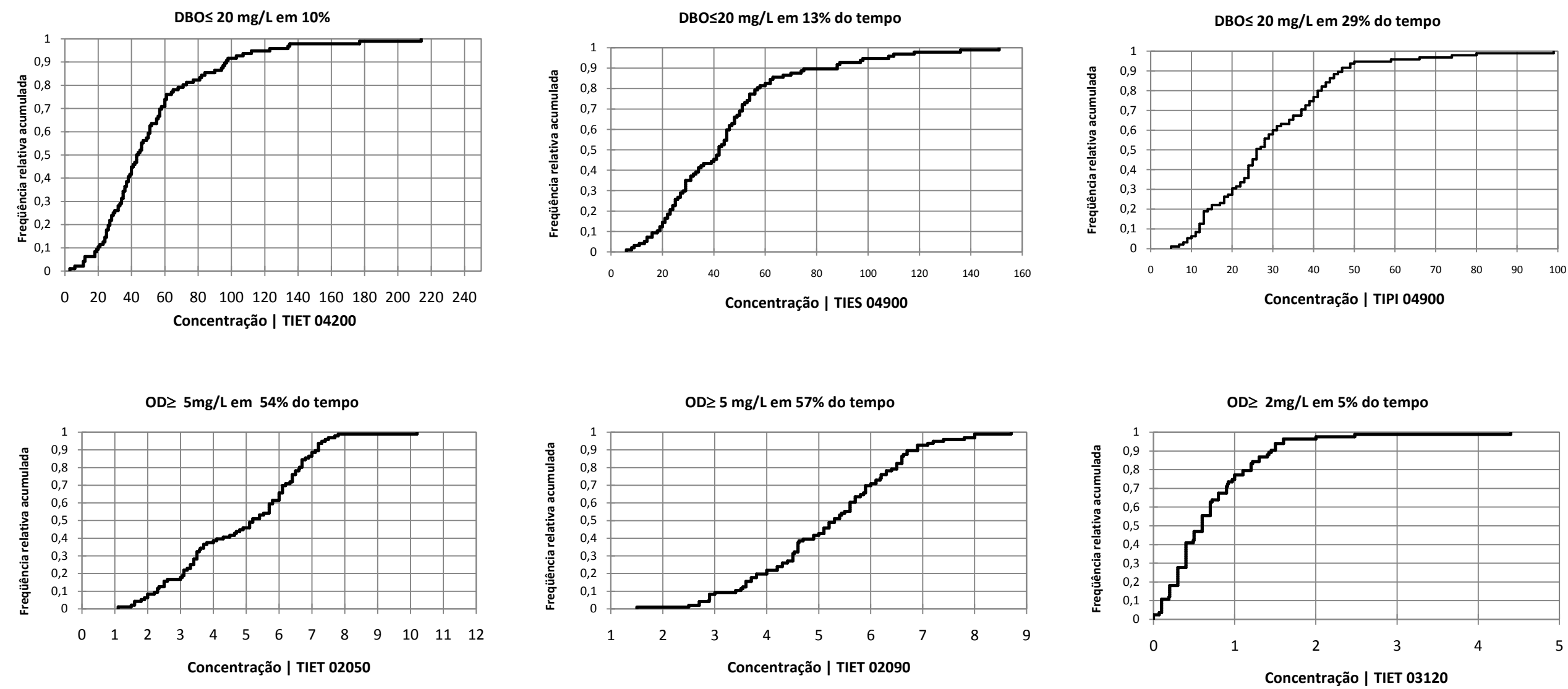
No que se refere à análise das variáveis OD e DBO, conforme mencionado no item 3.2.4.2 da Metodologia, elaborou-se análise gráfica (distribuição acumulada empírica) para a série 1998-2013 (com maior número de pontos), cujos resultados foram os seguintes (Figura 50):

- Os “pontos limpos”, TIET 02050, e TIET 02090 apresentam valores de  $DBO_{5,20}$  atendendo aos padrões da classe 2 em grande parte do tempo. Já no caso do OD, os valores atendem a esses padrões em torno de 60% do tempo.
- O ponto TIET 03120 ratifica seu comportamento de “ponto de transição” na BAT ao atender, ainda que parcialmente, os padrões da classe 3: no caso da  $DBO_{5,20}$  em 42% do tempo e do OD em apenas 5% do tempo.
- Os demais pontos (classe 4), quando comparados ao dobro do valor da  $DBO_{5,20}$  para a classe 3, pioram de qualidade em direção ao centro da BAT.
- Quanto ao OD, quando comparam-se os valores obtidos com a metade do seu valor do OD para a classe 4 (2 mg/L), identifica-se que os piores resultados estão em TIET 04150 e TIPI 04900 e os melhores em TIET 04170, TIET 04180 e TIE 04900.

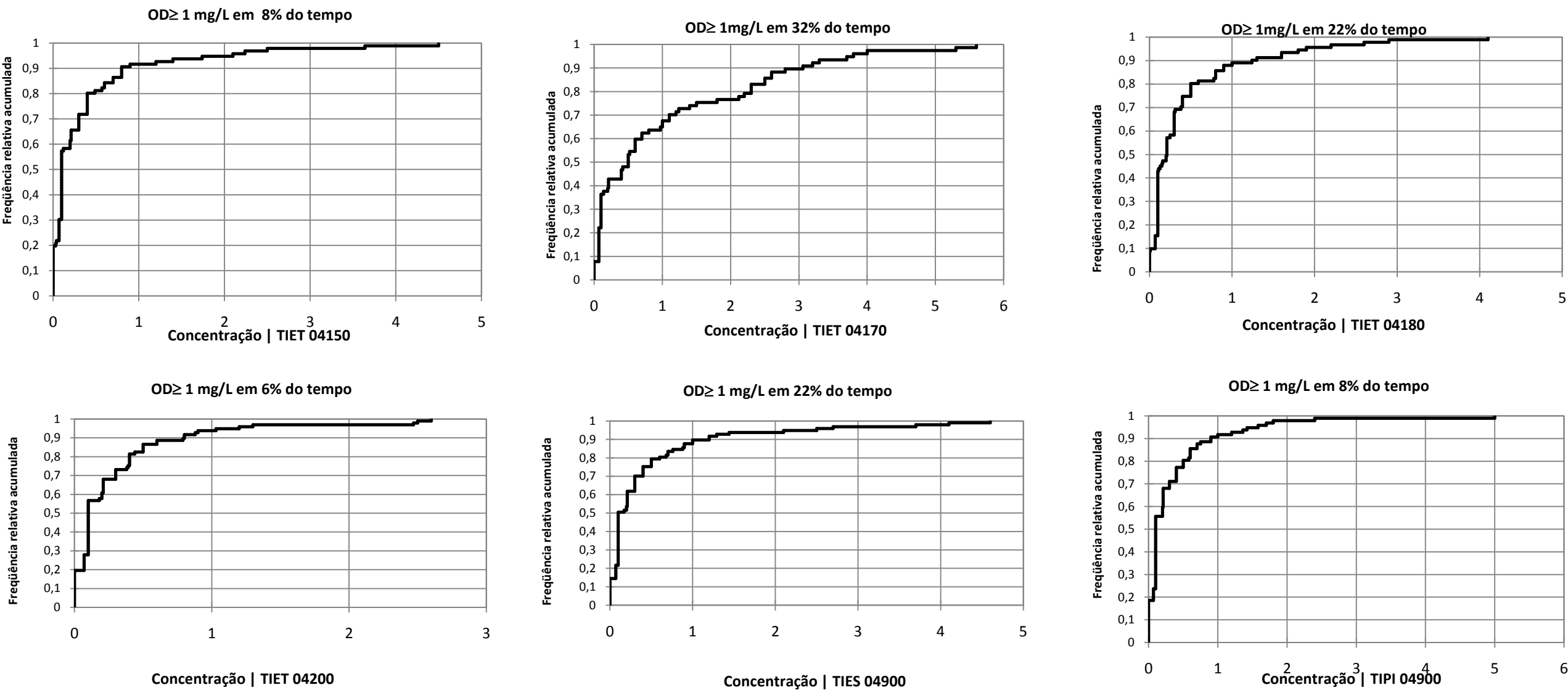


**Figura 50:** Distribuição acumulada empírica: DBO<sub>5,20</sub> - OD no rio Tietê (série 1998 - 2013) (continua)

Fonte: saída do *software* XLStat (2015)



**Figura 50:** Distribuição acumulada empírica: DBO<sub>5,20</sub> - OD no rio Tietê (série 1998 - 2013) (continuação)  
**Fonte:** saída do *software* XLStat (2015)



**Figura 50:** Distribuição acumulada empírica:  $DBO_{5,20}$  - OD no rio Tietê (série 1998 - 2013) (conclusão)  
**Fonte:** saída do *software* XLStat (2015)

#### 4.3.3. Sazonalidade e tendências

Os resultados das avaliações de sazonalidade encontram-se no Apêndice 4 e os de tendências nas Tabelas 10 a 13. Os principais aspectos, avaliados para a série mais longa (1986 - 2013) e para a série mais curta (1998 - 2013), são os seguintes:

- A variável OD apresentou forte sazonalidade, mais visível na série longa, nos pontos “limpos” e tendências de elevação das concentrações para a maior parte dos pontos a partir de 2007, exceto no JQ 03800, onde houve queda na série. Destacam-se os pontos TIET 04150 (CSA-SM), na série curta, e todos os pontos do CSA-BAR.
- Essas tendências foram estatisticamente significantes – com altos valores do Sen slope (em % por ano) e pequenos *p-valores* – e também, ambientalmente importantes – os valores que se encontravam próximos a zero subiram em alguns casos a 1,5 mg/L no período – embora os valores sejam ainda muito baixos em valor absoluto.
- As variáveis Sólidos dissolvidos totais, Fósforo total e DBO<sub>5,20</sub> apresentaram sazonalidade mais pronunciada para os pontos “poluídos”. A variável Nitrogênio amoniacal total e Coliformes termotolerantes apresentaram sazonalidade em quase todos os pontos, aspecto visível na série longa.
- Os mesmos parâmetros apresentaram comportamento estatística e ambientalmente diferentes nas duas séries: na mais curta destacam-se as pronunciadas reduções nos valores da variável Fósforo total, em especial no CSA-ABC na série longa e estabilidade ou queda modesta na série mais curta. Os Sólidos dissolvidos totais apresentaram tendência modesta de queda nas duas séries, mais pronunciada na série longa, nos pontos TIET 02090 (CSA-ATC), TIET 04170 (CSA-PNM) e TIET 04200 (CSA-BAR);
- A variável DBO<sub>5,20</sub> apresentou também comportamento diferenciado nas duas séries: leve tendência decrescente na série de 1986 – 2013 no CSA-ABC em termos estatísticos, nos pontos TIPI 04900, JQRI 03800, TIET 04150. No caso do ponto TAMT 04900 houve tendência decrescente na primeira série e crescente na série 1998-2013.
- O Nitrogênio amoniacal total apresentou tendência de aumento dos valores em todos os pontos, exceto em TIET 04180 (CSA-PNM) e TIET 04200 (CSA-BAR).
- Os valores de Fósforo total apresentaram tendência de queda mais expressiva no ponto

TIET 2050 (CSA-ATC) e queda mais moderada nos pontos TIET 04150 (CSA-SM), TIET 04200 e TIES 04900 (ambos no CSA-BAR).

- Os valores de Coliformes Termotolerantes, apresentaram tendência de queda acentuada em TIET 02090 (CSA-ATC) e tendência modesta de queda em TIET 04200 (CSA-BAR).

Tabela 10: Tendências das variáveis sanitárias no período 1986 - 2013

| CSA              | P. Monitor. | P. amost.       | DBO     |                     | OD      |                     | NH <sub>4</sub> total |                     | Fósforo total |                     | Coliformes termotolerantes |                     | Sólidos diss. totais |                     |
|------------------|-------------|-----------------|---------|---------------------|---------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                  |             |                 | p-valor | Alteração anual (%) | p-valor | Alteração anual (%) | p-valor               | Alteração anual (%) | p-valor       | Alteração anual (%) | p-valor                    | Alteração anual (%) | p-valor              | Alteração anual (%) |
| ATC (cabeceiras) | TIET 02050  | 6/186-12/3/13   | 0,052   | 0,000               | 0,000   | 0,654               | 0,000                 | 5,868               | 0,364         | 0,000               | 0,001                      | 1,651               | 0,000                | 5,639               |
| ATC              | TIET 02090  | 6/186-12/3/13   | 0,178   | 0,000               | 0,003   | -0,533              | 0,000                 | 4,235               | 0,019         | 1,301               | 0,000                      | -1,119              | 0,000                | 3,062               |
| SM               | TIET 04150  | 6/186-12/3/13   | 0,000   | 3,762               | 0,078   | -4,444              | 0,000                 | 7,815               | 0,000         | 5,622               | 0,002                      | 0,491               | 0,000                | 2,164               |
| ABC/BAR          | TAMT 04500  | 1/4/86-1/10/11  | 0,000   | -2,275              | 0,000   | 14,184              | 0,000                 | 1,666               | 0,000         | -28,041             | 0,000                      | -0,006              | 0,017                | -0,435              |
| ABC              | TAMT 4900   | 1/4/86-1/10/11  | 0,002   | -1,432              | 0,000   | 14,483              | 0,000                 | 1,774               | 0,000         | -13,923             | 0,000                      | -0,413              | 0,000                | -0,856              |
| BAR (jus TAMT)   | TIET 04200  | 7/186-19/3/13   | 0,284   | -0,530              | 0,000   | 8,333               | 0,000                 | 3,654               | 0,742         | -0,210              | 0,006                      | -0,299              | 0,081                | -0,485              |
| BAR (Jus PINH)   | TIES 04900  | 7/186-19/3/13   | 0,078   | 0,871               | 0,002   | 10,122              | 0,000                 | 3,856               | 0,041         | 1,377               | 0,512                      | -0,084              | 0,230                | 0,375               |
| JQ               | JQRI 03800  | 1/7/86-28/11/13 | 0,000   | 2,249               | 0,000   | -3,819              | 0,000                 | 6,531               | 0,000         | 5,630               | 0,001                      | 5,690               | 0,000                | 1,695               |
| BAR              | TIPI 04900  | 7/186-19/3/13   | 0,000   | 2,526               | 0,005   | 8,333               | 0,000                 | 4,792               | 0,000         | 3,979               | 0,000                      | 0,955               | 0,000                | 1,365               |

Tabela 11: Tendências das variáveis relacionadas às atividades industriais no período 1986 - 2013

| CSA            | P. Monitor. | Período amost.    | Ni total |                     | Cu total |                     | Zn total |                     | Fenóis totais |                     |
|----------------|-------------|-------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|---------------|---------------------|
|                |             |                   | p-valor  | Alteração anual (%) | p-valor  | Alteração anual (%) | p-valor  | Alteração anual (%) | p-valor       | Alteração anual (%) |
| ABC/BAR        | TAMT 04500  | 19/198-27/11/13   | 0,006    | 0,000               | 0,001    | -2,857              | 0,213    | -0,470              | 0,000         | -28,41              |
| ABC            | TAMT 4900   | 5/1/98-6/11/13    | 0,274    | 0,000               | 0,004    | -1,583              | 0,004    | -1,600              | 0,000         | -13,923             |
| BAR (jus TAMT) | TIET 04200  | 7/01/1986-6/11/13 | 0,000    | -2,717              | 0,680    | 0,000               | 0,829    | 0,000               | 0,117         | -1,440              |
| BAR (Jus PINH) | TIES 04900  | 7/01/1986-6/11/13 | 0,000    | -2,400              | 0,920    | 0,000               | 0,530    | 0,290               | 0,950         | 0,000               |

Tabela 12: Tendências das variáveis sanitárias no período 1998 - 2013

| CSA             | P. Monitor. | Período amost.    | DBO     |                     | OD      |                     | NH <sub>4</sub> |                     | Fósforo total |                     | Coliformes termotolerantes |                     | Sólidos diss. totais |                     |
|-----------------|-------------|-------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                 |             |                   | p-valor | Alteração anual (%) | p-valor | Alteração anual (%) | p-valor         | Alteração anual (%) | p-valor       | Alteração anual (%) | p-valor                    | Alteração anual (%) | p-valor              | Alteração anual (%) |
| ATC (cabeceras) | TIET 02050  | 07/198-13/11/13   | 0,059   | 0,711               | 0,059   | 0,711               | 0,000           | 5,586               | 0,03          | -3,331              | 0,838                      | 1,255               | 0,000                | 0,396               |
| ATC             | TIET 02090  | 07/198-13/11/13   | 0,028   | 0,000               | 0,053   | -0,498              | 0,000           | 6,8                 | 0,579         | 0,000               | 0,002                      | -21,92              | 0,000                | 1,714               |
| SUZ             | TIET 03120  | 11/101-4/12/13    | 0,914   | 0,000               | 0,000   | 8,965               | 0,021           | 3,806               | 0,135         | -2,090              | 0,821                      | -1,724              | 0,427                | -1,614              |
| SM              | TIET 04150  | 07/198-13/11/13   | 0,154   | 2,145               | 0,044   | 24,867              | 0,01            | 2,510               | 0,029         | 2,452               | 0,138                      | -5,479              | 0,025                | 0,970               |
| ABC/BAR         | TAMT 04500  | 19/198-27/11/13   | 0,002   | -2,720              | 0,000   | 39,973              | 0,057           | 1,597               | 0,06          | -2,813              | 0,289                      | -0,185              | 0,074                | -0,877              |
| ABC             | TAMT 4900   | 05/198-6/11/13    | 0,187   | 1,477               | 0,000   | 21,016              | 0,03            | 1,665               | 0,072         | -0,203              | 0,580                      | -0,214              | 0,782                | -0,099              |
| PNM (Jus ETE)   | TIET 04170  | 21/301-13/11/13   | 0,109   | 2,301               | 0,04    | 4,905               | 0,446           | 1,286               | 0,900         | 0,000               | 0,955                      | -0,769              | 0,009                | -1,743              |
| PNM             | TIET 04180  | 06/798-13/11/13   | 0,904   | 0,000               | 0,002   | 9,663               | 0,054           | 1,847               | 0,283         | -1,125              | 0,392                      | 1,710               | 0,177                | -0,855              |
| BAR (Jus Tam.)  | TIET 04200  | 05/198-06/11/13   | 0,178   | -1,895              | 0,001   | 23,011              | 0,162           | -0,036              | 0,000         | -3,950              | 0,277                      | -4,579              | 0,004                | -1,979              |
| BAR             | PINH 04100  | 06/7/1998-17/3/13 | 0,689   | 0,000               | 0,005   | 6,032               | 0,471           | -1,323              | 0,003         | -4,933              | 0,128                      | -5,431              | 0,704                | -0,291              |
| BAR             | PINH 04900  | 06/7/1998-17/3/13 | 0,999   | 0,000               | 0,000   | 19,31               | 0,061           | 1,617               | 0,259         | -1,443              | 0,113                      | -0,433              | 0,075                | -0,641              |
| BAR (jus ETE)   | TIES 04900  | 05/198-06/11/13   | 0,980   | 0,000               | 0,002   | 17,322              | 0,003           | 2,854               | 0,056         | -2,346              | 0,055                      | -0,523              | 0,651                | -0,383              |
| JQ              | JQRI 3800   | 05/198-06/11/13   | 0,106   | 1,781               | 0,305   | 2,639               | 0,004           | 2,522               | 0,811         | 0,188               | 0,359                      | 0,358               | 0,475                | 0,581               |
| BAR             | TUPI 04900  | 05/198-06/11/13   | 0,148   | 1,667               | 0,001   | 23,888              | 0,001           | 2,819               | 0,01          | 0,641               | 0,109                      | -6,03               | 0,243                | 0,829               |



**Tabela 13:** Tendências das variáveis relacionadas às atividades industriais no período 1998 - 2013

| CSA               | P. Monitor. | Período amost.    | Ni total |                     | Cu total |                     | Zn total |                     | Fenóis totais |                     |
|-------------------|-------------|-------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|----------|---------------------|---------------|---------------------|
|                   |             |                   | p-valor  | Alteração anual (%) | p-valor  | Alteração anual (%) | p-valor  | Alteração anual (%) | p-valor       | Alteração anual (%) |
| Cabeceiras        | TIET 02050  | 7/1/98-13/11/13   | VC       | VC                  | VC       | VC                  | VC       | VC                  | VND           | VND                 |
| ATC               | TIET 02090  | 7/1/98-13/11/13   | VC       | VC                  | VC       | VC                  | VC       | VC                  | VND           | VND                 |
| SUZ               | TIET 03120  | 11/1/01-4/12/13   | VC       | VC                  | VC       | VC                  | 0,278    | 3,567               | VND           | VND                 |
| SM                | TIET 04150  | 7/1/98-13/11/13   | 0,014    | 0,000               | 0,000    | 6,597               | 0,000    | 6,167               | VND           | VND                 |
| PNM (Jus ETE)     | TIET 04170  | 21/3/01-13/11/13  | 0,1500   | 0,000               | 0,635    | 0,000               | 0,004    | 5,655               | VND           | VND                 |
| PNM               | TIET 04180  | 6/7/98-13/11/13   | 0,942    | 0,000               | 0,9142   | 0,000               | 0,025    | 3,343               | VND           | VND                 |
| ABC/BAR           | TAMT 04500  | 19/1/98-27/11/13  | 0,323    | 0,000               | 0,497    | -0,988              | 0,842    | -0,148              | 0,000         | -11,645             |
| ABC               | TAMT 4900   | 5/1/98-6/11/13    | 0,252    | 0,000               | 0,121    | -1,781              | 0,507    | -0,664              | 0,001         | -8,668              |
| BAR (Jus Tam.)    | TIET 04200  | 5/1/98-6/11/13    | 0,073    | 0,000               | 0,142    | -2,427              | 0,860    | 0,000               | 0,000         | -11,645             |
| BAR               | PINH 4100   | 06/7/1998-17/3/13 | VC       | VC                  | 0,374    | 0,000               | 0,189    | -1,796              | 0,231         | 0,000               |
| BAR               | PINH 4900   | 06/7/1998-17/3/13 | VC       | VC                  | 0,042    | 0,000               | 0,016    | -3,007              | 0,272         | -1,515              |
| BAR (jus ETE)     | TIES 04900  | 5/1/98-6/11/13    | 0,027    | 0,000               | 0,053    | -2,314              | 0,530    | 0,290               | 0,495         | -0,318              |
| JQ                | JQRI 3800   | 5/1/98-6/11/13    | VC       | VC                  | VC       | VC                  | VC       | VC                  | VC            | VC                  |
| BAR (jus Juqueri) | TIPI 04900  | 5/1/98-6/11/13    | 0,588    | 0,000               | 0,440    | 0,000               | 0,000    | 3,721               | 0,150         | -1,113              |

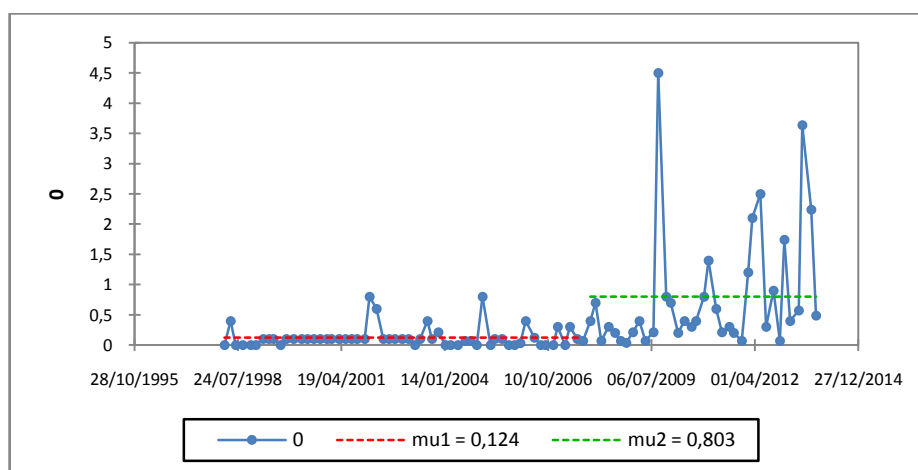
VC = Valor censurado (“menor que” ou “maior que”); VND = valor não disponível

- As variáveis relacionadas à atividade industrial apresentam importante redução (em termos estatísticos e ambientais), mais visível na série 1986-2013, para as variáveis Níquel total nos pontos TIET 04200 e TIES 04900 e Cobre total, Zinco total e Fenóis totais nos pontos TAMT 04500 e TAMT 04900. Na série 1998-2013, registrou-se diminuição para o Cobre total no ponto TIES 04900 e Fenóis totais no ponto TIET 4200, diferente dos resultados da outra série e elevação para Cobre total no ponto TIET 4150.

Considerando que o OD apresentou uma alteração importante nos valores das concentrações ao longo do período analisado (mais visível na série 1998 - 2011) procedeu-se à aplicação do teste de Pettitt (com apoio do *software* XLStat). Os resultados do teste indicaram que ocorreu mudança brusca na série em 2007, com significância estatística (quanto ao  $\alpha$  e mais ainda quanto ao *p-valor*), conforme Quadro 47 e Figura 51.

**Quadro 47:** Resultados da aplicação do teste estatístico de Pettitt

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| K (teste)                      | 1458,000   |
| T (data da alteração da série) | 12/09/2007 |
| <i>p-valor</i> :(bilateral)    | < 0,0001   |
| $\alpha$ (alfa)                | 0,05       |



**Figura 51:** Representação da alteração brusca na série temporal do OD (1998 – 2011) com a estatística de Pettitt

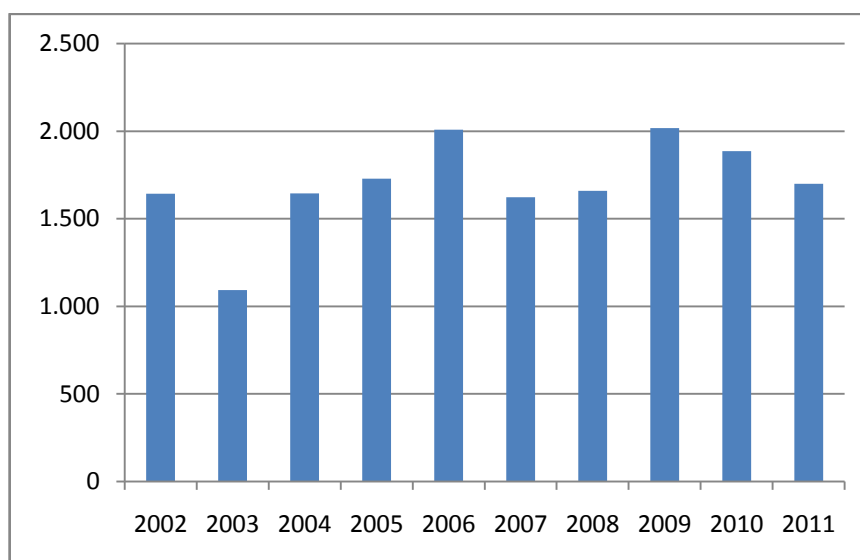
Fonte: Saída do *software* XLStat (2015)

#### 4.3.4. Efeitos das variáveis hidrológicas nas tendências de qualidade

Foi realizado estudo de caso para avaliar o efeito das variáveis hidrológicas, no período 2002 - 2011, com apoio dos dados climatológicos (item 4.1.2). Os locais escolhidos foram a barragem da Penha e o reservatório Pirapora onde estão localizados, respectivamente, os pontos TIET 4150 (CSA - SM) e TIPI 4900 (CSA-BAR). Os dados resumidos nos gráficos das Figuras 52 a 54 indicam o seguinte comportamento da precipitação (Quadro 48):

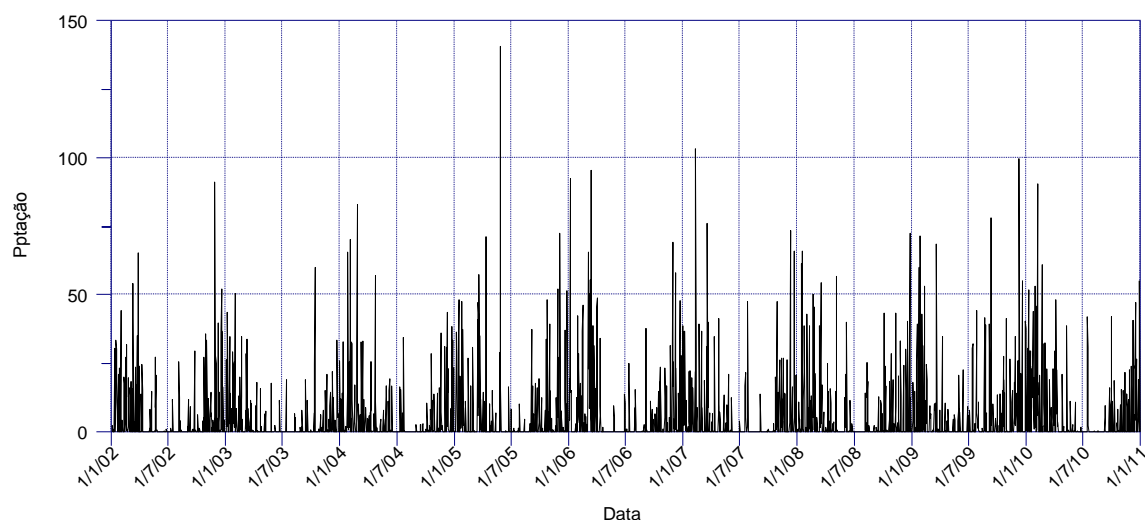
##### **Quadro 48:** Resumo dos dados climatológicos

|                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Severa estiagem em 2003, a mais severa em 66 anos para todos os meses, exceto janeiro.                                                                                     |
| Precipitações maiores que 38%, acima das normais climatológicas em 2006 e 2010, sendo que janeiro deste ano apresentou o mês mais chuvoso da série histórica com 653,2 mm. |
| Apesar dos valores precipitados em 2008 ficarem próximos da média histórica, o mês de julho foi o mais seco da série (0,4 mm).                                             |
| A precipitação apresentou marcada sazonalidade com as maiores precipitações em janeiro, fevereiro e dezembro e as menores, em agosto, junho e julho.                       |



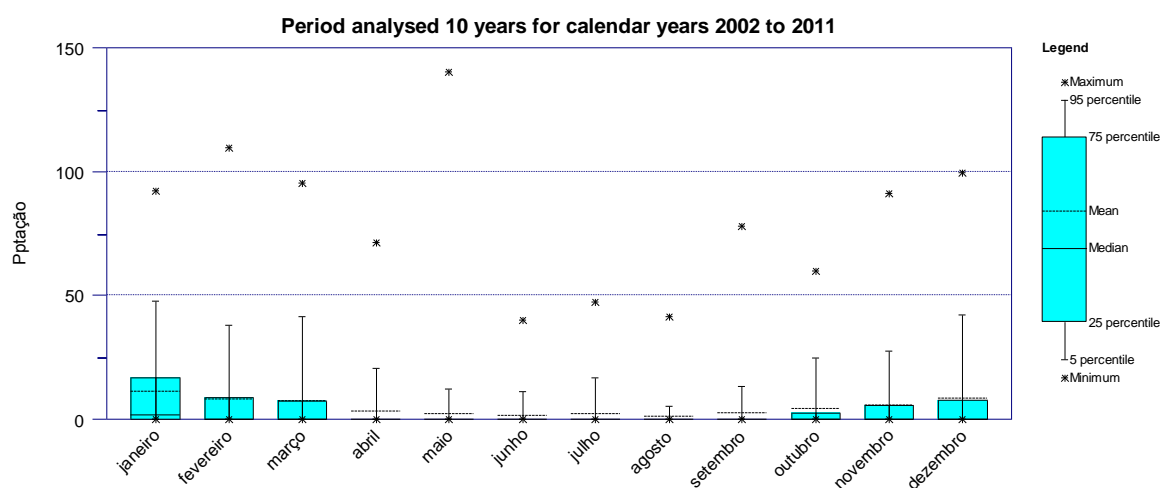
**Figura 52:** Precipitação média anual (mm) – Posto Pluviométrico Mirante de Santana (2002 - 2011)

Fonte: Saída do *software* Time Trend (2015)



**Figura 53: Precipitação média diária na EM-MS (2002 - 2011)**

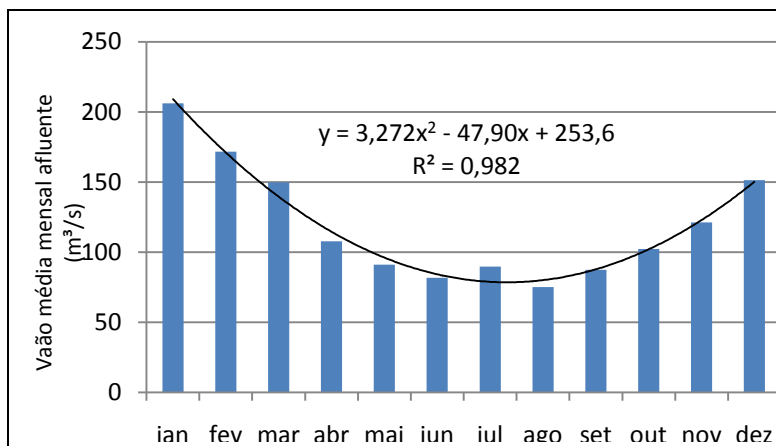
**Fonte:** Saída do *software* Time Trend (2015)



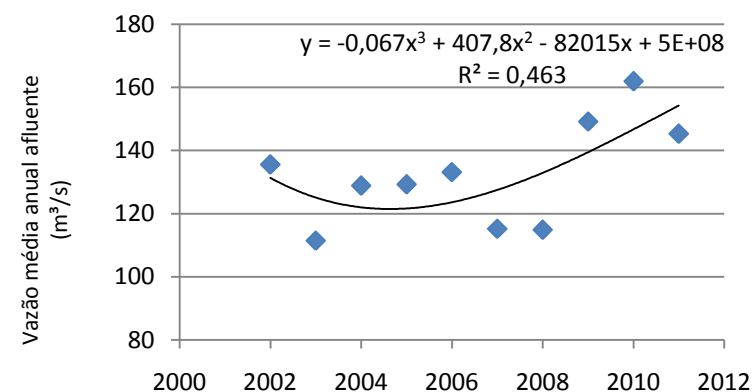
**Figura 54: Box-Plot da Precipitação média mensal na EM-MS (2002 - 2011)**

**Fonte:** Saída do *software* Time Trend (2015)

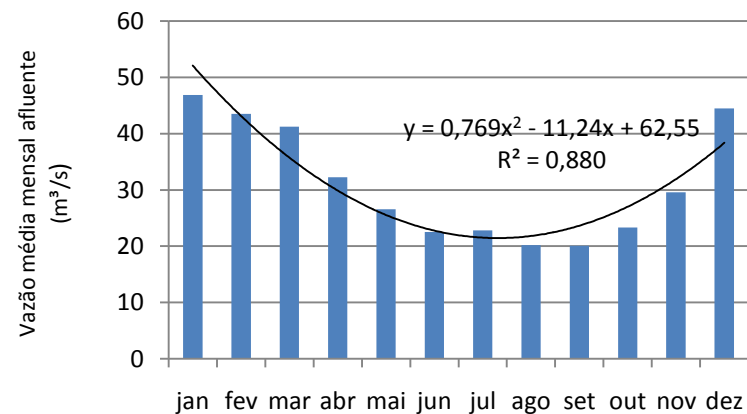
Os dados de vazão na barragem da Penha e do reservatório de Pirapora estão expressos nas Figuras 55 a 58, em que se destaca o comportamento tipicamente sazonal da vazão do rio Tietê, na região próxima às barragens, acompanhando as variações de precipitação da bacia.



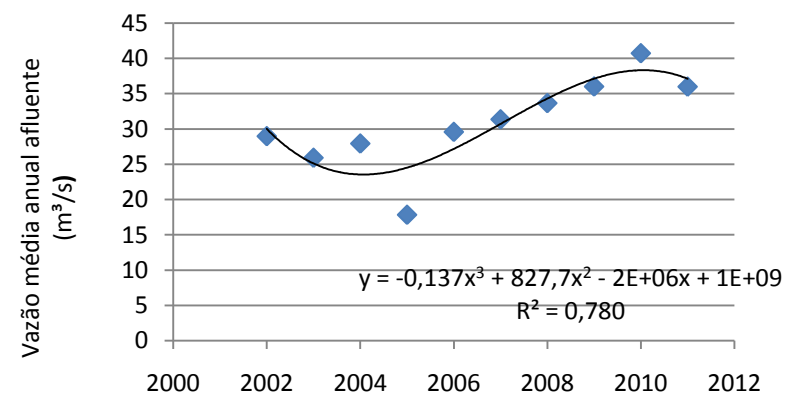
**Figura 55:** Vazão média mensal afluyente ao reservatório de Pirapora



**Figura 56:** Vazão média anual afluyente ao reservatório de Pirapora

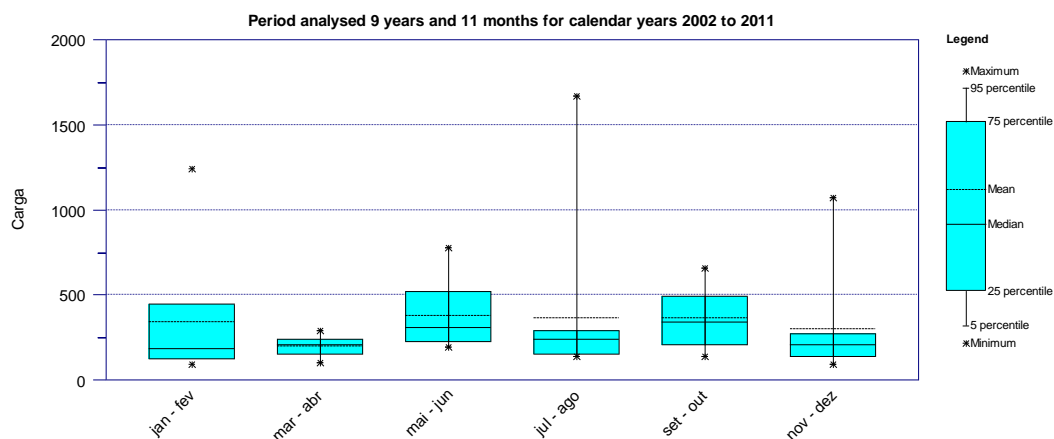


**Figura 57:** Vazão média mensal afluyente à barragem da Penha



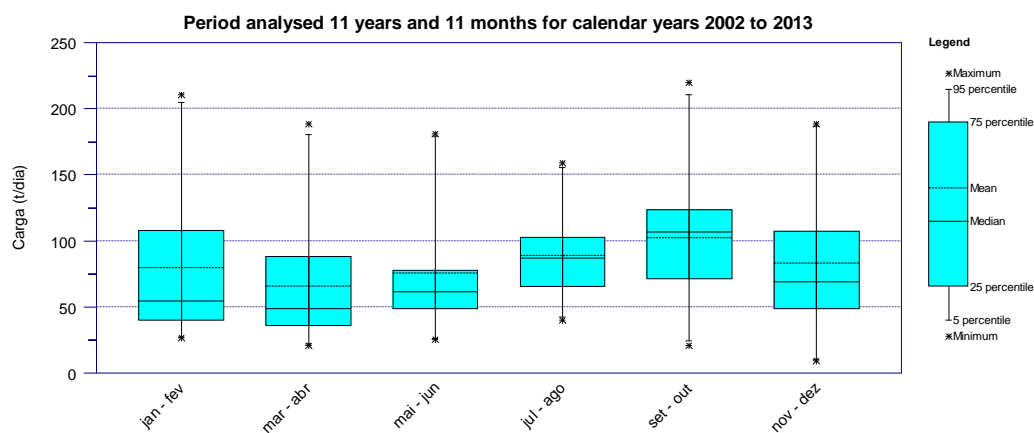
**Figura 58:** Vazão média anual afluyente à barragem da Penha

As Figuras 59 e 60 indicam que o comportamento sazonal da variável  $DBO_{5,20}$ , nos pontos TIPI 4900 e TIET 4150, é diferente quando analisado sem a influência da vazão (com a variável concentração), do que com a sua influência (com a variável carga orgânica). As Figuras 61 e 62 expressam, no período analisado, como as cargas oscilaram em torno da mediana da série, de forma mais pronunciada no reservatório da Penha (CSA - PNM).



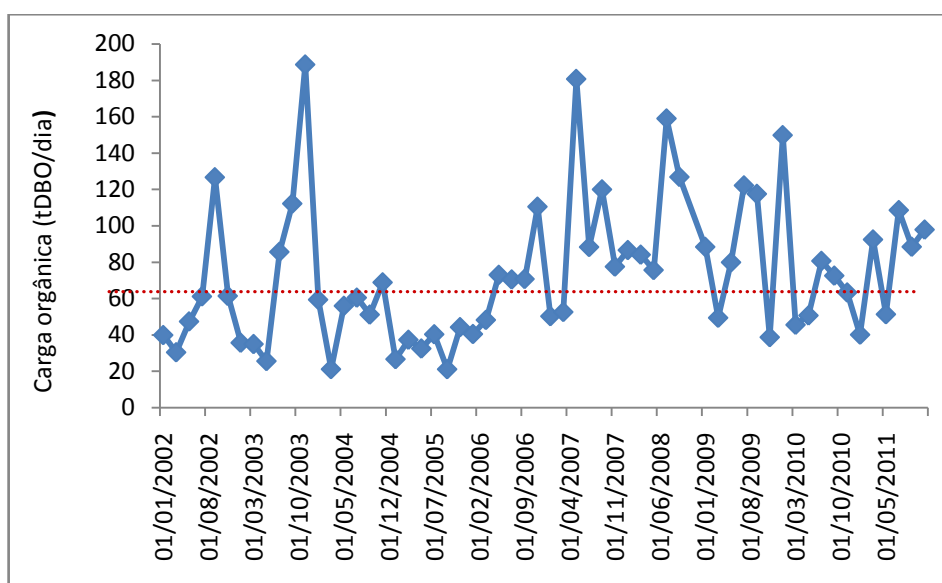
**Figura 59:** Carga orgânica ( $DBO_{5,20}$ ): 2002 - 2011 – Pirapora

Fonte: Saída do *software* Trend (2015)

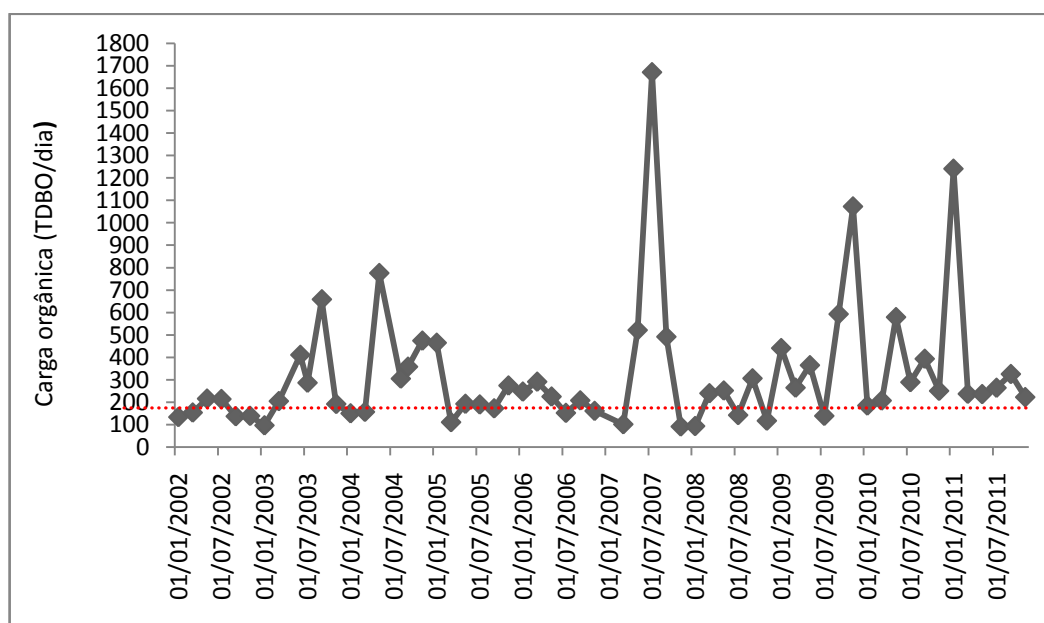


**Figura 60:** Carga de  $DBO_{5,20}$  – Barragem da Penha (2002 - 2011)

Fonte: Saída do *software* Trend (2015)



**Figura 61:** Carga orgânica no Tietê (t/DBO/dia) – Barragem da Penha (2002 - 2011)



**Figura 62:** Carga orgânica no Tietê (t/DBO/dia) – Barragem da Penha (2002— 2011)

#### 4.3.5. Ajuste dos valores de concentração às variáveis de vazão (CAV)

A variável escolhida para aplicação da CAV foi a  $DBO_{5,20}$  por conta da disponibilidade dos dados e sua representatividade à presença de esgotos domésticos nos corpos receptores. Foram buscadas várias possibilidades de regressão entre a concentração de DBO e a vazão e

obtiveram-se os seguintes resultados expressos na Tabela 14, diferentes daqueles obtidos, sem ajuste pela vazão:

- Melhor ajuste: LogCarga x Tempo, ajustado pelo LogVazão.
- TIPI 4900:  $p\text{-valor}=0,086$  e alteração anual igual a 0,709% ao ano de tendência positiva de crescimento das cargas nesse ponto.
- TIET 4150:  $p\text{-valor}<0,000$  e alteração anual igual a 1,314% ao ano de tendência positiva de crescimento das cargas neste ponto.

**Tabela 14:** Resultados da análise das concentrações ajustadas à vazão (CAV) para a variável  $\text{DBO}_{5,20}$  nos pontos TIET 4150 e TIPI 4900 no período 2002 - 2011

| Log Carga              | Ajuste        | Valor Mediana | Estatística de Kendall | Z     | p-valor | Coefficiente angular de Sen | Alteração anual (%) |
|------------------------|---------------|---------------|------------------------|-------|---------|-----------------------------|---------------------|
| Log Carga<br>TIPI 4900 | Não ajustado  | 2.374         | 37.000                 | 1.344 | 0.179   | 0.016                       | 0.694               |
|                        | LogQ ajustado | 2.387         | 47.000                 | 1.718 | 0.086   | 0.017                       | 0.709               |
| Log Carga<br>TIET 4150 | Não ajustado  | 1.861         | 151.000                | 4.280 | 0.000   | 0.033                       | 1.783               |
|                        | Log Qajustado | 1.866         | 139.000                | 3.938 | 0.000   | 0.024                       | 1.314               |

#### 4.3.6. Expansão demográfica, da cobertura do uso do solo e da evolução das cargas poluidoras orgânicas

Os resultados da pesquisa confirmam as tendências sobre o processo de periferação do crescimento populacional metropolitano, discutidas na revisão bibliográfica e na metodologia desta pesquisa.

A análise por Compartimento Sanitário Ambiental indica (Quadro 49, Tabela 15 e Figuras 63 a 67) que:



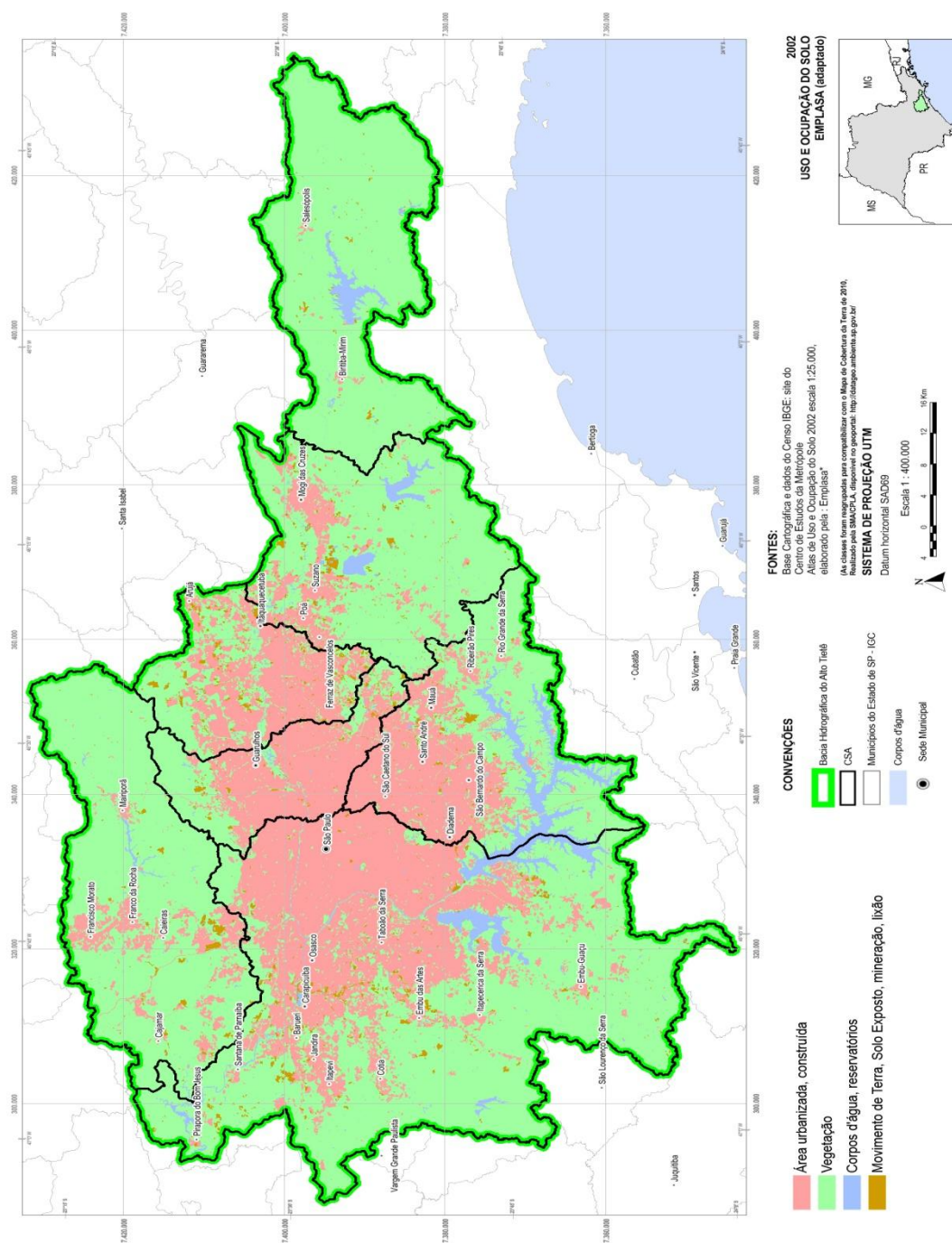
**Quadro 49:** Expansão demográfica, da cobertura do uso do solo e da evolução das cargas poluidoras orgânicas

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Crescimento da área urbanizada construída e do solo exposto de forma mais intensa nos CSAs ATC, JQ e SUZ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Diminuição da cobertura vegetal em todos os CSAs, de forma mais intensa nos CSAs BAR e JQ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| A população da BAT cresceu, em termos absolutos, 27,2% no período 1991 - 2010. A densidade populacional diminuiu nas áreas centrais e ampliou-se nas áreas periféricas, em particular nos CSAs PNM, SM, SUZ e JQ e, de forma menos intensa, em direção às “franjas” do CSA-BAR e CSA-ATC.                                                                                                                                                                                        |
| Os CSAs demograficamente mais densos, ainda que não detenham a maior população regional, são PNM, SM, ABC E BAR. Entretanto, os maiores crescimentos populacionais se deram no CSA-JQ que ampliou em 79,7% seu contingente populacional no período, seguido dos CSAs SUZ e PNM                                                                                                                                                                                                   |
| As cargas poluidoras potenciais cresceram proporcionalmente ao crescimento da população urbana entre 1991 e 2010 (225 tDBO/dia), enquanto que as remanescentes, calculadas a partir de 2000 (base de dados disponível), diminuíram 1,1% no geral e, de forma mais pronunciada, nos CSAs ATC, PNM e BAR. Os resultados vão se refletir, em parte, na densidade de cargas poluidoras orgânicas potenciais: o acréscimo de carga orgânica ficou mais concentrado nos CSAs PNM e SM. |

Tabela15: Densidade demográfica, cargas poluidoras e cobertura da terra na BAT, por CSA

| Período             | Indicador                                       |                         | ATC       | SUZ        | SM           | PNM          | BAR          | ABC          | JQ         | Totais        |
|---------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| 1.991               | Área (Km2)                                      |                         | 768,30    | 729,60     | 408,20       | 327,60       | 2.058,70     | 685,30       | 848,00     | 5.825,70      |
|                     | População urbana (habs)                         |                         | 32.556,05 | 613.453,79 | 2.497.199,93 | 1.879.175,39 | 7.192.824,95 | 2.646.282,49 | 413.940,96 | 15.275.433,57 |
|                     | Dens. Demogr.(habs/Km2)                         |                         | 42,37     | 840,81     | 6.117,59     | 5.736,19     | 3.493,87     | 3.861,49     | 488,14     | 2.940,07      |
|                     | Carga pol. organ. potencial (KgDBO/.dia-1       |                         | 1.758,03  | 33.126,50  | 134.848,80   | 101.475,47   | 388.412,55   | 142.899,25   | 22.352,81  | 824.873,41    |
|                     | Densidade carga organ. potencial (KgDBO/dia/Km² |                         | 2,29      | 45,40      | 330,35       | 309,75       | 188,67       | 208,52       | 26,36      | 141,59        |
| 1993<br>(Hidroplan) | Carga pol. organ. Potencial (KgDBO/.dia-1       |                         | sd        | sd         | sd           | sd           | sd           | sd           | sd         | 824.873,41    |
|                     | Carga pol. organ. remanescente (KgDBO/.dia-1    |                         | sd        | sd         | sd           | sd           | sd           | sd           | sd         | 775.000,00    |
|                     | Coleta (%)                                      |                         | sd        | sd         | sd           | sd           | sd           | sd           | sd         | 64,00         |
|                     | Tratamento (%)                                  |                         | sd        | sd         | sd           | sd           | sd           | sd           | sd         | 18,00         |
| 2000                | População urbana (habs)                         |                         | 34.894    | 875.106    | 2.669.090    | 2.614.895    | 8.050.061    | 2.935.451    | 599.359    | 17.778.856    |
|                     | Dens. Demogr.(habs/Km2)                         |                         | 45,42     | 1.199,43   | 6.538,68     | 7.981,97     | 3.910,26     | 4.283,45     | 706,79     | 3.523,72      |
|                     | Carga pol. organ. potencial (KgBO/.dia-1        |                         | 1.884,29  | 47.255,75  | 144.130,85   | 141.204,31   | 434.703,28   | 158.514,36   | 32.365,38  | 960.058,22    |
|                     | Densidade carga organ. potencial (KgDBO/dia/Km² |                         | 2,45      | 64,77      | 353,09       | 431,03       | 211,15       | 231,31       | 38,17      | 190,28        |
|                     | Carga pol. organ. remanescente (KgDBO/.dia-1    |                         | 1.601,08  | 33.139,28  | 109.477,90   | 103.891,11   | 334.023,87   | 122.083,10   | 32.365,38  | 736.581,71    |
|                     | Coleta (%)                                      |                         | 40,00     | 67,70      | 81,00        | 84,00        | 76,00        | 83,00        | 54,00      | 78,00         |
|                     | Tratamento (%)                                  |                         | 19,00     | 37,30      | 55,00        | 33,00        | 49,00        | 10,50        | 0,00       | 34,00         |
|                     | Uso do solo<br>(base 2002)                      | Área construída, urbana | 5,1       | 110,80     | 207,7        | 213          | 719,60       | 262,9        | 91,6       | 1.610,70      |
|                     |                                                 | Vegetação               | 702,69    | 522,61     | 149,17       | 105,58       | 1.074,77     | 316,68       | 665,15     | 3.536,65      |
|                     |                                                 | Corpos de água          | 24,51     | 24,31      | 2,34         | 2,43         | 70,81        | 72,62        | 6,72       | 203,75        |
|                     |                                                 | Solo exposto            | 4,1       | 14,90      | 5,9          | 16,4         | 31,50        | 7,1          | 10,8       | 90,7          |
| 2010                | População urbana (habs)                         |                         | 40.570    | 981.086    | 2.813.380    | 2.751.221    | 8.955.471    | 3.141.502    | 743.884    | 19.427.114    |
|                     | Dens. Demogr.(habs/Km2)                         |                         | 52,81     | 1.344,69   | 6.892,16     | 8.398,11     | 4.350,06     | 4.584,13     | 877,22     | 3.334,73      |
|                     | Carga pol. organ. potencial (tDBO/.dia          |                         | 2.190,79  | 52.978,64  | 151.922,53   | 148.565,94   | 483.595,41   | 169.641,10   | 40.169,73  | 1.049.064,13  |
|                     | Densidade carga organ. potencial (KgDBO/dia/Km² |                         | 2,85      | 72,61      | 372,18       | 453,50       | 234,90       | 247,54       | 47,37      | 180,08        |
|                     | Carga pol. organ. remanescente (tDBO/.dia-1     |                         | 590,49    | 33.843,02  | 109.077,13   | 96.748,02    | 321.614,42   | 127.512,14   | 39.022,09  | 728.407,31    |
|                     | Coleta (%)                                      |                         | 83,00     | 79,00      | 81,00        | 84,00        | 78,00        | 87,00        | 61,00      | 80,00         |
|                     | Tratamento                                      |                         | 83,00     | 43,00      | 40,00        | 50,00        | 78,00        | 30,00        | 3,00       | 49,00         |
|                     | Uso do solo<br>(base 2010)                      | Área construída, urbana | 13,7      | 131,30     | 217          | 242,5        | 766,70       | 277,6        | 120,7      | 1.769,50      |
|                     |                                                 | Vegetação               | 700,26    | 539,97     | 122,17       | 101,50       | 1.142,76     | 315,18       | 672,98     | 3.594,81      |
|                     |                                                 | Corpos de água          | 42,51     | 28,68      | 4,31         | 1,60         | 77,58        | 72,28        | 8,39       | 235,35        |
|                     |                                                 | Solo exposto            | 11,5      | 29,50      | 7,5          | 25,4         | 67,10        | 9,7          | 47,7       | 198,4         |
| 1991-2010           | População (%)                                   |                         | 24,62     | 59,93      | 12,66        | 46,41        | 24,51        | 18,71        | 79,71      | 27,18         |
| 2002-2010           | Área Construída +Solo Exposto (%)               |                         | 60,53     | 25,82      | 8,89         | 2,20         | 16,31        | 0,00         | 38,91      | 0,09          |
| 2000-2010           | Redução da Carga Remanescente (%)               |                         | 63,12     | -2,08      | 0,37         | 6,88         | 3,72         | -4,26        | -20,57     | 1,11          |

Fontes: Elaborado por OLIVEIRA, a partir de CETESB (2000 e 2010), IBGE (1991, 2000, 2010), Sd - sem dados.



**Figura 63:** Cobertura da terra na BAT por CSA em 2002

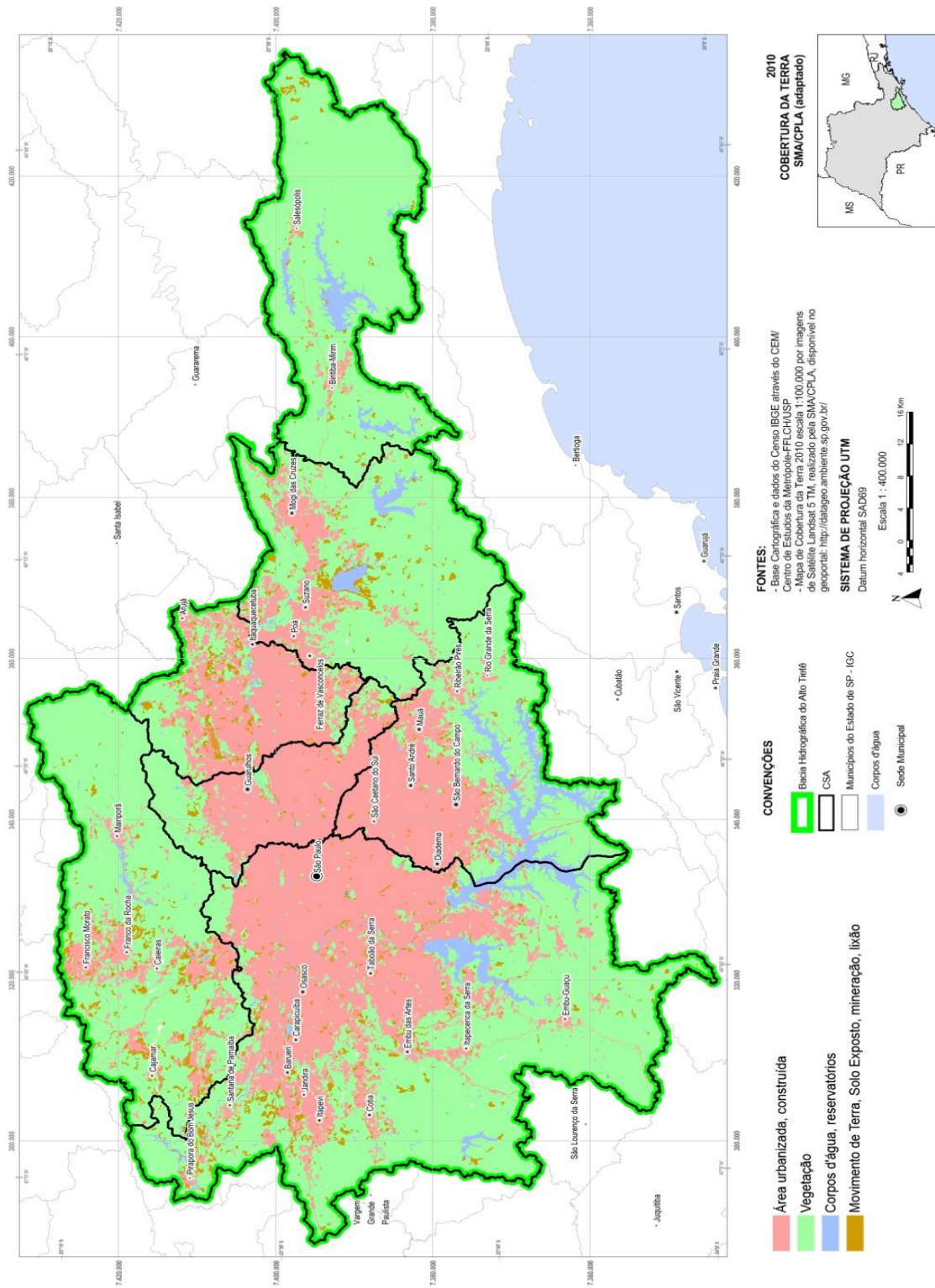


Figura 64: Cobertura da terra na BAT por CSA em 2010



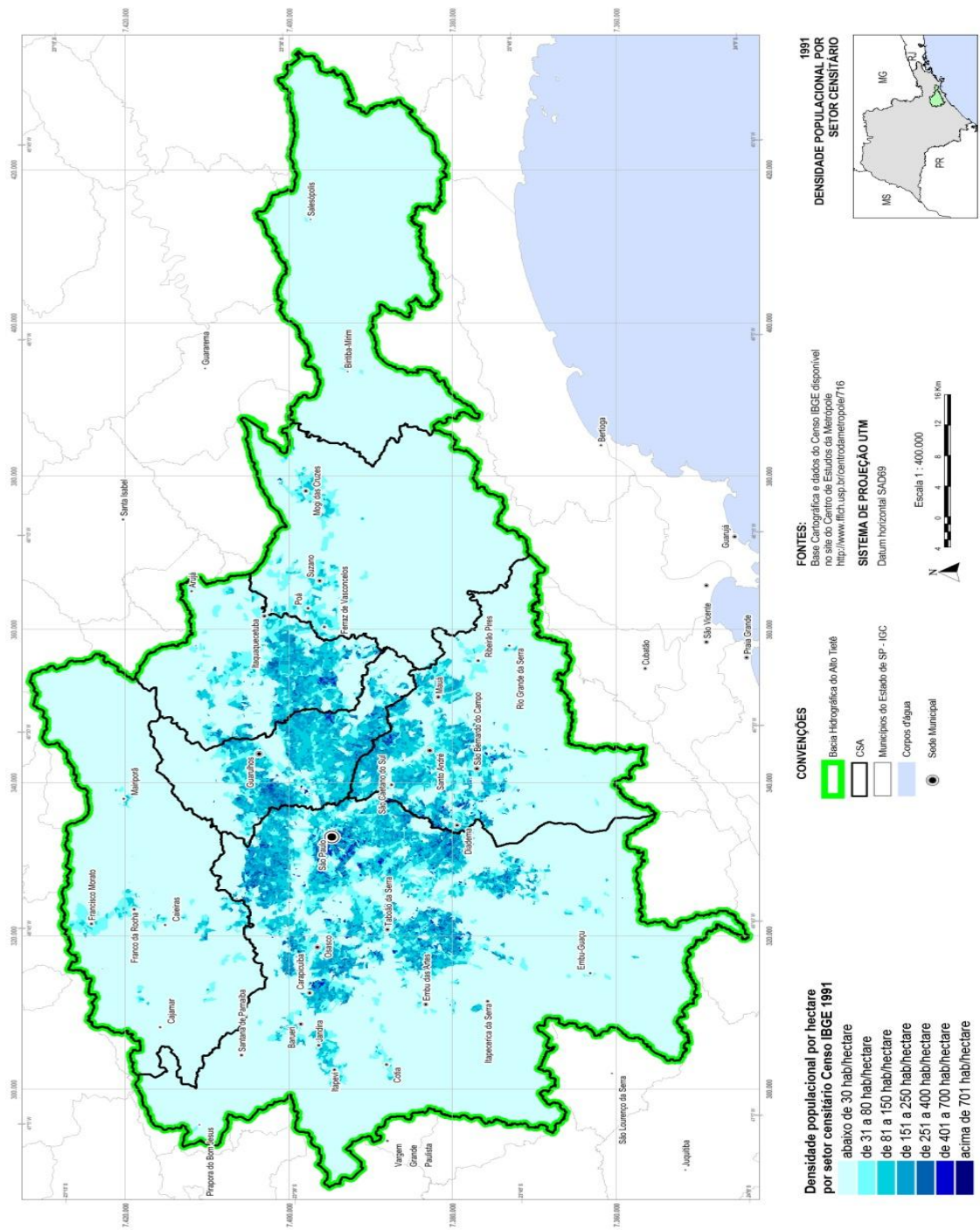


Figura 65: Densidade demográfica na BAT por CSA em 1991

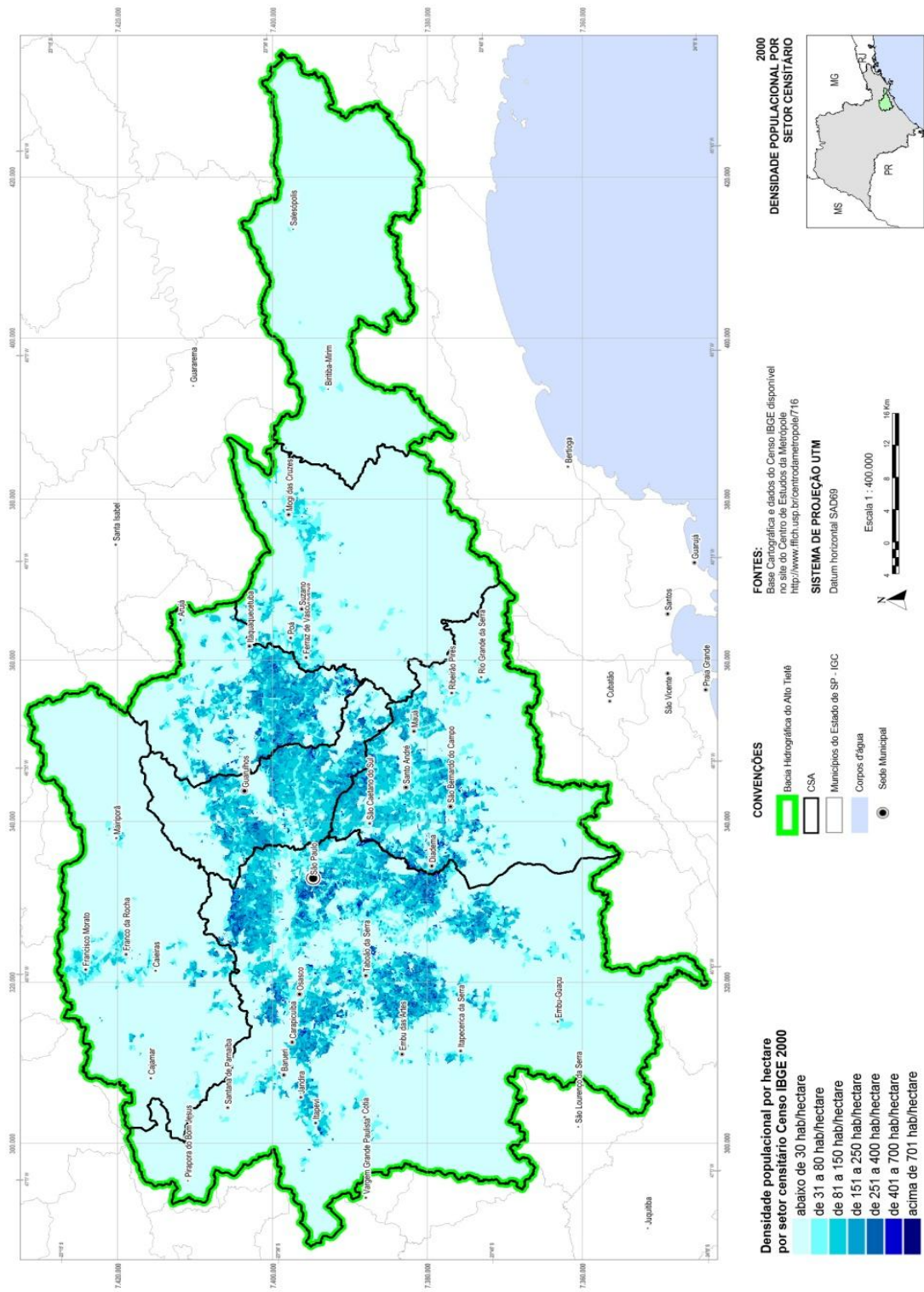
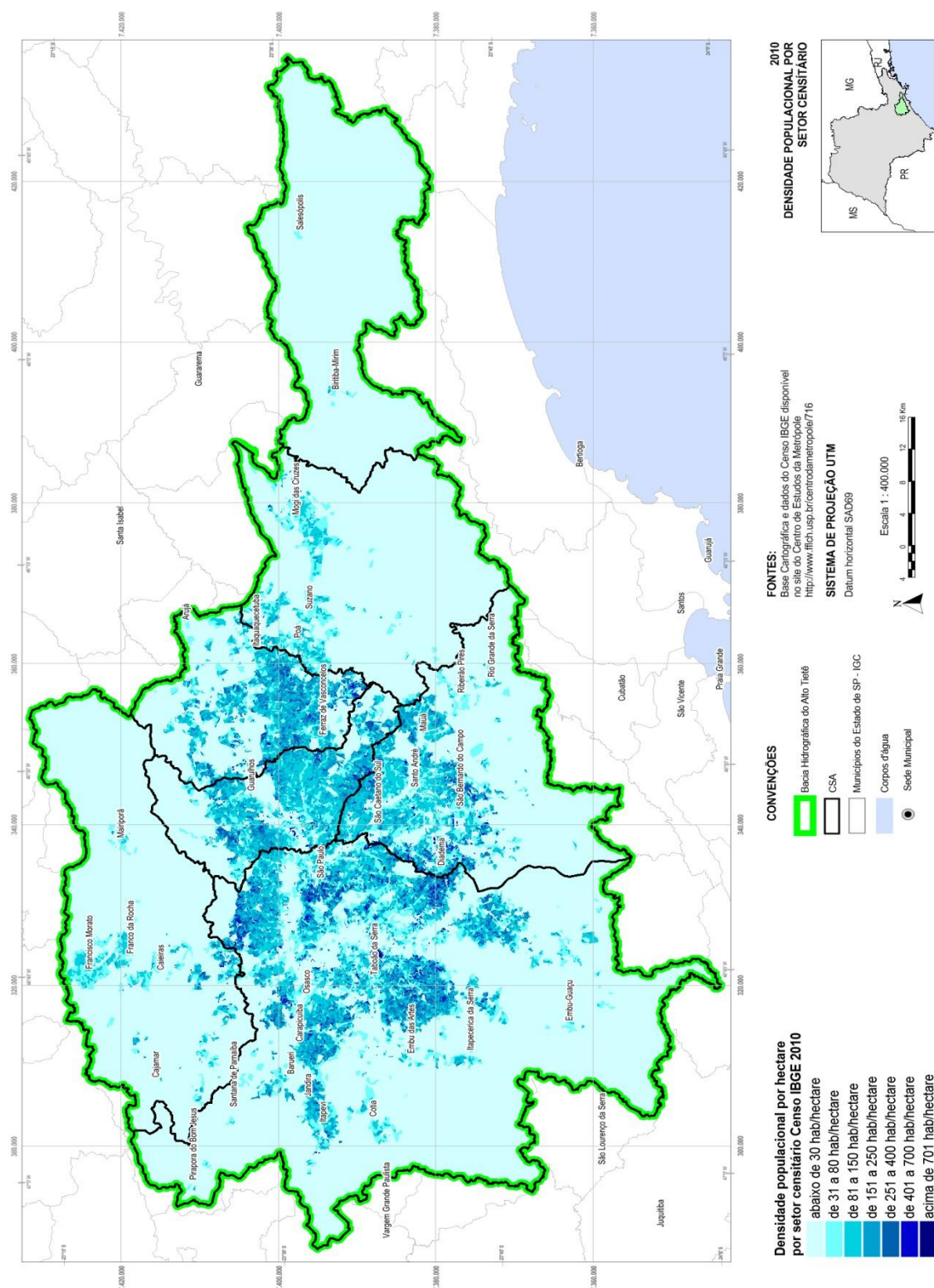


Figura 66: Densidade demográfica na BAT por CSA em 2000



**Figura 67:** Densidade demográfica na BAT por CSA em 2010

## 4.4. PROGRAMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO

### 4.4.1. Bacia do Alto Tietê

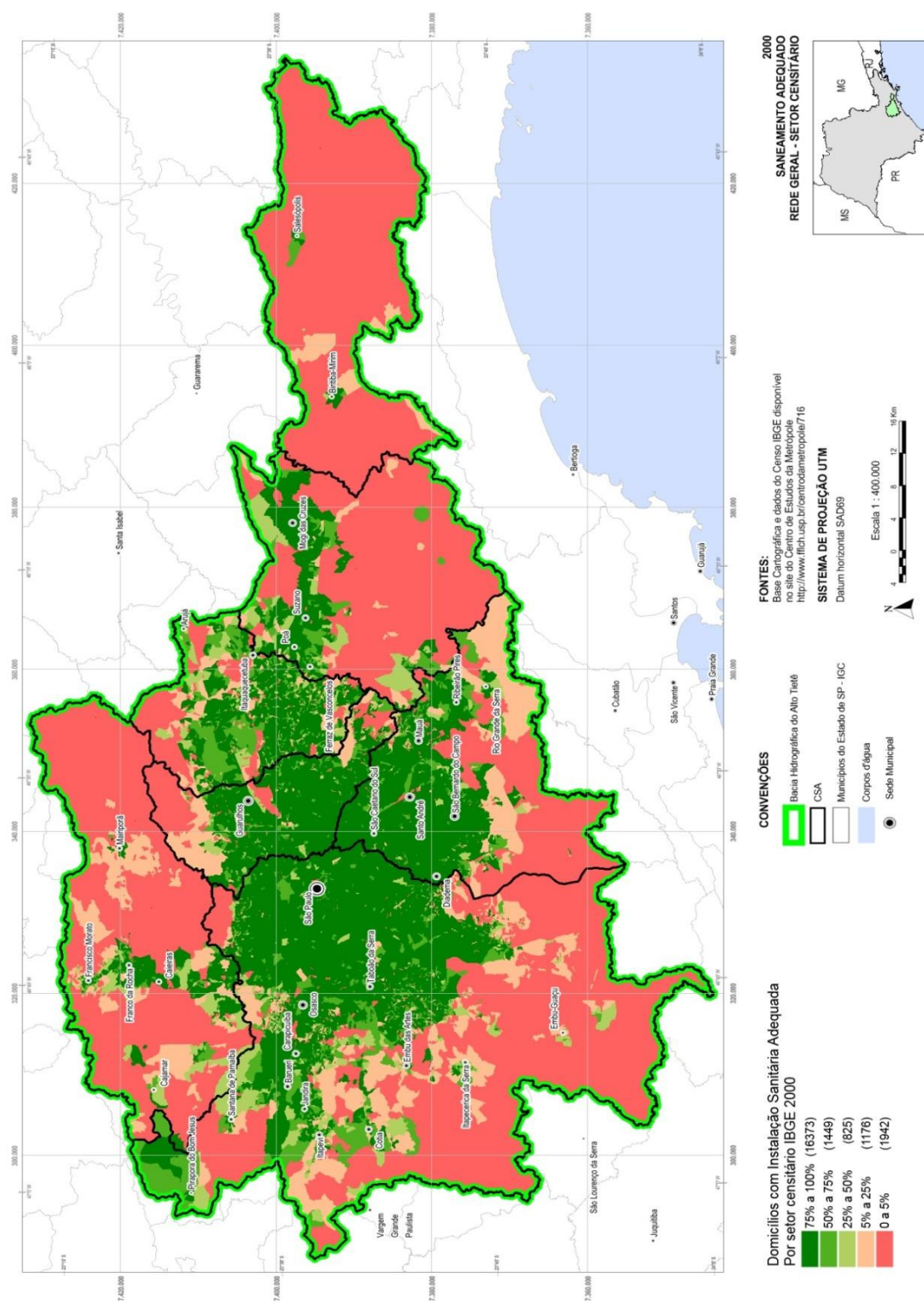
#### 4.4.1.1. Sistemas de esgotamento sanitário

Segundo dados do IBGE (1991, 2000 e 2010), os domicílios com instalação sanitária adequada (dotados de rede coletora e afastamento, sem considerar os locais de lançamento e nem o tratamento), se ampliaram em direção às regiões periféricas no período 2000 - 2010 (onde se obteve dados consistentes disponíveis), em particular nos CSAs PNM, SM e ATC e porções do CSA-BAR (Figuras 68 e 69).

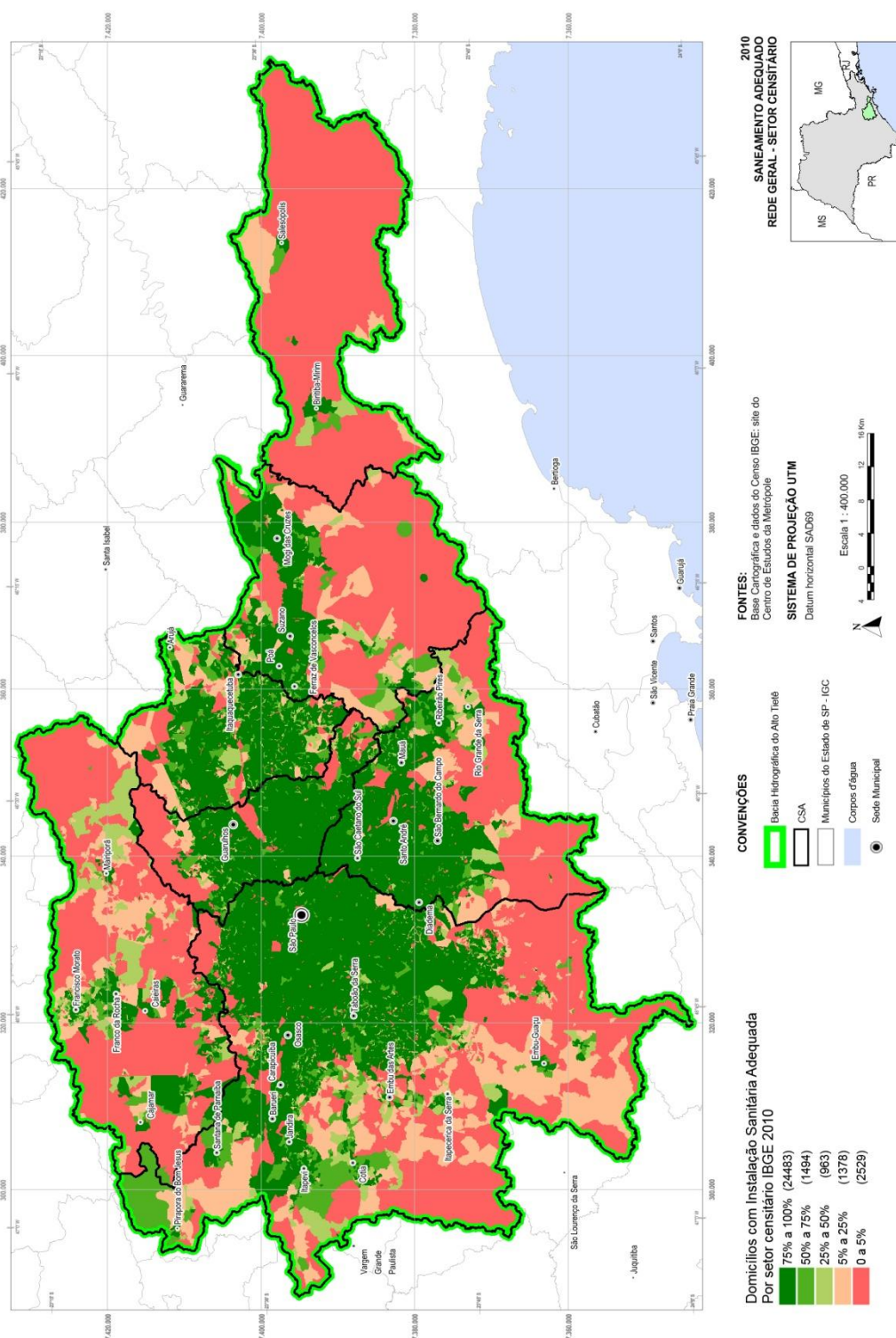
Os dados sobre tratamento de esgotos, baseados nas ETEs do Sistema Principal e nas maiores ETEs dos outros sistemas (Sistema Isolados e não operados pela SABESP), apresentou a seguinte evolução no período 1992 - 2013 (não se obteve os dados completos da série), demonstrada na Tabela 16 e Figura 70:

- A ampliação das vazões tratadas de 4,2 m<sup>3</sup>/s em 1992, dos quais 1,5 m<sup>3</sup>/s em nível primário (ETE-Pinheiros, desativada em 1999), para 17,6 m<sup>3</sup>/s em 2013, em nível secundário.
- As significativas ampliações de tratamento nas ETEs de Barueri e São Miguel, a partir de 2008, e a entrada em operação de sistemas não operados pela SABESP em Guarulhos (2011 e 2013) e Mogi das Cruzes (2008), no período em estudo.





**Figura 68:** Domicílios com instalação sanitária adequada na BAT por CSA em 2000

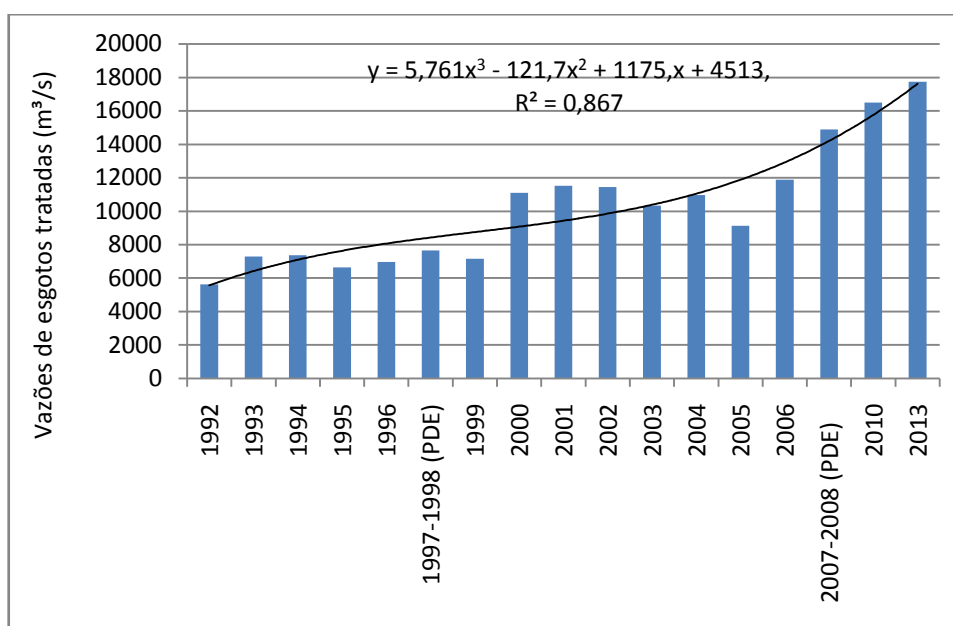


**Figura 69:** Domicílios com instalação sanitária adequada na BAT por CSA em 2010

Tabela 16: Evolução do tratamento de esgotos na BAT (ETEs do Sistema Principal, Sistemas Isolados e Sistemas Autônomos)

| SES                                    | Vazão Média Afluente esgotos (L/s)          |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       |                    |       |       |
|----------------------------------------|---------------------------------------------|------|------|------|------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
|                                        | Capacidade Nominal Projetada das ETEs (L/s) |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       |                    |       |       |
|                                        | 1992                                        | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997-1998<br>(PDE) | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004   | 2005  | 2006  | 2007-2008<br>(PDE) | 2010  | 2013  |
| CSA-ATC                                |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       | 55    | 55     | 55    | 55    | 270                | 270   | 270   |
| CSA-SUZ<br>Início:<br>1982             | 430                                         | 490  | 450  | 520  | 500  | 500                | 450   | 500   | 350   | 677   | 587   | 647    | 667   | 716   | 700                | 922   | 801   |
|                                        | 1500                                        | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500               | 1500  | 1500  | 1500  | 1.500 | 1.500 | 1.500  | 1.500 | 1.500 | 1000               | 1500  | 1500  |
| Outros<br>sistemas                     |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       | 230                | 230   | 230   |
| CSA-SM<br>Início:nov<br>de 2000        |                                             |      |      |      |      |                    | 500   | 500   | 600   | 629   | 585   | 648    | 598   | 612   | 800                | 807   | 955   |
|                                        |                                             |      |      |      |      |                    | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500  | 1500   | 1500  | 1500  | 1500               | 1500  | 1500  |
|                                        |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       |                    | 64    | 650   |
| CSA-PNM<br>Início:<br>junho de<br>1998 |                                             |      |      |      |      |                    | 1000  | 1100  | 1200  | 1519  | 1890  | 1945   | 1953  | 2135  | 2100               | 2481  | 2617  |
|                                        |                                             |      |      |      |      |                    | 2500  | 2500  | 2500  | 2500  | 2500  | 2500   | 2500  | 2500  | 2500               | 2500  | 2500  |
| CSA-ABC<br>Início:<br>junho de<br>1998 |                                             |      |      |      |      | 300                | 450   | 1500  | 1320  | 1489  | 1269  | 1122   | 1270  | 1395  | 1700               | 1830  | 1829  |
|                                        |                                             |      |      |      |      | 3000               | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000  | 3000   | 3000  | 3000  | 3000               | 3000  | 3000  |
|                                        |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       | 50                 | 50    | 50    |
| Outros<br>Sistemas                     |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       |                    |       |       |
|                                        |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       |                    |       |       |
| CSA-BAR<br>Início:<br>julho de<br>1988 | 3850                                        | 4290 | 4540 | 3960 | 4000 | 4400               | 4200  | 6500  | 6900  | 6310  | 5948  | 6541   | 6530  | 6969  | 9000               | 9797  | 10056 |
|                                        | 7000                                        | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 | 7000               | 7000  | 7000  | 7000  | 9500  | 9500  | 9500   | 9500  | 9500  | 9500               | 9500  | 9500  |
| Pinheiros:<br>Desativada<br>em 1999    | 1480                                        | 1500 | 1330 | 1190 | 1460 | 1500               | Desat | Desat | Desat | Desat | Desat | Desat  | Desat | Desat | Desat              | Desat | Desat |
|                                        | 1500                                        | 1500 | 1500 | 1500 | 1500 | 1500               | Desat | Desat | Desat | Desat | Desat | Desat  | Desat | Desat | Desat              | Desat | Desat |
| CSA-JQ                                 |                                             |      |      |      |      |                    |       |       |       |       |       |        |       |       | 41                 | 41    | 286   |
| Totais                                 | 5620                                        | 7290 | 7370 | 6650 | 6960 | 7660               | 7150  | 11100 | 11520 | 11447 | 10334 | 10.958 | 9120  | 11882 | 14891              | 16492 | 17744 |

Fontes de dados: HIDROPLAN (1995), CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT (2010), CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULT (2000), FUSP (2009), Prefeitura de Guarulhos (2015), Prefeitura de Mogi das Cruzes (2015), Informações obtidas pelo autor na SABESP por meio do Serviço de Informação ao Cidadão (SIC);  
Outros Sistemas: Sistemas Isolados operados pela SABESP e sistemas não operados pela SABESP



**Figura 70:** Evolução do tratamento de esgotos na BAT

A fim de subsidiar as análises das tendências de qualidade de água foram comparadas as vazões de esgotos tratadas, no período analisado, com a disponibilidade hídrica natural (vazões médias e de estiagem) de cada CSA. Os resultados apresentados na Tabela 17 são ilustrativos sobre a importância do processo de esgotamento sanitário – coleta, afastamento, tratamento, disposição final de esgotos – frente à distribuição espacial dos recursos hídricos, tanto na escala sub-regional (CSA) como macro regional (BAT).

**Tabela 17:** Relação entre esgoto tratado x disponibilidade hídrica por CSA

| CSA | Área (km <sup>2</sup> ) | Area acumul (km <sup>2</sup> ) | $Q_{CSA\ acum}$<br>(média natural<br>acumulada em m <sup>3</sup> /s) | $Q_{CSA\ ET}$<br>(Esgotos tratados<br>em m <sup>3</sup> /s) | $\frac{Q_{csa\ ET}}{Q_{csa\ acum}}$ (%) | $Q_{7,10\ CSA\ acumul.}$<br>(m <sup>3</sup> /s) | $\frac{Q_{csa\ ET}}{Q_{7,10\ csa\ acumul}}$ (%) |
|-----|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| ATC | 768,30                  | 768,30                         | 16,90                                                                | 0,27                                                        | 0,02                                    | 3,38                                            | 0,08                                            |
| SUZ | 729,60                  | 1.497,90                       | 30,76                                                                | 1,031                                                       | 0,07                                    | 6,15                                            | 0,17                                            |
| PNM | 327,60                  | 1.825,50                       | 36,66                                                                | 2,617                                                       | 0,44                                    | 7,33                                            | 0,36                                            |
| SM  | 408,20                  | 2.233,70                       | 44,01                                                                | 1,605                                                       | 0,22                                    | 8,80                                            | 0,18                                            |
| ABC | 685,27                  | 2.918,97                       | 13,23                                                                | 1,879                                                       | 0,14                                    | 2,67                                            | 0,70                                            |
| JQ  | 848,00                  | 3.766,97                       | 10,73                                                                | 0,286                                                       | 0,03                                    | 2,12                                            | 0,13                                            |
| BAR | 2.058,70                | 5.825,67                       | 103,82                                                               | 10,056                                                      | 0,28                                    | <b>20,76</b>                                    | 0,48                                            |
|     | <b>5.825,67</b>         |                                |                                                                      | <b>17,74</b>                                                |                                         |                                                 |                                                 |

Fonte: FUSP (2009)

Em termos operacionais, a pesquisa identificou:

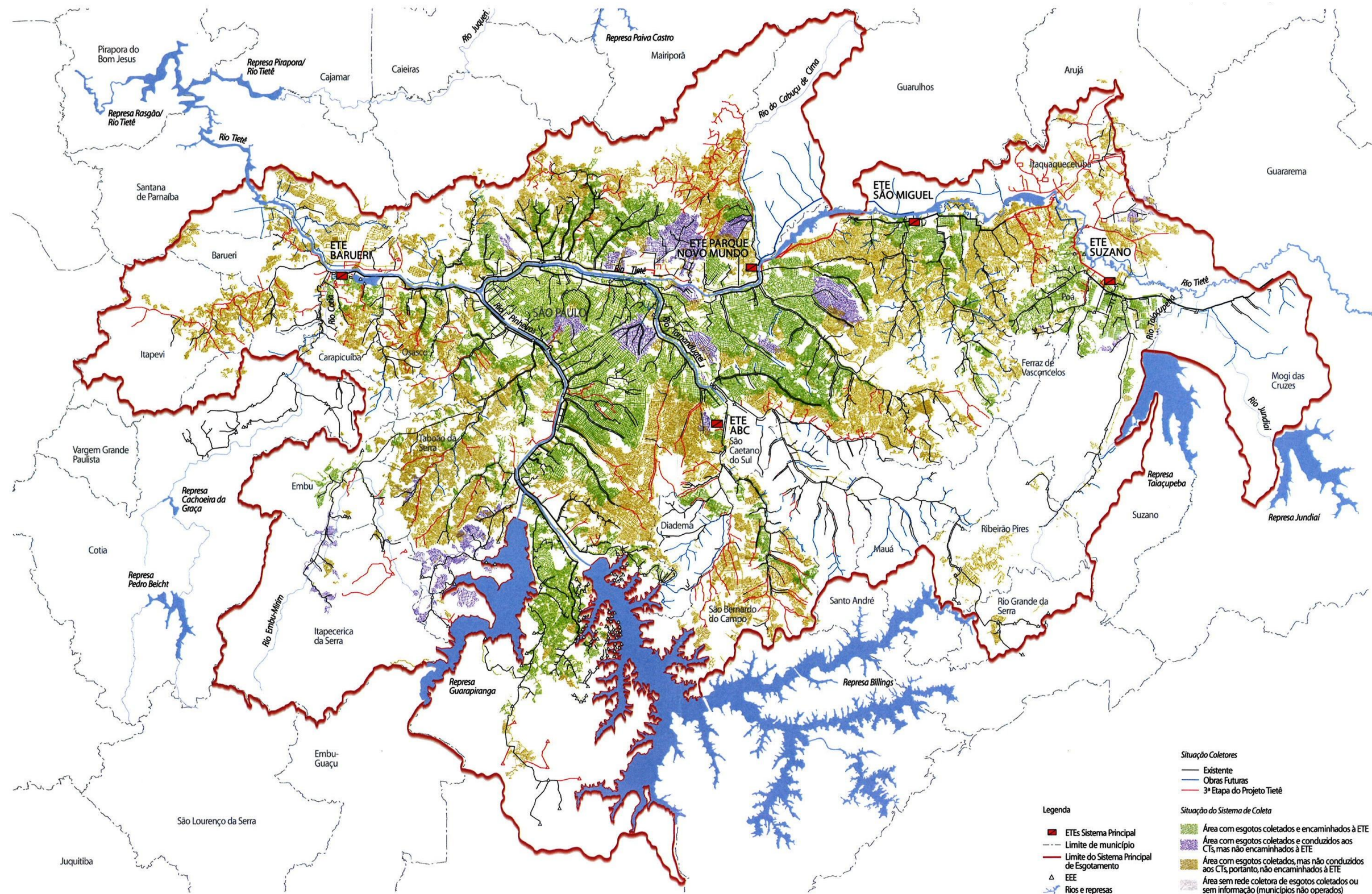
- As dificuldades do SP, no período analisado, em coletar e encaminhar as vazões potencialmente geradas de esgotos para nas ETEs, em cada bacia de esgotamento, conforme os dados da Tabela 17 e 18, visualizados na Figura 71. Ali se permite observar que as regiões mais afetadas são as “franjas” de todos os Compartimentos da BAT, em especial, os CSAs ABC, Suzano e São Miguel.
- O crescente número de extravasamentos anuais das redes de esgotamento sanitário dos municípios da bacia do Alto Tietê, segundo dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento: 54.484 extravasamentos/ano em 2010 com duração total de 1.124 h, contra 23.1629 extravasamentos/ano em 2000, (BRASIL, 2000 e 2010).
- O não atingimento da capacidade nominal das ETEs em grande parte do período, para todas as unidades, em especial para as ETE-ABC e a ETE-Suzano e, por outro lado, a sobrecarga a que parece estar submetida a ETE de PNM, a partir de 2013;

**Tabela 18:** Coleta, tratamento e afastamento de esgotos no Sistema Principal (2006)

| ETES (SP) | Esgoto coletado em relação ao potencialmente gerado (%) | Esgoto coletado que chega aos CT (%) | Esgoto tratado em relação ao encaminhado pelos CT (%) |
|-----------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| SUZ       | 59                                                      | 30                                   | 25                                                    |
| SM        | 77                                                      | 24                                   | 15                                                    |
| PNM       | 91                                                      | 39                                   | 33                                                    |
| BAR       | 78,5                                                    | 47                                   | 31                                                    |
| ABC       | 69                                                      | 14                                   | 14                                                    |

Fonte: FUSP (2009)





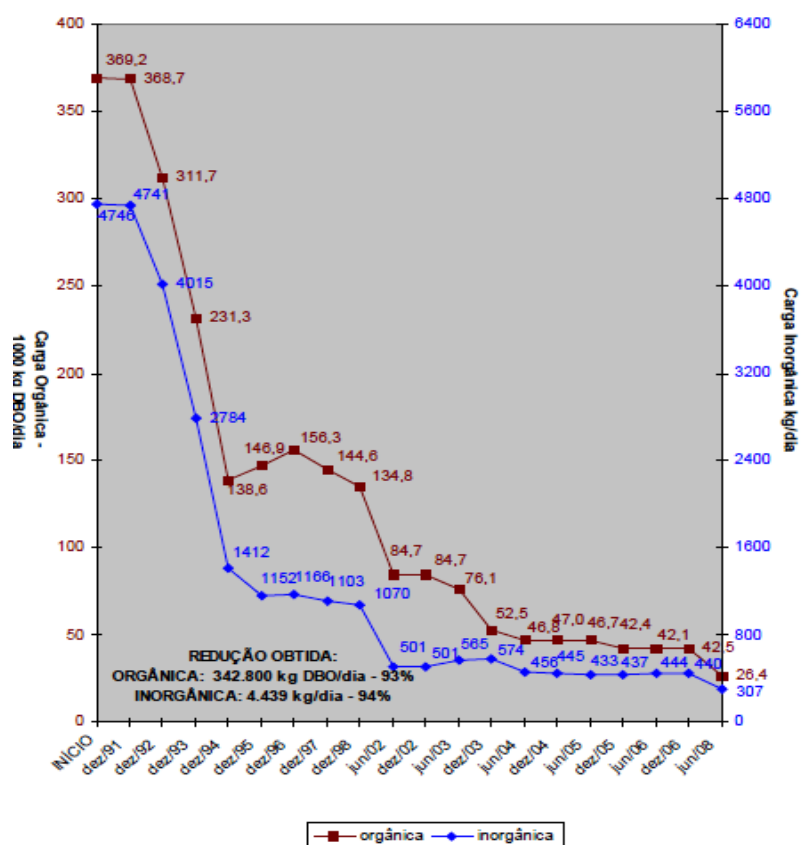
**Figura 71:** Situação do sistema de coleta de esgotos do Sistema Principal

**Fonte:** Extraído do PDE-2010 (COBRAP - CONCREMAT, 2010)



#### 4.4.1.2. Programa de Controle da Poluição Industrial

Os resultados do PCPI, sistematizados no relatório final publicado pela CETESB (2008), indicaram que 1.168 indústrias atenderam aos padrões legais de emissão por meio da instalação de unidades de tratamento e representaram uma redução de 95% da carga inorgânica (3635 kg/dia) – metais e íons cianeto e fluoreto – e 95% da carga orgânica (222.300 kg/dia), conforme pode ser visualizado na Figura 72.



**Figura 72:** Redução das cargas poluidoras industriais pelo Programa de Controle da Poluição Industrial (PCCI)

**Fonte:** extraído de CETESB (2008)

A distribuição de carga orgânica de origem industrial, por CSA, ao fim da 1ª etapa do PDT era a seguinte (Quadro 50):



**Quadro 50:** Atividades industriais por CSA ao fim da 1ª Etapa do PDT

| CSA | Nº Atividades Industriais<br>(ativas ao fim do PCPI) | Carga poluidora (%) |
|-----|------------------------------------------------------|---------------------|
| ATC | 10                                                   | 1                   |
| SUZ | 54                                                   | 39                  |
| SM  | 73                                                   | 16                  |
| PNM | 81                                                   | 1                   |
| BAR | 221                                                  | 22                  |
| ABC | 143                                                  | 18                  |
| JQ  | 12                                                   | 3                   |

Os valores remanescentes de carga poluidora orgânica na BAT passaram a ser os seguintes (CETESB, 2008):

- Carga orgânica industrial remanescente: 26,4 tDBO/dia.
- Carga orgânica doméstica remanescente: 702 t DBO/dia.
- Carga orgânica total remanescente na BAT: 728,4 t DBO/dia.

Cabe mencionar que outros fatores influenciaram no abatimento da carga industrial, além das ações de controle de poluição:

- Transferência de atividades para outro local, em geral no entorno metropolitano, seguindo o movimento de interiorização das indústrias e as mudanças no cenário econômico internacional.
- Encerramento de indústrias que representavam em torno de 29,5% da carga orgânica e 45,7% da carga inorgânica.
- Publicação do Decreto Estadual nº 47.397 de 04/12/2002 que introduziu a Licença de Operação Renovável, com prazo de validade de acordo com a tipologia industrial. Com base nesse instrumento legal, a CETESB solicita para determinados empreendimentos a apresentação de Planos de Melhoria Ambiental das empresas consideradas prioritárias, incluindo dados de qualidade dos seus efluentes (BID, 2009).

Visando melhor conhecimento da situação das cargas poluidoras orgânicas industriais, consultaram-se os estudos da Fundação Agência de Bacia do Alto Tietê (FABHAT, 2013) sobre cobrança dos usuários de recursos hídricos e os dados do cadastro de outorgas do DAEE (2015).

A primeira referência concluiu que a maioria dos empreendimentos, que são de pequeno e médio porte, lançam seus efluentes no sistema público ou estão licenciados pela CETESB para atender a condições transitórias de tratamento (artigo 19-A do Decreto Estadual nº 8.468/76), até a que o sistema público esteja disponível de acordo com as metas do PDT.

O cadastro de outorga do uso da água na BAT (2015) indicou que são lançados nos corpos de água da região, 2,7 m³/s de efluentes tratados, valor que segundo o estudo da FABHAT (2013), tem permanecido constantes nos últimos anos.

O modelo matemático contratado pela CETESB junto ao consórcio internacional de empresas (COBRAPE, 2005) estimou que as cargas industriais que aportam aos corpos receptores desde o final de 1998 na BAT, não ultrapassava 7% da carga total gerada na bacia.

#### 4.4.1.3. Resultados, desafios e gestão do processo de implantação do PDT

Entre os ganhos do PDT quanto ao Programa de Controle da Poluição Industrial (PCPI), a pesquisa identificou os seguintes aspectos:

- Definição de critérios de lançamento de efluentes pré-tratados pelas indústrias tanto no SES com tratamento, quanto diretamente nos corpos de água, segundo o enquadramento e qualidade e as metas de implantação do PDT.
- Fiscalização quanto à implantação do PDT, em geral, e quanto à disponibilidade do SES para coleta, afastamento e tratamento dos efluentes industriais.
- Estudo sobre fatores de emissão de atividades industriais consuntivas de água e geradoras de efluentes, em particular dos setores de papel e bebidas na BAT, visando definir medidas de racionalização do uso da água e minimização do lançamento de cargas poluidoras.

Os maiores desafios para a continuidade e aperfeiçoamento do PCPI na bacia do Alto Tietê estão na necessidade de maior articulação com o DAEE para tratar do reúso de efluentes e de usos mais sustentáveis de água pelas indústrias e a sistematização e tratamento dos dados das fontes poluidoras. Ambas as tarefas estão em curso e demandam ainda esforços importantes.

Embora não fosse objeto da pesquisa, cabe comentar que o arcabouço institucional metropolitano, incluindo as novas leis de mananciais, as alterações do Código Florestal e a gestão da micro e macrodrenagem, trazem desafios estratégicos para a gestão da metrópole, em particular para os programas de controle de poluição hídrica. A implantação e manutenção

das infraestruturas (muitas delas em fundo de vale) dependem da superação da fragmentação ações em inúmeros órgãos com organização e “peso” político, muito diversos.

Em relação às metas e os resultados alcançados pelo PDT, os dados Quadro 51 indicam que:

- Importantes avanços na coleta e tratamento de esgotos, nas partes mais centrais da BAT e o progressivo avanço para as regiões periféricas, embora as áreas compreendidas pelos CSAs SUZ e JQ e “franjas” dos demais CSAs somente sejam efetivamente atendidas por afastamento e tratamento nas 3ª e 4ª etapa do PDT.
- O abatimento da carga poluidora industrial, tal como citado neste item.
- A grande tarefa em melhorar as informações dos SI e sistemas não operados da BAT.
- As dificuldades no atendimento das metas estabelecidas de qualidade de água.

A evolução do SES, por CSA está representada na Figura 73.

Quadro 51: Metas e resultados das etapas do PDT

| Indicadores                               | Situação de partida<br>(1993) |           | ETAPA I                                                                            |                                              | ETAPA II                                                                                                                                                     |                                        | ETAPA III                                                                                                                           | ETAPA IV                                          |
|-------------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                           |                               |           | Dados da Etapa/Metas<br>(operados pela SABESP-SP e Isolados)                       | Resultados (1998)                            | Dados Etapa/Metas                                                                                                                                            | Resultados (2008)                      | Dados Etapa/Metas                                                                                                                   | Dados gerais                                      |
| Prazos                                    | ---                           |           | Aprovação: 17/12/1992;<br>Início das obras: 1993<br>Previsão de encerramento: 1995 | Conclusão: 1998                              | Aprovação: 20/10/1999;<br>Início das obras: 19/07/2000;<br>Previsão de encerramento: 2003                                                                    | Conclusão: 19/07/2008                  | Aprovação: em out/2009;<br>Assinatura em 03/09/2010<br>Elegibilidade: out/2010;<br>1º Desembolso: março/2011<br>Execução: 2011-2016 | 2014-2018 e universalização do saneamento em 2020 |
| Investimentos<br>(milhões US\$)           |                               |           | 900<br>450: BID<br>450: SABESP                                                     | 1.100<br>100: CEF<br>450: BID<br>550: SABESP | 400<br>200: SABESP<br>200: BID                                                                                                                               | 500<br>300: SABESP + BNDES<br>200: BID | 1.050<br>800 do BID<br>165 CEF/BNDES<br>85 AB/Loan                                                                                  | 2.000                                             |
| Ligações domiciliares<br>(uns)            | SP                            | 2.074.676 | Construir mais 250.000                                                             | 250.000                                      | Construir mais 290.000                                                                                                                                       | 570.000                                | Construir mais 200.000                                                                                                              |                                                   |
|                                           | Outros                        | 496.245   |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
|                                           | Total                         | 2.570.921 |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
| Redes (km)                                |                               |           | Construir mais 1500                                                                | 1400                                         | 960                                                                                                                                                          | 1.183                                  | 1250                                                                                                                                |                                                   |
| Coletores tronco (km)                     |                               |           | Construir mais 315                                                                 | 315                                          | Construir mais 110                                                                                                                                           | 157,4                                  | 580                                                                                                                                 |                                                   |
| Redes+Coletores tronco                    | SP                            | 14.186    |                                                                                    | 20.344                                       |                                                                                                                                                              | 21.742                                 |                                                                                                                                     |                                                   |
|                                           | Outros                        | 4.363     |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
|                                           | Total                         | 18.549    |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
| Interceptores (km)                        | 94                            |           | Construir mais 37                                                                  | 37                                           | Construir mais 78                                                                                                                                            | 38                                     | Construir mais 580                                                                                                                  |                                                   |
| Coleta (%)                                | Sistema Principal             | 66        | 70                                                                                 | 70                                           | 80                                                                                                                                                           | 75                                     | 87                                                                                                                                  | 100                                               |
|                                           | Outros                        | 24        |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
|                                           | Total                         | 64        |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
| Tratamento                                | (%)                           | 18        | 45                                                                                 | 24                                           | 55                                                                                                                                                           | 44                                     | 84                                                                                                                                  | 100                                               |
|                                           | (m³/s)                        | 7,29      | 18                                                                                 | 7,66 (1,5 primário)                          | 28,5                                                                                                                                                         | 14,89                                  | 52,4                                                                                                                                |                                                   |
| Carga poluidora reman.<br>(tDBO/dia)      | Urbana                        | 750       | 550                                                                                | 650                                          | 360                                                                                                                                                          | 707                                    | 115                                                                                                                                 |                                                   |
|                                           | Industrial (organ)            | 350       |                                                                                    |                                              |                                                                                                                                                              |                                        |                                                                                                                                     |                                                   |
|                                           | Industrial (inorgan.)         | 4         | 0,6                                                                                |                                              | 0,5                                                                                                                                                          |                                        | 0,1                                                                                                                                 |                                                   |
| Concentração de DBO<br>(mg/L) em Pirapora | 34,2                          |           |                                                                                    |                                              | DBO≤ 17,8                                                                                                                                                    | 27,7                                   | DBO≤ 10,9                                                                                                                           |                                                   |
| Concentração de OD<br>(mg/L)              | 0,0                           |           |                                                                                    |                                              | OD≥ 2 mg/l (vazão do mês crítico) em Pirapora<br>OD>5 mg/l no trecho crítico do rio Tietê (Parque Ecológico - Tamanduateí) em 2015, com vazão do mês crítico | 0,8<br>0,5                             | OD≥ 3,3 mg/l (vazão do mês crítico) em Pirapora                                                                                     |                                                   |

Fontes: CONSÓRCIO HIDROPLAN (1995), CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT (2010), CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULT (2000), CONSÓRCIO ENGIESAN (1989), CETESB (1998, 2000, 2008).

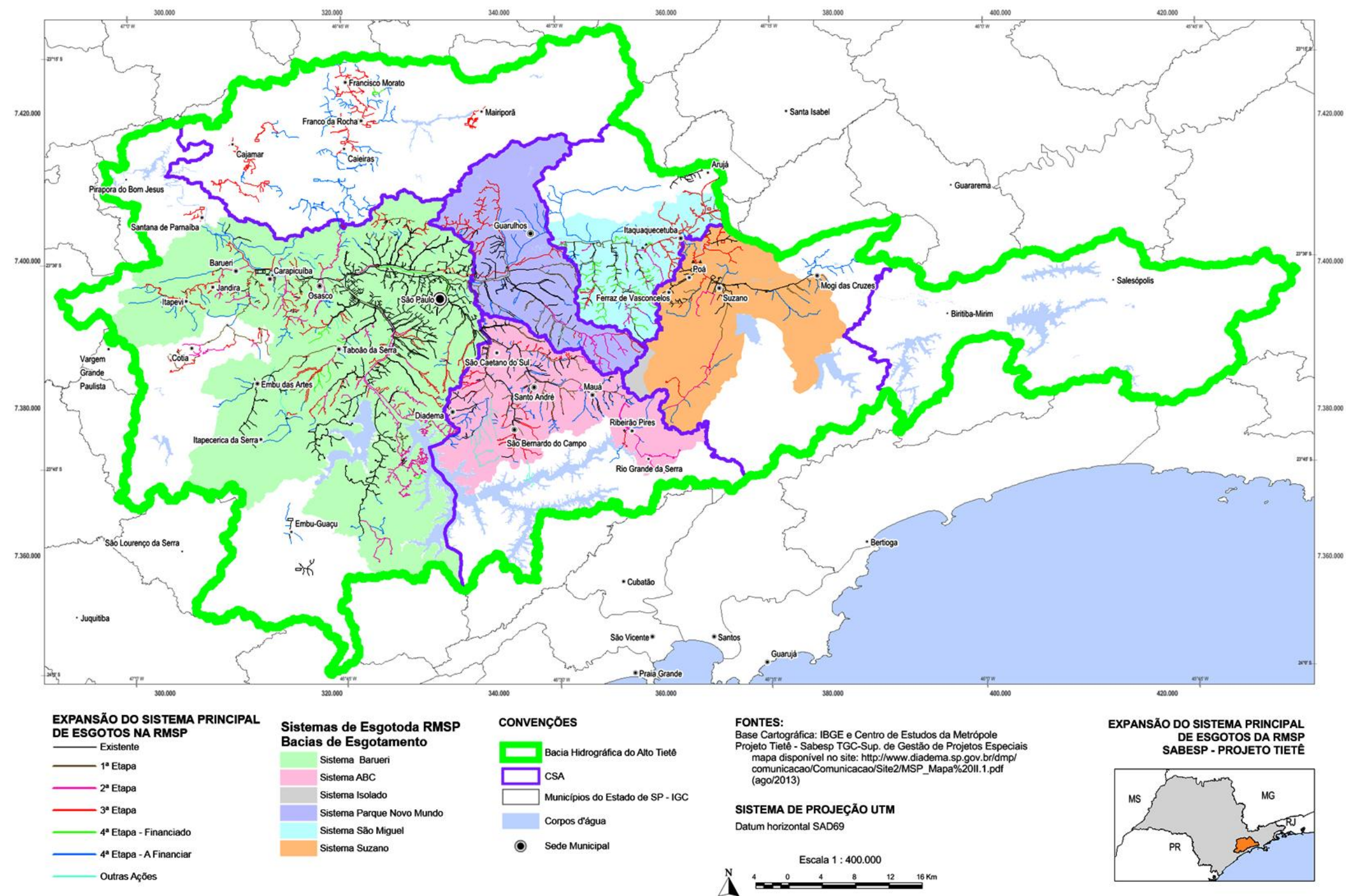


Figura 73: Situação atual e perspectivas de expansão do sistema Principal de esgotamento sanitário da BAT (por CSA)

As ações e investimentos nos demais programas de controle de poluição hídrica, particularmente nos reservatórios Billings e Guarapiranga foram brevemente comentados na Revisão Bibliográfica, mas não aprofundados, pois são objeto de estudos específicos quanto ao processo de implantação e avaliação da efetividade dos resultados alcançados.

Embora não tenha sido objeto desta pesquisa, uma análise da implantação do PDT quanto aos recursos financeiros investidos e os resultados alcançados, cabe comentar que, descontados as obras de uso múltiplo que foram apenas “agregadas” posteriormente, a pesquisa constatou que foram investidos desde 1993, de forma descontínua e lenta até 1998 e mais sistematicamente a partir de então, em torno de U\$ 1,7 bilhão (em torno de R\$ 4,8 bilhões nos valores atuais). Considerando que até o início da SANEGRA, a RMSP dispunha de 62% de coleta e 18% de tratamento dos esgotos coletados e que esse projeto logrou investir em torno de U\$ 890 milhões no período 1977 - 1982, o montante investido pelo PDT até 2008 foi considerável para alcançar 80% de coleta e 43% de tratamento em 2010.

Quanto ao processo de implantação/gestão do PDT, consultaram-se as declarações oficiais e da grande imprensa e os documentos das reuniões/apresentações ocorridas em instâncias como o CONSEMA, Comissões especificamente criadas para acompanhar o PDT, o CBH-AT, os relatórios sobre as revisões dos PDEs e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 1992 e 2009). Optou-se por apresentar os dados das duas últimas fontes pela sua importância na gestão dos recursos hídricos e nas políticas de controle de poluição hídrica da BAT.

O Comitê de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT) foi criado logo após o início das obras do PDT em 1994. Para avaliar a participação dessa instância, consultaram-se pouco mais de cem documentos entre atas e deliberações das reuniões plenárias e de outras instâncias (quando disponível) na rede mundial de computadores.

O resultado indicou que a maior parte dos temas tratados foram questões administrativas, projetos financiados pelo FEHIDRO, manifestações sobre licenciamento de empreendimentos, o PDMAT, além dos planos de bacia e os relatórios de situação. As principais referências encontradas sobre o PDT ou a situação do esgotamento sanitário da BAT, foram as seguintes:

- Planos de Bacia e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, mas sem proposição de estratégias de acompanhamento.
- Reuniões plenárias: apresentações e considerações sobre a situação dos esgotos metropolitanos nas reuniões de 14 de dezembro de 1994, 17 de julho de 1996, 30 de agosto de 1996, 5 de agosto de 1998, 3 de maio de 1999, 23 de agosto de 1999, 20 de

outubro de 2000 (quando houve uma detalhada apresentação da SABESP sobre o PDT), 14 de dezembro de 2000, 17 de setembro de 2002, 3 de abril de 2003, 30 de junho de 2003, 29 de setembro de 2004, 21 de outubro de 2005, 13 de abril de 2006, 29 de junho de 2006, 12 de março de 2010 e 21 de junho de 2013 (ambas do SCBH-Pinheiros-Pirapora).

Nas dezesete referências identificadas nas reuniões plenárias, a principal abordagem sobre o esgotamento sanitário se deu por meio da discussão dos projetos/programas de recuperação de mananciais, a elaboração da nova lei de mananciais e das leis específicas e da renovação da outorga do Cantareira.

Outros dois aspectos que chamaram atenção na pesquisa.

- O tema esgotamento sanitário na BAT/PDT esteve mais presente nos primeiros anos de funcionamento do CBH-AT.
- Não se identificaram iniciativas (grupos de trabalho, deliberações ou planos) sobre o tema acima citado, em especial a gestão do PDT.

Os dados da SABESP sobre os PDEs e os Relatórios do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 1992 e 2009) são outra fonte estratégica e pouco comentada pela sua importância histórica e reveladora das dificuldades e lições apreendidas em projeto tão complexo como o PDT.

A elaboração do “Relatório de Encerramento” da 2ª etapa do PDT se deu a partir de seminário de avaliação organizado pelo BID em 2008 (BID, 2009). Uma síntese dos pontos julgados relevantes encontra-se a seguir (BID, 2009):

a) Efeitos (da implantação)

O projeto atingiu as metas estabelecidas no contrato quanto à coleta e tratamento de esgotos. Porém não atingiu as metas de qualidade devido aos seguintes fatores: cargas difusas e regime operacional (hídrico) complexo do Alto Tietê.

b) Externalidades – Positivas

Atendendo às metas definidas, ocorreu a implantação do sistema de informação geográfica, do processo sistemático de licenciamento ambiental de fontes industriais pela CETESB e do programa de educação ambiental envolvendo parcelas da população, que além de informar os cidadãos sobre a adequada disposição dos resíduos sólidos fomentou a criação de 300 grupos de monitoramento da qualidade das águas do Rio Tietê.

c) Externalidades – negativas

Houve aumento do tempo de liberação de licenças ambientais para execução de obras programadas devido ao aumento das solicitações.

d) Sustentabilidade – Capacidade Institucional

Para garantir a sustentabilidade do PDT foi indicado que a SABESP deveria atuar no sentido de equacionar a execução de ligações domiciliares factíveis evitando a defasagem entre a execução das obras de redes coletoras, coletores-tronco e estações elevatórias para evitar a geração de “redes secas” e ligações clandestinas. Por outro lado, a CETESB deveria garantir a continuidade do processo de licenciamento renovável das fontes poluidoras industriais e cadastramento das informações, bem sucedido na 1ª e 2ª Etapas do PDT.

e) Monitoramento e avaliação – Informação e resultados

Os resultados das análises das variáveis de qualidade foram dificultados pela alta variabilidade das cargas presentes nos cursos de água, alterações no sistema hídrico da região, dificultando a obtenção de conclusões estatisticamente aceitáveis. Um aspecto positivo foi a medição de vazão do corpo de água simultaneamente à coleta de amostras.

f) “As lições aprendidas” na execução da 1ª e 2ª etapas

Entre as lições aprendidas na execução da 1ª e 2ª etapas foram destacados: a comunicação e apreciação das Agências Ambientais, Conselhos, Comitês e demais órgãos envolvidos sobre os planos da 3ª etapa, as necessidades de agilizar os processos de licenciamento ambiental, a programação dos pacotes para licenciamento considerando os subsídios das Audiências Públicas, a formação de grupos de acompanhamento – compartilhamento dos problemas e o encaminhamento de soluções e a informação da sociedade sobre o andamento do programa de controle da poluição industrial. Os resultados do controle da poluição hídrica dependem da cooperação e parcerias com as entidades governamentais envolvidas e com a sociedade em geral.

#### 4.4.2. Rio Tâmis na GL

##### 4.4.2.1. Gestão do processo de implantação dos PCPH



Fatores políticos e econômicos continuaram a “jogar peso” no século XX na continuidade das ações para recuperação e manutenção da qualidade do Tâmis na GL. Entretanto, isso se deu por razões e formas diferenciadas daquelas ocorridas no século XIX: inicialmente por meio de políticas sociais e investimentos na reconstrução nacional após as duas guerras mundiais e, posteriormente, por meio das políticas ambientais e de gerenciamento de recursos hídricos, a partir de 1963.

A gestão metropolitana na GL participou das iniciativas para a recuperação do Tâmis, mais ativamente com o Conselho da Grande Londres (GLC) até 1989 (incluindo a operação de ETEs), em que pese as disputas políticas com criação-extinção de entidades metropolitanas. A partir de então, os serviços passaram a ser administrados por empresas privadas como a Thames Water.

Embora o país tenha passado por forte movimento de privatização, a criação de mecanismos reguladores (para os serviços de saneamento e meio ambiente) possibilitou a continuidade nos investimentos para a melhoria e manutenção dos SES.

A atual Autoridade da Grande Londres (GLA), cujos membros são eleitos, tem participação ativa na elaboração dos planos de bacia e sub-bacias (Catchments) do Tâmis, em especial da elaboração-implantação do River Action Plan.

Outro fator estratégico é a definição de metas para implantação de sistemas de saneamento e de qualidade de água, a partir da publicação da DQA europeia com suas metas e penalizações. A sociedade civil tem longa história de convivência com o rio por meio de associações dos mais variados tipos. A pesca era, por exemplo, um importante setor econômico até meados do século XIX, suprimindo a GL com abundante quantidade de peixes. Hoje, embora faça parte das atividades turísticas, o setor ainda contribui com os esforços de manutenção da qualidade do rio.

Os movimentos ambientalistas cresceram de importância desde meados dos anos de 1960 e estão hoje entre os grupos mais ativos nas mobilizações sobre a importância do rio para a comunidade, em especial, no festival anual que celebra o Tâmis (HILL, 2013). A autora dá como exemplo as atividades do Thames 21 que incentiva as pessoas a adotarem trechos do rio, principalmente quanto à coleta de lixo e sobre sua importância ecológica.

#### 4.4.2.2. Desafios na gestão do Tâmis na GL

Apesar dos grandes investimentos realizados até agora, a gestão do Tâmis na GL enfrenta novos desafios relacionados com o crescimento da população, alterações físicas no rio e no

estuário, a demanda extremamente alta de água na bacia e os impactos das cargas difusas. Este último aspecto tem sido apontado como o mais preocupante, pois o sistema unitário implantado por Balzaguette funcionava bem sob condições estáveis de tempo seco: encaminhava os efluentes (esgotos mais drenagem) aos emissários e os lançava no estuário.

Com o passar dos anos, precipitações de intensidade cada vez menores (por exemplo, 2 mm) provocavam o transbordamento dos SES nos corpos de água e, principalmente, depois de fortes chuvas, o retorno dos esgotos inundando ruas e edifícios.

Para minimizar os constantes transbordamentos foi instalado sistema de alívio composto por 57 estruturas localizadas ao longo dos interceptores que transbordavam os volumes excedentes para os cursos de água londrinos, em especial, os rios Tâmesa e Lee (Figuras 74 e 75).



**Figura 74:** Estruturas de alívio para transbordamento das vazões do SES londrino nas grandes precipitações

**Fonte:** Thames Water, the Environment Agency, DEFRA and the Greater London Authority



**Figura 75 :** Detalhe de uma das estruturas de alívio lançando efluentes e águas de chuva no Tâmesa, em Londres

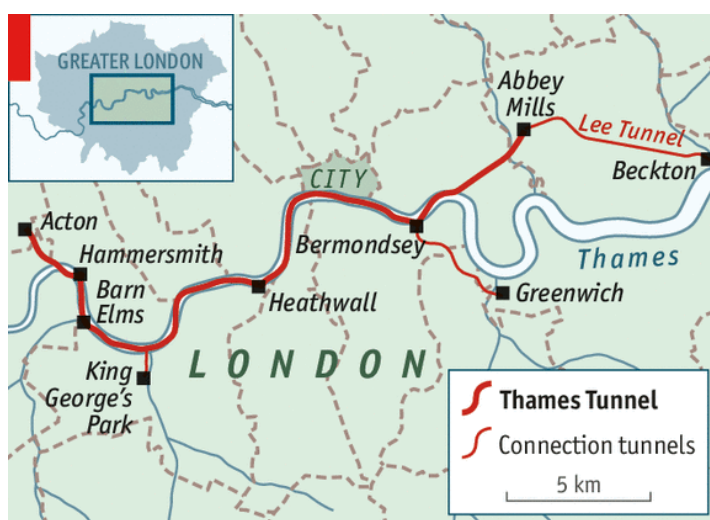
**Fonte:** Thames Water, the Environment Agency, DEFRA and the Greater London Authority

Outra medida foi a utilização de dois barcos, os “Thames Bubblers” (“Fazedores de bolhas do Tâmesa”) que injetam até 30 toneladas de oxigênio por dia nas águas do rio na GL (HILL, 2013).

As crescentes descargas de efluentes não tratados no Tâmesa, apesar das medidas tomadas, não impediram que a Inglaterra fosse objeto de autuações pela Comunidade Europeia pelos efeitos poluidores contrários às suas normativas ambientais e sanitárias.

Para analisar o problema e propor possíveis soluções foi criado em 2000 o grupo de estudos estratégicos do Tâmesa – “Thames Tideway”<sup>56</sup>. O resultado foi a aprovação de proposta submetida à discussão pública, pela construção do túnel que percorrerá o Tâmesa, por 25 km de Acton (região oeste de Londres), com 7 metros de diâmetro, conduzirá as águas de chuva e os esgotos para Abbey Mills e, por meio do túnel do rio Lee, com 7 metros de diâmetro e 6,5 km, para a ETE de Benckton, hoje a maior da Europa (Figura 76).

A implantação da proposta do “Thames Tideway” tem custo estimado em US\$ 6,6 bilhões e 10 anos de execução. A OFWAT realizou estudos sobre a necessidade de aumento das tarifas e concluiu que os 14 milhões de clientes da Thames Water em Londres vão sofrer um aumento de suas contas de US\$ 570 ao ano para cerca de US\$ 700 dólares nos próximos anos, para pagar os investimentos iniciais. Entretanto, o sistema ainda será de propriedade da empresa.



**Figura 76:** Thames Tideway Tunnel

Fonte: Extraído de <http://www.economist.com/news/britain/21618893-how-one-londons-greatest-achievements-may-soon-be-replicated-smelling-sweet>

<sup>56</sup>O estudo contou com a participação de instituições como, Thames Water, Agência Europeia do Ambiente, GLA, Defra e OFWAT (como observador).

Quanto aos recursos envolvidos na recuperação do Tâmbisa, os dados obtidos indicam que inicialmente houve investimentos mais volumosos, seguidos por etapas menos generosas, mas contínuos, conforme descrito a seguir <sup>57</sup>:

- 1856 - 1866: implantação do SES com investimentos em torno de £3.300 milhões, o equivalente à 6 bilhões de dólares em valores atuais.
- Períodos pós-guerra (1940 e 1950): inicialmente houve os menores investimentos devido ao esforço de reconstrução nacional e a necessidade de grandes investimentos em recuperar as infraestruturas destruídas.
- 1964 e 1984 implantação de duas grandes estações de tratamento de esgotos, no valor total de € 240 milhões (R\$ 760 milhões).
- Desde 1989: após a privatização da Thames Authority foram investidos £1bilhão de libras esterlinas (cerca de R\$ 5 bilhões).

Quanto às iniciativas para melhoramento dos sistemas implantados estão investimentos de £ 675 milhões para aperfeiçoar o tratamento das cinco ETEs Principais – Mogden, Beckton, Long Reach, Riverside e Crossness – incluindo o aumento de volume de tratamento visando diminuir os transbordamentos no Tâmbisa. Só as atividades de Crossness receberão £200 milhões para o tratamento adicional de 44% a mais de esgotos devido às enchentes que formam parte do “Thames Tideway”.

#### 4.5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

##### 4.5.1. Análise das tendências das variáveis de qualidade frente à situação dos sistemas de saneamento, à demografia e ao uso do solo

A análise espacial-temporal das variáveis de qualidade permite concluir para o CSA-ATC, (cabeceiras da BAT) que:

- A redução na carga orgânica remanescente, a maior da BAT em termos relativos, explicam a importante redução nos valores das variáveis Coliformes termotolerantes e Fósforo total e a estabilidade das variáveis OD e DBO<sub>5,20</sub> que atendem ao

---

<sup>57</sup> Houve consulta formal à Agência Ambiental sem conclusão até o final da elaboração da tese. Um aspecto que chama atenção é a sistemática limpeza realizada por barcos que percorrem o Tâmbisa de segunda a sexta-feira e retiram 30 toneladas de lixo por dia.

enquadramento em mais de 50% do tempo. Por outro lado, preocupa o fato de que essa região assistiu ao maior crescimento das taxas de solo exposto, área construída da BAT e 25% de sua população (em termos absolutos), devido ao movimento de expansão periférica da RMSP.

- É importante registrar a influência da sazonalidade nos valores das variáveis (Apêndice 4), em especial as variáveis Nitrogênio amoniacal total, Coliformes termotolerantes e principalmente OD. Essa constatação remete para os cuidados com o uso e manejo do solo e o regime de vazões da represa de Ponte Nova que joga papel importante na disponibilidade hídrica nessa região, com consequências a jusante.

Os valores das tendências no CSA-SUZ indicaram que, apesar do crescimento populacional (o maior em termos absolutos da BAT), as ações de saneamento na região, das quais se destaca a ampliação da coleta/tratamento de esgotos de Mogi das Cruzes a partir de 2011, contribuíram para a melhoria dos valores medidos no ponto TIET 03120 (com série histórica menor que os demais), em especial o OD, a manutenção das tendências para os valores das demais variáveis e a permanência dos valores de  $\text{DBO}_{5,20}$  em torno de 42% do tempo atendendo a classe 3.

Em relação ao CSA-ABC cabe comentar que:

- Houve tendência de melhora nos valores das variáveis sanitárias e também das relacionadas às atividades industriais, mais visível na série longa. Destacam-se OD, Fósforo total,  $\text{DBO}_{5,20}$ , os Fenóis totais – com medianas em torno de 0,05 mg/L, após terem atingido valores de até 4,9 mg/L – e o Zinco total.
- As principais razões foram o movimento de desconcentração industrial da região a partir de meados dos anos de 1970 e as ações de saneamento, incluindo o PCCI, no CSA-ABC e em parte do CSA-BAR. Entre essas últimas destaca-se a ETE-ABC que começou a operar em 1997 e aumentou sua capacidade nominal, de forma mais intensa, a partir de 2007.
- Ainda assim, os pontos TAMT 04500 e TAMT 04900 estão entre os “mais poluídos” da BAT, por causa da baixa efetividade do SES em coletar e afastar os esgotos até a ETE-ABC, em grande parte do período analisado.
- Outro fator explicativo para os resultados encontrados neste e nos demais pontos é a variável hidrológica, já que houve considerável aumento das precipitações medidas pela EM-MS a partir de 2007 (ano muito seco).

No que se refere ao CSA-PNM, os resultados indicaram que os pontos TIET 04170 e TIET 04180 apresentam os valores mais altos das medianas das duas séries históricas. Em que pese o aumento de tratamento de esgotos e a redução da carga poluidora remanescente, essa região apresentou o maior crescimento populacional e detém uma das maiores densidades de carga orgânica da BAT.

O CSA-BAR recebe todas as contribuições anteriores e será analisado pelo comportamento de seus pontos de monitoramento.

Embora esteja entre os pontos “mais poluídos quando analisado pelas medianas dos valores de suas variáveis, a bacia do Pinheiros, analisada pela série mais curta, apresentou estabilidade nos valores da maior parte das variáveis, no período. Esse comportamento deve-se à diminuição do aporte das cargas poluidoras devido à operação do emissário EM-1, desde novembro de 2007, removendo 2,0 m<sup>3</sup>/s de esgotos que eram lançados *in natura* nas bacias do Pinheiros e da Billings (330 L/s só desta última) e passaram a ser encaminhados para tratamento na ETE-Barueri (o que derrubou os valores das medianas e os valores máximos em mais de 70%). Ainda contribuiu para o abatimento de carga poluidora, a operação, embora de forma temporal e descontínua, do sistema de flotação no período de agosto de 2007 a dezembro de 2009.

O Ponto TIET 4200 também está entre os “mais poluídos” em relação aos valores das medianas das variáveis, entretanto, é interessante comentar o comportamento dos valores encontrados:

- Os testes de tendência apresentaram melhora nos resultados de quase todas as variáveis, mais visível na série mais curta.
- Esses resultados podem estar associados à melhoria nos valores do CSA-ABC, já que o ponto TIET 04200 se localiza no rio Tietê, a jusante do rio Tamandateí.

O ponto TIES 04900, à exceção da melhoria nos valores de OD, manteve a estabilidade nos valores das demais variáveis. Sua localização a jusante dos rios Pinheiros e Tamandateí e dos lançamentos da ETE-Barueri, pode influenciar o comportamento das variáveis, razão pela qual pode ser um importante indicador para as condições da água no CSA-BAR e para o Médio Tietê.

Os valores das variáveis no ponto JQRI 03800 apresentaram tendências de piora nos valores de todas as variáveis com resultados estatisticamente significantes. Os fatores contribuintes foram:

- A ampliação da carga potencial em relação à carga removida que representou variação negativa. Embora houvesse, no período, crescimento acentuado na coleta e tratamento

de esgotos em termos relativos, o esgotamento sanitário ainda está longe de intenso crescimento populacional do CSA (79%) bastante representativo do processo de crescimento periférico da RMSP. Não se observou, na escala do trabalho, impactos oriundos do crescimento da área construída e de solo exposto.

- A regulação do regime do rio Juqueri pelo Subcomitê de Bacia Hidrográfica do Juqueri-Cantareira (que gerou norma da Agência Nacional de Água), a partir de 2007, pode ter contido a piora mais acentuada nos valores das tendências.

O ponto TIPI 04900 representa a situação da BAT (já que não há contribuições importantes no ponto do exutório da bacia no ponto TIRG 04900), particularmente os efeitos das cargas poluidoras dos rios Tamanduateí e Pinheiros, do rio Tietê a montante e do rio Juqueri. Por outro lado, esse ponto também representa os efeitos do abatimento das cargas poluidoras ao longo do percurso entre Edgard de Souza e Pirapora e neste último (seja por depuração ou sedimentação) e ainda, as cargas poluidoras remanescentes da ETE-BAR, oriundas do tratamento dos esgotos.

Considerando o anteriormente exposto em relação ao comportamento das variáveis dos pontos de montante, os resultados dos valores das tendências em TIPI 04900 são coerentes, a saber:

- Ligeira tendência de piora nos valores, estatisticamente significantes, para a maior parte das variáveis, à exceção do OD que apresenta resultado de melhoria na série longa e estabilidade na série curta.
- Não apresenta os maiores valores das medianas, ou seja, não está entre os cinco pontos considerados mais poluídos da BAT (graficamente esse aspecto fica visível nos gráficos Box-Plot da análise espacial, no Apêndice 4).

#### 4.5.2. As interferências das variáveis hidrológicas

Os dados referentes aos estudos de caso na barragem da Penha e no reservatório de Pirapora indicam que os períodos mais secos (abril a setembro) contribuem tanto para a queda na qualidade quanto os períodos chuvosos (janeiro-março e novembro-dezembro), em que pese a atuação na carga difusa nestes últimos. Em relação às cargas difusas, os dados da investigação permitem afirmar que:

- As cargas difusas em tempo úmido compreendem as parcelas dos esgotos coletados e não encaminhados aos coletores tronco, somados àqueles que chegaram aos

coletores tronco e não chegaram às ETEs, tal como expresso nos PDEs (2002 e 2010) e visualizado na Figura 72 e resumido na Tabela 16. Outro fator contribuinte é o extravasamento de esgotos do SES para os corpos de água, durante os eventos de precipitação como atesta o crescimento em 100% do número de extravasamentos de esgotos dos SES dos municípios da BAT entre 2000 e 2010 (BRASIL, 2000 e 2010).

- Em vista do exposto anteriormente, a carga difusa em tempo seco, apesar de sofrer abatimento (por sedimentação e autodepuração) nos rios e córregos antes de chegar aos corpos de água principais, sofre o efeito das baixas disponibilidades hídricas e associam-se com as cargas poluidoras pontuais para contribuir com a queda no valor das variáveis de qualidade, particularmente nos CSAs com maior densidade de cargas orgânicas pontenciais.

O balanço anual entre a contribuição dessas cargas, somado a outros fatores é importante para o resultado final da avaliação de tendência nas variáveis de qualidade em cada trecho da BAT. A esse respeito, o modelo matemático desenvolvido pela CETESB (BID, 2005), estimou que carga difusa anualmente gerada na BAT estivesse em torno de 6% das cargas totais geradas. Por seu turno, os dados de SANTOS (2014) sobre a composição dos materiais presentes nos assoreamentos, (Quadro 9 da revisão bibliográfica desta tese), indicam que sua constituição é predominantemente inorgânica (embora as primeiras chuvas arrastem esgotos e resíduos sólidos que contribuem para aumento das cargas poluidoras).

As vazões também são fortemente afetadas pela sazonalidade das precipitações e, desde 1940, pelo regime hídrico da BAT, dado por um conjunto de regras operacionais cada vez mais amplos, compreendendo: regime de captações, lançamentos de efluentes, operação de reservatórios e “piscinões” (macrodrenagem). Os lançamentos representam, em alguns casos, parcela significativa das vazões disponíveis, como é o caso dos CSAs ABC, PNM e BAR o que afeta as condições de dispersão dos efluentes nos corpos de água.

#### 4.5.3. Síntese comparativa das estratégias de recuperação do rio Tâmbisa na GL e do rio Tietê na RMSP

A análise dos dados e a revisão bibliográfica indicam que há dois temas que não são devidamente explorados quando se comparam as estratégias de recuperação dos corpos de



água na BAT e na BTGL: os recorte temporais definidos para essa comparação e as características das metrópoles e de seus recursos hídricos.

Quanto ao primeiro tema, considerando-se os anos de 1866-1870 como marco da implantação inicial do SES com a ligação de grande parte dos londrinos ao sistema, o período 1945-1959 como do progressivo agravamento da concentração do OD (com emanção de gás sulfídrico próximo a Londres) e os anos de 1970 como os da recuperação com a volta dos peixes e outras espécies, foi constatado na revisão bibliográfica, que é comum se adotar os seguintes períodos: cem anos para a recuperação em relação a 1970 ou vinte e cinco anos em relação à 1945.

A conclusão desta pesquisa é que os citados períodos não consideram que as duas metrópoles, ainda que em períodos diferentes e em contextos diferentes, passaram por problemas semelhantes de forte adensamento populacional e crises de qualidade de água, enfrentados de maneiras diferentes, conforme expresso no Quadro 52.

**Quadro 52:** Síntese de elementos comparativos entre as estratégias de recuperação dos corpos de água na BAT<sup>58</sup> e na BTGL (continua)

| <b>Etapas</b>                       | <b>BAT</b>                                                                                                                                                                                            | <b>BTGL</b>                                                                                                                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | <b>1940 - 1960</b>                                                                                                                                                                                    | <b>1840 - 1890</b>                                                                                                                              |
| Coleta                              | População cresce de 1,5 milhão para 5,0 milhões. Houve ações da PMSP de ligar os esgotos à rede em 1950, em grande parte sem tratamento (em geral das áreas centrais em direção à periferia da RMSP). | População cresce de 1,0 milhão para 5,5 milhões e as obras da era vitoriana implantam o SES com ligação dos londrinos à rede até 1870           |
| Afastamento                         | Afastamento e lançamento no interior da própria BAT com a reversão, a partir de 1947, para a represa Billings e geração de energia elétrica no Sistema Light.                                         | Afastamento e lançamento na saída do estuário no mar do Norte                                                                                   |
| Tratamento                          |                                                                                                                                                                                                       | A partir de 1891, de forma descontínua, começa o tratamento químico para remoção de sólidos.                                                    |
|                                     | <b>1960 - 1970</b>                                                                                                                                                                                    | <b>1900 - 1955</b>                                                                                                                              |
| Crise de qualidade                  | A população cresce a altas taxas: 2,7 milhões de habitantes nos anos de 1950, 4,7 milhões nos anos de 1960 e 8,1 milhões de habitantes em 1970                                                        | A população cresce a altas taxas: passa de 6,0 milhões em 1900, 8,2 milhões em 1939 (seu maior valor em décadas) e chega a 8,1 milhões em 1950. |
|                                     | Queda acentuada de qualidade dos corpos de água metropolitanos durante esta década                                                                                                                    | Queda progressiva da qualidade desde o final dos anos de 1930, atingindo os piores valores de OD em 1949.                                       |
| Estratégias de recuperação 1ª Etapa | Contratados PDEs (G. Hansen, H. Sawyer, Hibrace, S. Integrada), mas implantação de tratamento primário em 1966-67 com as ETEs Leopoldina e Pinheiros (3 m³/s).                                        | Ampliação do SES, substituição de uma série de pequenas ETEs, por unidades maiores e mais eficientes e construção de novas unidades.            |
|                                     | <b>1970 - 1980</b>                                                                                                                                                                                    | <b>1955 - 1970</b>                                                                                                                              |
|                                     | População: chega a 12, 6 milhões de habitantes nos anos 1980.                                                                                                                                         | População: atinge 8,1 milhões de habitantes em 1955 e 7,5 milhões de habitantes no começo dos anos 1970.                                        |

<sup>58</sup> Cabe lembrar que o objetivo da pesquisa foi a avaliação de determinados PCPH. Outras importantes iniciativas de recuperação dos corpos de água foram citadas nos itens 2.2.4.3, no item 4.1.3 quando discutidas as novas abordagens sobre metas de qualidade de água, e estão comentados no Apêndice 1

**Quadro 52:** Síntese de elementos comparativos entre as estratégias de recuperação dos corpos de água na BAT e na BTGL (conclusão)

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estratégias de recuperação 2ª Etapa   | Mobilizações sociais levam ao questionamento da degradação ambiental na RMSP e o setor público (estadual-federal) cria o MINFRA-GESP em 1979: altera as regras operacionais do fluxo das águas na BAT e aprova a implantação da Solução Integrada, a seguir substituída pelo PDE-SANEGRAN.                                                                                                                                                                      | Os órgãos públicos, com apoio dos institutos de pesquisa, realizam estudos detalhados da região do estuário (1950 -1960) sobre aspectos ambientais, cargas poluidoras e vazões: definem diretrizes de saneamento e normas de controle de poluição, baseadas nos balanços de carga e saturação de OD (entre outros fatores), implantadas nos anos seguintes. Investimentos a partir de meados da década de 1955 para construção de novas ETES. O rio é decretado “revivido” por volta do final dos anos de 1970. |
|                                       | <b>1992 - 2013</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>1970 - 2013</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Estratégias de recuperação - 3ª Etapa | Revisão do SANEGRAN em 1989, aprovação e revisão periódica dos PDEs. Aprovação e implantação do PDT, a partir de 1992, com ampliação progressiva do sistema de coleta, afastamento (em termos parciais) e grande ampliação de tratamento em relação ao final da década de 1980. Definição pela SABESP de metas de implantação do PDT. Melhora inicial no valor de certas variáveis de qualidade e estabilidade nas tendências espaciais-temporais (desde 1998). | Melhora progressiva dos valores de variáveis de qualidade de água com eventos de mortandade de peixes e queda de OD, aumentando progressivamente, quando das médias precipitações. Recuperação de corpos de água urbanos em Londres por conta das Olimpíadas e construção do “Tideway Tunell” para tratar os transbordamentos do SES para 2020.                                                                                                                                                                 |
| Ações de pesquisa e gestão            | A formação de pessoal técnico e implantação de infraestrutura se deu já no final do século XIX. Os primeiros estudos teóricos e práticos ocorreram no âmbito da RAE e estão sistematizados nos Planos Diretores de Esgotos publicados até o SANEGRAN. As primeiras ações de gestão sobre a implantação do SES surgiram quando do licenciamento ambiental do PDT, no CONSEMA, e foram objeto inicial de discussão no CBH-AT                                      | A atuação da comunidade científica por meio de estudos detalhados sobre as causas e soluções da poluição do estuário se tornaram bases para as ações e normas posteriores. Por outro lado, o atendimento às metas da DQA tem mobilizado o processo de elaboração do Planos de Bacia, por regiões hidrográficas (“Catchments”), dentro das grandes bacias e a formação de redes de entidades visando a resolução do problema das cargas difusas e a recuperação dos ecossistemas hídricos londrinos              |

Quanto ao segundo tema, foram sistematizados alguns dados na Tabela 19 que demonstram que as duas regiões são bastante críticas em termos ambientais:

- Os valores de vazão – média e na estiagem – são muito parecidos entre as duas regiões, embora a precipitação na GL seja a metade da BAT. Daí, os textos consultados enfatizarem os controles de captação a montante de Tedington e do lançamento de efluentes na região estuarina do Tâmesa.
- A densidade de carga na GL é um pouco maior pelo grande adensamento populacional em área muito menor, em particular nos anos de 1940, quando a população da GL atingiu em torno de 8 milhões de habitantes. Considerando o recorte territorial utilizado na bacia do Alto Tietê, os valores da GL correspondem aos CSAs, PNM e SM onde essa densidade também é elevada.

**Tabela 19:** Características ambientais da BAT e da GL

| <b>Características</b>                                | <b>BAT</b> | <b>TGL</b> |
|-------------------------------------------------------|------------|------------|
| Área (km <sup>2</sup> )                               | 5868       | 1572       |
| Precipitação média anual (mm)                         | 1.500      | 700        |
| Vazão média (m <sup>3</sup> /s)                       | 84,0       | 83,6       |
| Vazão de estiagem (m <sup>3</sup> /s)                 | 20,0       | 19,8       |
| Carga poluidora Potencial (CPP) (kgDBO/dia) em 2010   | 1.049.064  | 442.260    |
| Densidade de CPP (KgDBO/dia.km <sup>2</sup> ) em 2010 | 180        | 281        |

Os dados analisados e a revisão bibliográfica ainda permitem as seguintes conclusões:

- No caso inglês, adotou-se a estratégia de coletar, afastar e lançar os esgotos no estuário (durante pelo menos 20 anos sem nenhum tratamento). No caso paulista, perdeu-se oportunidade de agir no início do adensamento da metrópole e ainda se adotou estratégia oposta ao caso inglês: coletar parcialmente e lançar os esgotos dentro da própria área metropolitana, particularmente para atender aos interesses de geração de energia, desde o começo do século XX até o encerramento do SANEGRA em meados dos anos de 1970.
- Os estudos científicos sobre a situação sanitária (desde o século XIX) e posteriormente sobre as causas da poluição da BTGL (a partir do final do século XIX) foram e são até hoje estratégicos para formular e implementar políticas sociais e de recuperação da qualidade das águas do Tâmesa. No caso paulista, embora a história registre a contínua formação de pessoal técnico nas universidades, *pari-passu* os maiores centros internacionais (desde a RAE, passando pela Faculdade de Saúde Pública e a Escola

Politécnica), esse processo não fecundou as elites dirigentes.

## 5. CONCLUSÕES

A pesquisa teve por objetivo geral avaliar os resultados obtidos com a implantação dos programas de controle da poluição hídrica no processo de recuperação da qualidade das águas do rio Tietê, na bacia do Alto Tietê, no período 1998 - 2013. Como objetivos específicos, a pesquisa visou ampliar o conhecimento sobre a influência de outros fatores interferentes nas tendências espaciais e temporais das variáveis de qualidade de água e avaliar as possíveis contribuições da experiência de recuperação do rio Tâmis para o caso paulista. As perguntas que orientaram a pesquisa foram as seguintes:

Qual a contribuição dos programas de controle de poluição hídrica nas tendências espaciais e temporais das águas do rio Tietê, no período 1998 - 2013? Quais têm sido essas tendências, ou seja, a qualidade das águas do rio Tietê melhorou? Quais lições podem ser aprendidas para o caso paulista, com a bem-sucedida experiência de recuperação do rio Tâmis em Londres?

Para o desenvolvimento da pesquisa foi criada uma unidade territorial específica elaborada com apoio de técnicas de geoprocessamento, o Compartimento Sanitário – Ambiental. Sua delimitação levou em conta as bacias de drenagem dos esgotos, tendo como eixo central o Sistema Principal da SABESP, e os pontos da rede de monitoramento de qualidade da água da CETESB localizados ao longo do rio principal que drena cada Compartimento em seu exutório.

Os dados dos programas de controle de poluição hídrica e de outros fatores interferentes foram tratados, por Compartimento, em 14 pontos de monitoramento no interior desses, para 11 variáveis de qualidade dos corpos de água, representativas de fontes industriais e de outras contribuições (pontuais e difusas urbanas), em dois períodos: 1986 - 2013 (visando subsidiar período anterior ao início das obras) e 1998 - 2013 (definido nos objetivos da tese, visando abranger o período após a conclusão da 1ª etapa do Tietê).

As análises estatísticas exploratórias – verificação de normalidade e sazonalidade dos dados por meio de testes paramétricos e não paramétricos – prepararam a base de dados para as análises de tendência espacial e temporal do comportamento das variáveis.

Os resultados indicaram que a maioria das variáveis apresentou comportamento não -normal e forte influência da sazonalidade para a maior parte das variáveis em um grande número de pontos, o que justificou a escolha de testes estatísticos de tendência não - paramétricos e sazonalmente ajustados.

Em termos espaciais, os pontos representativos do Compartimento Alto Tietê Cabeceiras (TIET 02050 e TIET 02090) foram aqueles que apresentaram os melhores valores das variáveis de qualidade, mas demonstraram preocupação quanto às pressões antrópicas (crescimento periférico da metrópole). O ponto TIET 03120, representativo do Compartimento Suzano, é o “divisor de águas” da BAT por representar a transição em termos de uso do solo e fontes de poluição: a partir dele, o rio Tietê apresenta degradação dos valores da maior parte das variáveis. Os demais pontos, embora apresentem acentuada degradação da qualidade nos valores da maior parte das variáveis em relação aos valores legais, apresentam valores de tendências espaciais-temporais que chamam atenção. No caso do OD, houve melhora em quase todos os Compartimentos (menos o Juqueri). No Compartimento ABC, houve melhora nos valores de todas as variáveis, tanto em termos espaciais quanto temporais, com resultados estatisticamente significantes. Nos demais Compartimentos foram constatadas variações levemente positivas nos valores de Nitrogênio amoniacal total e estabilidade, ou pequenas variações (positivas e negativas) nos valores das outras variáveis. Os resultados da pesquisa indicaram que entre as causas prováveis desse comportamento, está o tratamento das águas do rio Pinheiros por flotação, o regime pluviométrico e, principalmente, as melhorias no esgotamento sanitário e controle da poluição industrial trazidas pelo PDT que foram responsáveis, no período 1991 a 2010, pela ampliação da coleta de 64% para 80% e do tratamento de 18% a 49% (em relação ao coletado) e de remoção de carga poluidora industrial – em torno de 95% da carga industrial e inorgânica e orgânica – em especial, no Compartimento ABC. Quanto à carga orgânica dos efluentes domésticos (período 2000-2010) houve redução de 1,1%, em um cenário de intenso crescimento populacional (em torno de 2,2 milhões habitantes).

Por outro lado, a pesquisa comprovou também a hipótese que os programas de controle de poluição hídrica tiveram problemas em sua implantação e operação, com destaque para coleta e afastamento dos esgotos até as ETEs, que não permitiram a consolidação e expansão da recuperação dos corpos de água da BAT.

A pesquisa ainda identificou que os problemas apontados crescem de importância na avaliação dos desafios e perspectivas de recuperação da qualidade da água quando associados a outros fatores, tais como, extravasamentos de esgotos dos sistemas de esgotamento sanitário, adensamento populacional, grande concentração de carga poluidora nos Compartimentos centrais da bacia.

Quanto à influência das variáveis hidrológicas, estudo de caso para a barragem da Penha e o reservatório Edgard de Souza, indicou que a variável  $DBO_{5,20}$ , quando analisada como carga

em vez de concentração, tem variações sazonais menos pronunciadas indicando a influência da carga difusa. Entretanto, não fica evidente a contribuição desta última na piora da qualidade dos corpos de água, conforme várias referências consultadas na pesquisa. Os resultados das análises de tendência no citado estudo de caso também são afetados quando os valores das concentrações são ajustados pela vazão dos corpos de água.

O tamanho da série de dados também comprovou sua importância metodológica, tal como previsto nas referências bibliográficas: as conclusões sobre o comportamento das variáveis de qualidade tornaram-se mais claras quando analisados pelos resultados obtidos com a série mais longa (1986 - 2013) frente àqueles obtidos com a série mais curta (1998 - 2013).

As análises gráficas, em especial a Regressão Não Paramétrica e a distribuição acumulada empírica, ajudaram a visualizar o comportamento geral e a distância dos valores das variáveis em relação a valores meta, sejam os legalmente definidos, sejam os escolhidos no trabalho, gerando subsídios para discussão de metas de enquadramento sub-regionais.

No que tange aos resultados da experiência de recuperação do Tietê e do Tâmis, a pesquisa concluiu que embora o processo de constituição e de apropriação das águas da RMSP e da GL seja distinto, as duas regiões metropolitanas sofreram explosivo crescimento urbano – industrial e demográfico. Entretanto, no caso inglês, a opção foi coletar e afastar os esgotos da região leste e centro de Londres para a região oeste onde eram lançados no mar, diferente da experiência paulista que os coletava e lançava dentro da própria RMSP.

A continuidade do processo no caso inglês, embora afetado pela paralisação e deterioração parcial das estruturas do SES causadas por duas guerras mundiais, foi seguida de etapas de recuperação e aperfeiçoamentos contínuos que começaram a se consolidar em meados do século XX, marcados por três aspectos fundamentais, ou seja: i) estudos detalhados sobre as causas da degradação do Tâmis promovidos pelo Departamento de Pesquisa Industrial e Científica (1964); ii) definição de metas de qualidade da Diretiva Europeia, cujo cumprimento é obrigatório; iii) a contínua mobilização social, nascida nos fins do século XIX, na esteira do movimento sanitário, e a “adoção” do rio pelos ingleses, a partir de meados da década de 1970.

No caso paulista, constatou-se que o grau de excelência técnica que atingiu o setor de saneamento paulista em estudos e pesquisas, formação de pessoal técnico preparado (desde os tempos da RAE) e a implantação de uma considerável infraestrutura considerando as dimensões da RMSP, não foi acompanhado de mecanismos de gestão e participação social.

Em termos institucionais, a pesquisa indicou que as políticas metropolitanas, desde meados da década de 1970, concentraram-se nas ações dos órgãos públicos e a política de saneamento,



em especial, na política da empresa de saneamento que majoritariamente detém as concessões na RMSP, a SABESP.

A discussão dos problemas metropolitanos nascida da histórica mobilização social dos fins da década de 1970 com a crítica ao SANEGRA, embora tenha seu grande momento nos anos de 1991 com o Projeto de Despoluição do Tietê, quando foi objeto de discussão pública, aprovado por licenciamento ambiental e acompanhado com participação inicial do CONSEMA, a continuidade de sua implantação teve reduzida participação do Comitê de Bacia, de seus Subcomitês e só mais recentemente das prefeituras mediante os mecanismos de regulação.

Assim, tanto os ganhos político-institucionais do PDT, como os atrasos e problemas apontados (na revisão bibliográfica e na discussão dos resultados da pesquisa), ficam mais concentrados na SABESP, quando deveriam envolver as instâncias regionais e os municípios que estão elaborando seus Planos Municipais de Saneamento, ainda não devidamente incorporados nas políticas regionais e de gerenciamento de recursos hídricos.

A pesquisa concluiu que a principal lição do caso inglês para a experiência paulista é a importância estratégica do processo de elaboração, aprovação e gestão do poder público inglês, antes do que fatores tecnológicos. Esses mecanismos implantados desde meados do século XIX foram complementados e aperfeiçoados pelo setor privado já em meados do século XX, entretanto, sob estrito controle regulatório, ambiental e social.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Entre os desafios colocados para consolidar e expandir o processo de recuperação da qualidade, a pesquisa identificou os seguintes temas estratégicos:

- a) Definir metas para a evolução do SES da bacia do Alto Tietê, considerando a implantação e manutenção das estruturas, que sejam claras, socialmente discutidas, ambiental e economicamente factíveis;
- b) Atrelar as metas de evolução do SES à melhoria de qualidade da água por unidade territorial da BAT - tal proposto nessa tese com o Compartimento Sanitário Ambiental - baseada em análise de tendências espaciais e temporais das variáveis, de forma a não gerar expectativas quanto a resultados muito rápidos ou passageiros;
- c) Ampliar a participação, o monitoramento ambiental e social nesse processo, sem a preocupação de buscar modelos ótimos de governança metropolitana, mas atentando para as possibilidades colocadas pelos diversos arranjos institucionais existentes, em especial, buscando o maior envolvimento dos municípios. Nessa linha, incorporar os Planos Municipais de Saneamento e de Resíduos Sólidos na agenda de prioridades para detalhar metas e responsabilidades na recuperação da qualidade dos corpos de água da bacia do Alto Tietê.

Para tais desafios, a pesquisa recomenda, entre outras, as seguintes iniciativas:

- a) Construir bases de dados mais detalhadas por unidade territorial da BAT, em especial os dados hidrológicos e de regime operacional das estruturas (reservatórios, “piscinões”). Ao mesmo tempo, consolidar as bases de dados existentes sobre saneamento, encontrados em várias fontes, nem sempre de acesso fácil ao público, em que pese a importante tarefa de consolidação realizada pela FABHAT.
- b) Ampliar o conhecimento sobre a história dos lançamentos de efluentes como variável explanatória, considerando que as concentrações das variáveis nos corpos receptores são influenciadas não somente pelos lançamentos no momento em que ocorrem, mas pelo regime desses lançamentos (variações horárias, diárias, sazonais), as condições de tratamento e dispersão dos efluentes. Esse aspecto cresce de significado, considerando que os lançamentos representam na BAT, em alguns casos, parcela significativa das vazões disponíveis.
- c) Promover a utilização de ferramentas como a modelagem matemática hidrodinâmica de

qualidade de água, tal como o modelo desenvolvido pela CETESB com apoio do BID, que levem em conta as variações no regime hídrico e nas de vazão e lançamento.

- d) Revisar o tratamento dos esgotos domésticos no SES metropolitano, conforme já destacado nos planos de esgotos de meados da década dos anos de 1950, com o objetivo de:
- Evitar a concentração de cargas poluidoras nos pontos para onde serão encaminhados os esgotos e a diminuição da disponibilidade hídrica na região de onde eles são retirados com consequências para a capacidade de assimilação da carga poluidora pontual e difusa nas bacias mais densas em população, ou ainda, nas bacias sujeitas a regimes operacionais específicos como a bacia do Pinheiros que poderá exigir técnicas adicionais de tratamento na calha do próprio rio.
  - Minimizar o aumento dos custos e o tempo de implantação devido as distâncias a percorrer e os crescentes problemas urbanos.
  - Ampliar os Programas de Melhoria Ambiental nos processos de licenciamento ambiental da CETESB, em especial, para as atividades produtivas que realizam lançamentos em corpos de água.

## REFERÊNCIAS

ABREU, R. M. **Metodologia para reclassificação dos corpos d' água**: Relatório 1 - Histórico da classificação existente. São Paulo: CETESB, 1985.

ÁGUAS CLARAS DO RIO PINHEIROS. História. Disponível em: <<http://aguasclarasdoriopinheiros.org.br/rio-pinheiros/historia/>>. Acesso em: nov. 2014.

ANDREWS, M. J. Thames Estuary: pollution and recovery. In: SHEEHAN, P. J. (Ed.). **Effects of pollutants at the ecosystem level**. Londres: John Wiley & Sons Ltd., 1984. Disponível em: <[http://dgc.stanford.edu/SCOPE/SCOPE\\_22/SCOPE\\_22\\_2.2\\_Andrews\\_195-228.pdf](http://dgc.stanford.edu/SCOPE/SCOPE_22/SCOPE_22_2.2_Andrews_195-228.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

ANDRIGUETTI, E. Revisão do plano diretor de esgotos da região metropolitana. In: REUNIÃO EXTRAORDINÁRIA DO COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Ata da reunião**. São Paulo: SABESP, 2000.

ARAÚJO, M. F. et al. Principais alterações no espaço urbano da metrópole entre 1970 e 1989. **São Paulo no Limiar do Século XXI**, Fundação SEADE, São Paulo, v. 6, p. 13-41, 1989.

ARAÚJO, M. F. I. Reestruturação produtiva e transformações econômicas: região metropolitana de São Paulo. **São Paulo Perspec.**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 20-30, jan. 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-88392001000100004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392001000100004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 jul. 2015

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal**. New York: Marcel Dekker, 1981.

ARMELIN, L. F. **Estudo do comportamento dos resíduos sólidos veiculados pelos rios urbanos junto aos vertedores de entrada de reservatórios de controle de cheias**. 2011. 240p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ATTRILL, M. J. **A rehabilitated estuarine ecosystem**: the environment and ecology of the Thames Estuary. New York: Springer Science+Business Media, 1998.

A VISION OF BRITAIN THROUGH TIME. Portsmouth: University of Portsmouth, c2009-14. Disponível em: <[http://www.visionofbritain.org.uk/atlas/nat\\_data\\_theme\\_page.jsp?data\\_theme=T\\_POP](http://www.visionofbritain.org.uk/atlas/nat_data_theme_page.jsp?data_theme=T_POP)>. Acesso em: dez. 2015.

BAENINGER, R. Crescimento e população na região metropolitana de São Paulo: desconstruindo mitos do século XX. In: KOWARIC & MARQUES (Org). **São Paulo: novos percursos e atores**. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 53-57.

BALLANTINE, D. **Water quality trend analysis for land and water New Zealand website**: advice on trends analysis. Hamilton: National Institute of Water & Atmospheric Research Ltda, march 2012. 30 p. Disponível em: <<http://www.niwa.co.nz/freshwater/management-tools/water-quality-tools/analysis-of-water-quality-trends>>. Acesso em: jul. 2014.

BAUER, M. K. et al. **Methodologies for determining trends in water quality data**. Final report. Prepared for Industrial Environmental Research Laboratories. North Carolina: USEPA, jul.1984.

BBC - The British Broadcasting Corporation. **In pictures: the sewers of London**. Disponível em:  
<[http://news.bbc.co.uk/local/london/hi/people\\_and\\_places/history/newsid\\_8993000/8993921.stm](http://news.bbc.co.uk/local/london/hi/people_and_places/history/newsid_8993000/8993921.stm)>. Acesso em: jan. 2015.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Despoluição do Rio Tietê**. I Etapa – Saneamento Básico. Washington: BID, 1992.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Modelo matemático do alto e médio Tietê, na região metropolitana de São Paulo**: Relatório Síntese, R-6 – Projeto ATN/JC – 7807 – BR. São Paulo: BID, 2005.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Relatório de término de projeto – PCR (BR 0265)**. Washington: BID, 2009.

BISWAS, A. *Quo vadis, mundo da água?* In: BINDÉ, J. (Org.) **Fazendo as pazes com a Terra**: qual o futuro da espécie humana e do planeta? Brasília: UNESCO/Editora Paulus, 2010. p. 53-60.

BLACK, M. The experience of the first sanitary revolution: are the lessons for today's global sanitation crisis? **Waterlines**, Bourton-on-Dunsmore, Practical Action Publishing, v. 27, n. 1, p.7, jan. 2008. Disponível em: <[www.practicalactionpublishing.org](http://www.practicalactionpublishing.org)>. Acesso em: out. 2014.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **CLBR** de 1934 e retificado em 27.07.34. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)>. Acesso em: maio 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Comitê Especial e Executivo do Acordo Minas e Energia e Governo do Estado de São Paulo. **Diretrizes para o aproveitamento dos recursos hídricos na região metropolitana de São Paulo**. São Paulo, 1985.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 164 p. Disponível em:  
<<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=103>>. Acesso em: ago. 2014.

BUGARELLI, R. Em 5 anos, rios da Grande São Paulo só pioram. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 01 abr. 2012. Cidades/Metrópoles.

CARDOSO, E. D.; ZVEIBIL, V. Z. (Org.). **Gestão metropolitana**: experiências e novas perspectivas. Rio de Janeiro, Ibam, 1996.

CARNEIRO, P. R. F.; BRITTO, A. L. de P. Gestão metropolitana e gerenciamento integrado dos recursos hídricos. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 11, n. 22, p. 593-614, jul/dez

2009. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/5941>>. Acesso em: ago. 2010.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade de águas interiores no estado de São Paulo 2009** (relatório na internet). São Paulo: CETESB, 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicações/relatórios>>. Acesso em: nov. 2010.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade de águas interiores no estado de São Paulo 2010** (relatório na internet). São Paulo: CETESB, 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicações/relatórios>>. Acesso em: nov. 2011.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade de águas interiores no estado de São Paulo 2013** (relatório na internet). São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicações/relatórios>>. Acesso em: nov. 2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Controle de poluição das águas: diretrizes políticas**. São Paulo: CETESB, 1984.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Metodologia para reclassificação dos corpos d'água**: relatório 1 – histórico da classificação existente. São Paulo: CETESB, ago. 1986, p. 10.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade de águas interiores no estado de São Paulo 1998** (relatório na internet). São Paulo: CETESB, 1999. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicações/relatórios>>. Acesso em: dez. 2013.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade de águas interiores no estado de São Paulo 2000** (relatório na Internet). São Paulo: CETESB, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicações/relatórios>>. Acesso em: nov. 2010.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Projeto Tietê**: relatório de acompanhamento (relatório na Internet). São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/publicações/relatórios>>. Acesso em: out. 2011.

CHAPMAN, D. **Water quality assessments**: a guide to use of biota and water in environmental monitoring. 2ª edition. London: World Health Organization, 1996. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality)>. Acesso em: mar. 2009.

CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modeling**. New York: McGraw-Hill, 1997.

CLEVELAND, W.S. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 368, p. 829-836, 1979.

COMISSÃO EUROPEIA. **Relatório da comissão ao parlamento europeu, ao conselho, ao comitê econômico e social europeu e ao comitê das regiões**: sétimo relatório sobre a aplicação da diretiva - quadro das águas residuais urbanas (91/271/CEE), Comissão Europeia,

2013. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2013/PT/1-2013-574-PT-F1-1.Pdf>>. Acesso em: dez. 2014.

CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT. **Plano diretor de aproveitamento de recursos hídricos para a macrometrópole paulista no estado de São Paulo**. Relatório final – volume 1. São Paulo: COBRAPE, out 2013, 213 p.

CONSÓRCIO COBRAPE/CONCREMAT. **Plano diretor de esgotos da região metropolitana de São Paulo** (PDE- 2010): Relatório síntese. São Paulo: SABESP, 2010.

CONSÓRCIO ENGEVIX-LATIN CONSULT. **Revisão e atualização do plano diretor de esgotos da região metropolitana de São Paulo**: relatório síntese. São Paulo: SABESP, 2000.

CONSÓRCIO ENGIESAN. **Revisão do plano diretor de esgotos da RMSP**: relatório síntese. São Paulo: SABESP, 1989.

COSTA, H. As tragédias anunciadas do Rio Tietê. **Carta Maior**, São Paulo, 15 mai 2011. Disponível em: <<http://cartamaior.com.br/?/Editoria/Meio-Ambiente/As-tragedias-anunciadas-do-Rio-Tiete%0D%0A/3/16911>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

CUSTÓDIO, V. **Escassez de água e inundações na região metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Humanitas; 2012.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Dez anos do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê**. São Paulo: DAEE, 2008. Disponível em: <[www.acquacon.com.br/drenagem](http://www.acquacon.com.br/drenagem)>. Acesso em: 20 nov. 2014.

DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH. **Effects of polluting discharges on the Thames Estuary**: the reports of the Thames Survey committee and of the water pollution research laboratory. London: Her Majesty's Stationery Office, 1964. 610 p.

DIAS, R. A. de C.; CAMPOS NETO, C. M. A Usina Elevatória de Traição e os projetos para a conformação territorial urbana no vale do Rio Pinheiros: São Paulo, 1909-1950. In: PEIXOTO, Elane Ribeiro; DERNTL, Maria Fernanda; PALAZZO, Pedro Paulo; TREVISAN, Ricardo (Org.) **Tempos e escalas da cidade e do urbanismo**. Anais do XIII Seminário de História da Cidade e do Urbanismo. Brasília, DF: Universidade Brasília - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2014. Disponível em: <<http://www.shcu2014.com.br/content/usina-elevatoria-traicao-e-os-projetos-conformacao-territorial-urbana-no-vale-do-rio>>. Acesso em jun. 2015.

DOMINGOS, S. As cidades brasileiras e os desafios ambientais: o saneamento ambiental/sistema de drenagem. In: BIASOTO JUNIOR, G.; SILVA, L. A. P. (Org.). **Aporias para o planejamento público**. São Paulo: Fundap, 2013. p. 217-220.

EMPLASA. **Sistema de informações sobre metrópoles internacionais (SIMI)**: Londres. São Paulo: EMLASA, dez. 1993.

EMPLASA. **Por dentro da região metropolitana de São Paulo**: RMSP. São Paulo: EMLASA, jun. 2011.

ENVIRONMENT AGENCY. **River basin management plan:** Thames River Basin District (relatório na Internet). London: Environment Agency, 2009. Disponível em: <[www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk)>. Acesso em: out. 2014.

ENVIRONMENT AGENCY. **London Action Plan.** Rotherham, England, 2015. Disponível em: <[http://maps.environment-agency.gov.uk/wiyby/wiybyController?x=357683.0&y=355134.0&scale=1&layerGroups=default&ep=map&textonly=off&lang=\\_e&topic=wfd\\_rivers#x=533300&y=163840&lg=1,7,8,9,5,6,&scale=4](http://maps.environment-agency.gov.uk/wiyby/wiybyController?x=357683.0&y=355134.0&scale=1&layerGroups=default&ep=map&textonly=off&lang=_e&topic=wfd_rivers#x=533300&y=163840&lg=1,7,8,9,5,6,&scale=4)>. Acesso em: out. 2014

FABHAT - Fundação Agência de Bacia do Alto Tietê. **Relatório de situação dos recursos hídricos:** bacia hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06, ano base 2012. São Paulo: FABHAT; 2013.

FCTH - Fundação Centro de Tecnologia Hidráulica. **Avaliação do sistema Pinheiros-Billings com o protótipo da flotação.** São Paulo: FCTH, [201-]. Disponível em: <[http://www.emae.com.br/arquivos/internet/Projetos%20e%20Empreendimentos/Melhoria%20das%20Aguas%20do%20Rio%20Pinheiros/Volume%201%20-%20Sumario\\_.pdf](http://www.emae.com.br/arquivos/internet/Projetos%20e%20Empreendimentos/Melhoria%20das%20Aguas%20do%20Rio%20Pinheiros/Volume%201%20-%20Sumario_.pdf)>. Acessado em: jan. 2015.

FISHER, J.; COTTON, A. **Learning from the past:** delivery of water and sanitation services to the poor in nineteenth century Britain. Leicestershire, UK: Well, 2005. Disponível em: <<http://www.lboro.ac.uk/well/resources/Publications/Briefing%20Notes/WELL%20Briefing%20Note%2010%20A4%20no%20crops.pdf>>. Acesso em: mar. 2015.

FRACALANZA, A. P. **Programa de Despoluição do Rio Tietê.** 1996. 87 p. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1996.

FRACALANZA, A. P. **Conflitos da apropriação da água na Região Metropolitana de São Paulo.** 2002. 217 p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, 2002.

FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. **Plano de bacia hidrográfica do Alto Tietê:** sumário executivo. São Paulo: FUSP, dez. 2002.

FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. **Plano de bacia hidrográfica do Alto Tietê.** São Paulo: FUSP, dez. 2009.

GALLO, R. Rio Tietê perderá o cheiro ruim até 2015, diz governo. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 19 set. 2012. Caderno Cotidiano.

GILBERT, R. O. **Statistical methods for environmental pollution monitoring.** New York: John, Wiley & Sons, 1987. p. 204-209.

GIRIBONI, E. Evolução institucional do setor de água em São Paulo. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE GESTÃO INTEGRADA DAS ÁGUAS; 2012; São Paulo. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTLAC/Resources/257803-1351801841279/ProgramaFinalPortugues.pdf>>. Acesso em: fev. 2015.



GROPPO, J. D. **Estudo de tendências nas séries temporais de qualidade de água de rios do estado de São Paulo com diferentes graus de intervenção antrópica**. 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, Piracicaba, 2005.

GROSTEIN, M. D. Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis". **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 15, n. 1, jan./mar.2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-883920010001000003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-883920010001000003)>. Acesso em: maio de 2015.

GUARIBA NETO, F. et al. **Tendências da industrialização no interior do estado de São Paulo**. Ambiente, São Paulo: CETESB, v. 2, n. 2, p.74-78, 1998.

HEBBEN, T. **Analysis of water quality conditions and trends for the long term river network**: Athabasca river, 1960-2007. Alberta: Water policy brunch Alberta environment, march 2009. 367 p. Disponível em: <[www.environment.gov.ab.ca/info/home.asp](http://www.environment.gov.ab.ca/info/home.asp)>. Acesso em: nov. 2014.

HELMER, R. Water quality monitoring: national and international approaches. **Hydrological, Chemical and Biological Processes of Transfer, Motion and Transport of Contaminants in Aquatic Environments**. Wallingford, UK: IAHS Publication nº. 219, International Association of Hydrological Sciences, 1994.

HELSEL, D. R.; HIRSCH, R. M. **Statistical Methods in Water Resources** Techniques of Water Resources Investigations, Book 4, chapter A3. U.S.: Geological Survey, 2002. p.522

HIDROPLAN - Consórcio Coplasa/Etep/Figueiredo Ferraz, Hidroconsult, Maubertec. **Plano integrado de aproveitamento e controle de recursos hídricos das bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista**. Saneamento Básico v. 1-4. São Paulo, São Paulo: HIDROPLAN, nov 1995, p. 28-40, 139 p.

HILL, R. Rio Tâmesa: Londres, Inglaterra. In: MACHADO et al. (Org.) **Revitalização dos rios no mundo**: América, Europa e Ásia. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2010. 344 p.

HIRSH, R. M.; ALEXANDER, R. B.; SMITH, R. A. **Selection of methods for detection and estimation of trends in water quality**. Water Resources Research. Virginia: Branch of Systems Analysis Technical Memorandum 91.1, 15/03/1991. 34 p. Disponível em: <<https://water.usgs.gov/admin/memo/BSA/BSA91.01.pdf>>. Acesso em: ago. 2014.

HODGES et al. **Estuary and Lake Model** – ELCOM Science Manual Code Version 1.5.0 Perth (Austrália): Centre for Water Resource, 2001.

IAG - Instituto Astronômico e Geofísico. **Boletim climatológico anual da estação meteorológica do IAG/USP - 2012**. Seção Técnica de Serviços Meteorológicos: Boletim. v. 6. São Paulo: IAG, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**: 2010. São Paulo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>. Acesso em jan. 2014.

INEMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Brasília: INEMET, . Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: nov. 2013.

JANUZZI, P. M. São Paulo, século XXI: a maior metrópole das Américas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 56, n. 2, abr./jun 2004, versão online. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000200017&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000200017&script=sci_arttext)>. Acesso em: out. 2014.

JOWETT, Ian. **Time trends - trend analysis and equivalence testing for environmental data**. The National Institute of Water and Atmospheric Research – NIWA, versão 3.31, 2012. Disponível em: <<http://www.niwa.co.nz/freshwater/management-tools/water-quality-tools/analysis-of-water-quality-trends>>. Acesso em: abr. 2014.

JORNAL DA TARDE. **Um plano para acabar com os lagos do Tietê e Pinheiros**. São Paulo; 23 jul. 1971.

KAUFFMAN G. J., BELDEN. A. C. Water quality trends (1970 to 2005) along streams in the Delaware and Chesapeake Bay Watershed, USA. **Water, Air, Soil Pollut** 208: 345-375, 2009.

KAYO, A. **Rio Pinheiros**. Disponível em: <<https://jornaldoporaio.wordpress.com>>. Acesso em: jan. 2015.

KLINK, J. J. Novas governanças para as áreas metropolitanas. O panorama internacional e as perspectivas para o caso brasileiro. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 11, n. 22, p. 415-433, jul/dez 2009. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/5941>>. Acesso em: ago. 2010.

KRAAS, F et al. **Megacidades** - o nosso futuro global. Portugal: UNESCO, out. 2007.

KUNDZEWICZ, Z. W.; ROBSON, A. (Ed.). **Detecting Trend and Other Changes in Hydrological Data**. World. Climate Programme – Water, World Climate Programme: Data and Monitoring, WCDMP – 45, WMO/TD-Nº 1013. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2000.

LEITE, C. São Paulo, megacidade e redesenvolvimento sustentável: uma estratégia propositiva. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 117-126, jan.-jun., 2010.

LEITE, F. Trecho 'morto' do rio Tietê encolhe 70%. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 17 set. 2014. Disponível em: <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,trecho-morto-do-rio-tiete-encolhe-70,1561884>>. Acesso em: out. 2014.

LETTENMAIER, D. P. Detection of trends in stream quality: Monitoring network design and data analysis. **Tech. Rep**, Seattle, 51, Harris Hidraulic lab. Dept of Civil Engenniring, University of Washington, Seatle, 1977.

LEVY, E. **Democracia nas cidades globais**. Um estudo sobre Londres e São Paulo. São Paulo: Studio Nobel, 1997.

LIGHT AND POWER. **O sistema hidrelétrico da grande São Paulo**. São Paulo, Light, 1952.

LONDON COUNTY COUNCIL. **London County Council Main Drainage**. Disponível em: <<http://historyday.coldray.com/works-cited/#interceptsewers>>. Acesso em: jan. 2015.

McBRIDE, G. B. **Using statistical methods for water quality management**: issues, problems and solutions. N. York: John Wiley & Sons, 2005. 200 p.

MALAQUIAS, F. G. **Ampliação da estação de tratamento de esgoto - Barueri: uma necessidade iminente**, 2004. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://engenharia.anhembibr/tcc-04/civil-45.pdf>>. Acesso em: maio 2014.

MARICATO, E. **Brasil, cidades**: alternativas para crise urbana. São Paulo: Ed. Vozes, 2013.

MATTES, D. **O espaço das águas**: as várzeas de inundação na cidade de São Paulo. 2001. 200 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAYOR OF LONDON. **Securing London's water future**: the Mayor's water strategy. Greater London Authority, oct. 2011, versão online. Londres. Disponível em: <[www.london.gov.uk](http://www.london.gov.uk)>. Acesso em: jan. 2015.

MAYOR OF LONDON. **London rivers action plan**: a tool to help restore rivers for people and nature. Greater London Authority, jan. 2009, versão online. Londres. Disponível em: <[www.london.gov.uk](http://www.london.gov.uk)>. Acesso em: jan. 2015.

McLEOD, A. I.; HIPEL, K. W. **Trends analysis methodology for water quality time series**. R.A.C. Project nº 278 C. Canadá, Environment Ontário, 1991. p. 10-20.

MEYER, R. M. P. et al. **São Paulo Metrópole**. São Paulo: Edusp, 2004.

MIERZWA, J. C.; AQUINO, S. F. Contaminantes orgânicos presentes em microquantidades em mananciais de água para abastecimento público. In: PÁDUA, V. L. (Org.) **Remoção de microorganismos emergentes, microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2009. p. 44 - 73.

MOTTA, D. M.; MIRANDA, Z. A. I. Governança metropolitana na região metropolitana de São Paulo. In: COSTA, M. A.; TSUKUMO, I. T. L. (Org.). **40 anos de regiões metropolitanas no Brasil**. v. 1, 336 p. Série Rede Ipea. Projeto Governança Metropolitana. Brasília: IPEA, 2014.

OFWAT - The Water Services Regulation Authority. **The development of the water industry in England and Wales**. 180 p. Londres: OFWAT & DEFRA, 2006. Disponível em: <[http://www.ofwat.gov.uk/publications/commissioned/rpt\\_com\\_devwatindust270106.pdf](http://www.ofwat.gov.uk/publications/commissioned/rpt_com_devwatindust270106.pdf)>. Acesso em: nov. 2014.

OLIVEIRA, E. M. **Processos decisórios e conflitos de interesse na constituição das políticas de água na Grande São Paulo**: um estudo da formação das políticas sobre as águas

da metrópole de São Paulo no período 1950-1983. 1995, 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

OLIVEIRA, F. **O estado e o urbano no Brasil**. Apostila da pesquisa Ensaio exploratório sobre as relações entre os processos de urbanização, de desenvolvimento econômico e da configuração do estado e processos políticos gerais São Paulo: FUNDAP, 1978. 30 p.

OSEKI, J. H. O espaço das redes de serviços urbanos – o esgoto em São Paulo. **Sinopses**, São Paulo, n. 20, p. 13-20, dez. 1993.

OSTROWSKY, M. B. **Urbanização e controle de enchentes - o caso de São Paulo: seus conflitos e inter-relações**. 1989. 2v. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1989.

PAGANINI, W. S. **A identidade de um rio de contrastes: o Tietê e seus múltiplos usos**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2007.

PEREIRA, R. R; SARTORI, A. A grande limpeza: como fica o saneamento do maior aglomerado urbano do país depois que fracassou o Projeto Tietê, arquitetado pela dupla Fleury-Collor. **Veja**, São Paulo, mar. 1995.

PEZZOLO, A. **Evolução da legislação e do controle da poluição no estado de São Paulo e federal e dos municípios que abrangem o ABCM - Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Mauá**. São Paulo: CETESB, dez. 1982.

PIVETTA, M. Da garoa à tempestade. **FAPESP: Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 194, p. 40-45, 2012.

PRADO JUNIOR, C. **A cidade de São Paulo**. São Paulo: Brasiliense; 1983.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório do Desenvolvimento Humano: A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. New York: PNUD; 2006.

REEVE, D. A. D. Estrutura de gestão de bacias inglesas e do País de Gales. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. São Paulo. **Anais...** Ministério das Minas e Energia, Brasil, 1983. p. 189-208.

REIS, L. V. S. **Cobertura Florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público: caso do manancial do município de Piracicaba**. 2004. 215 p. Tese (Doutorado), Escola Superior de Química ‘Luís de Queiroz’, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

REPARTIÇÃO DE ÁGUAS E ESGOTOS (RAE). **Boletim da Repartição de Águas e Esgotos**, vol. 2, nº 4, dezembro de 1938.

RIBEIRO, H. e ALVES FILHO, A. P. A percepção do caos urbano, as enchentes e as suas repercussões nas políticas públicas da região metropolitana de São Paulo. In: **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.15, n. 3. p. 145-161, set-dez 2006.

ROCHA, A. A. **Do lendário Anhembi ao poluído Tietê**. São Paulo, EDUSP; 1991.

ROMERO et al. **Computacional Aquatic Ecosystem Dynamics Model: CAEDYM V2** – Science manual. Perth (Austrália): Centre for Water Resources, 2003.

ROSENBAUM, W. **Environmental Policy and Politics**. Londres-UK: CQ Press, 1998. 415 p.

ROSENCHAN, M. **Os rios Tietê e Tâmba: uma abordagem crítica dos programas de despoluição**. 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

RUTKOWSKI et. al. **As águas metropolizadas do Alto Tietê: debilitadas pelo uso abusivo, revigoradas com os serviços ambientais**. In: Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles. Ex-Libris Comunicação Integrada, 2010.

SABESP. **Projeto Tietê**. Comissão Especial para Despoluição do Tietê. São Paulo: SABESP, [19--].

SABESP. **Despoluição do Tietê**. São Paulo: SABESP, jul. 1991.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. O Projeto SANEGRA. **Revista DAE**, São Paulo, v. XXXVII, n. 110, p. 20-30, 1977.

SABESP. Plano Diretor SANEGRA: obras de saneamento e controle de poluição das águas da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista DAE**, São Paulo, ano XXXVII, nº 110, p. 34-35, 1977.

SABESP. **Projeto Tietê, 2008**. Disponível em:  
<[http://www.projetotiete.com.br/projetotiete/monitoramento/ago08/res-ind\\_2008.htm](http://www.projetotiete.com.br/projetotiete/monitoramento/ago08/res-ind_2008.htm)>.  
Acesso em: jan. 2014.

SANTOS, A. R. **A Face Oculta das Enchentes**. São Paulo: Terra Brasilis, 1(1), 2002, Disponível em: <[www.geobrasil.com.br](http://www.geobrasil.com.br)>. Acesso em: jul. 2014.

SANTOS, A. R. **Erosão, assoreamento e enchentes na RMSP**. São Paulo. Disponível em <http://www.ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot2649.pdf>. Acesso em: abr. 2014.

SANTOS, C. R. **Evolução das condições sanitário-ambientais do rio Tietê até o reservatório de Barra Bonita**: efeitos da região metropolitana de São Paulo. 2005. 180 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

SÃO PAULO (Estado). Governo do Estado. Relatório sobre Disposição de Esgotos. New York: Greeley & Hansen Engineers: **Boletim da RAE**, São Paulo, n. 50 p. 3-60, 1954.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Esgotos (DAE). **Relatório sobre disposição de esgotos**. New York: Hazen and Sawyer Engineers; 1967.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Serviços e Obras Públicas. **Plano diretor de esgotos da grande São Paulo – solução integrada**. São Paulo: Sabesp e Grupo Executivo da Grande São Paulo (GEGRA), 1974.

SÃO PAULO (Estado). Governo do Estado. Aprovação oficial do plano diretor SANEGRA. **Revista DAE**, São Paulo, nº 110, p. 18-19, 1977.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (SRHSO). Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH). **Plano integrado de aproveitamento dos recursos hídricos das bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista**. São Paulo: HIDROPLAN, 1995.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente - Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Poluição por fontes difusas afluentes ao reservatório Guarapiranga**. São Paulo: SMA/CPLA, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (SRHSO). Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). **Legislação de Recursos Hídricos**. São Paulo: DAEE, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (SRHSO). Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). **Plano estadual de recursos hídricos 2004-2007: Relatório Síntese do Plano**. São Paulo: DAEE, 2005.

SEABRA, O. C. L. 1987. **Os meandros dos rios nos meandros do poder: Tietê e Pinheiros – valorização dos rios e das várzeas na cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987.

SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Mudanças nos componentes da dinâmica demográfica paulista. **São Paulo Demográfico**, São Paulo, ano 12, n. 3, out. 2012. Disponível em: <[www.seade.gov.br](http://www.seade.gov.br)>. Acesso em: out. 2013.

SIGAM - Sistema Integrado de Gestão Ambiental. Desenvolvido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Disponível em: <http://sigam.ambiente.sp.gov.br/SIGAM2/Default.aspx?idPagina=5484>. Acesso em: julho de 2014.

SIGULEM, L. Seria pior se nada fosse feito, diz SABESP. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 6 nov. 2011. Caderno Cotidiano.

SILVA, R. T., PORTO, M. F. A. **Gestão Urbana e gestão das águas: caminhos da integração**. São Paulo: Estudos Avançados, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142003000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142003000100007&script=sci_arttext)>. Acesso em: set. 2010.

SILVA, R. T. **Águas e saneamento na metrópole paulista: uma abordagem integrada**. Controle de enchente. 10 anos do Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Mesa de discussão 3: águas e planejamento urbano nas grandes metrópoles. São Paulo, 2008.

SIMSEK, G. Urban River Rehabilitation as an Integrative Part of Sustainable Urban Water System. In: URBAN RIVER REHABILITATION, 48th ISOCARP Congress. Disponível em: <[http://www.isocarp.net/Data/case\\_studies/2239.pdf](http://www.isocarp.net/Data/case_studies/2239.pdf)>. Acesso em: dez. 2014.

SOUZA, E. **História da Light**: primeiros 50 anos. São Paulo: Eletropaulo; 1982.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. **Unidades Climáticas Urbanas da Cidade de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Climatologia, Departamento de Geografia / Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP, Primavera de 2000.

THE VICTORIAN DICTIONARY. **Victorian London - Health and Hygiene - Sewers and Sanitation - Condition of the Thames**. Disponível em: <<http://www.victorianlondon.org/index-2012.htm>>. Acesso em: nov. 2014.

TONIOLO, W.J. Desenvolvimento institucional do saneamento básico em São Paulo: fatores determinantes. **Revista DAE**. São Paulo – São Paulo, vol. 46, nº 147, p. 357, dez 1986.

TRAVASSOS, L, GROSTEIN, M. D. **Macro drenagem e expansão urbana na bacia do Alto Tietê**. São Paulo: Laboratório de Urbanismo da Metrópole (LUME) - USP, 2007.

UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme. **The state of world cities - report 2006/2007**: 30 Years of Shaping the Habitat Agenda. New York; 2007. Disponível em: <<http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2101>>. Acesso em: maio 2010.

UNITED NATIONS (UN). **Urban Agglomerations 2007**. United Nations - Department of Economic and Social Affairs: Population Division. New York; 2007. Disponível em: <[http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007\\_urban\\_agglomerations\\_chart.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007_urban_agglomerations_chart.pdf)>. Acesso em: abril 2010.

WHITAKER, P. P. O departamento de águas e esgotos: o que representa e quais os resultados a se esperar de sua criação. **Boletim do DAE**, São Paulo, ano XV, nº 25, Secretaria de Viação e Obras Públicas de São Paulo, jul. 1954.

WIKIPEDIA. **Região Metropolitana de São Paulo**. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o\\_Metropolitana\\_de\\_S%C3%A3o\\_Paulo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Metropolitana_de_S%C3%A3o_Paulo)>. Acesso em: out. 2014.