UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

Oliver Paes de Barros De Luccia

Projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais do rio Tamanduateí

São Paulo
2018

Oliver Paes de Barros De Luccia

Projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais do rio Tamanduateí

Exemplar revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade do autor e anuência do orientador. A versão original, em formato digital, ficará arquivada na Biblioteca da Faculdade.

São Paulo, 24 de julho de 2018.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração:
Projeto de Arquitetura

Orientador:
Prof. Dr. Alexandre Delijaicov

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

E-mail do autor:
oliver.luccia@usp.br
oliver.luccia@gmail.com.br

Catalogação na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

De Luccia, Oliver Paes de Barros
Projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais do rio Tamanduateí / Oliver Paes de Barros De Luccia; orientador Alexandre Delijaicov. - São Paulo, 2018.
392 p.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Projeto de Arquitetura

1. Infraestrutura Urbana. 2. Navegação Fluvial. 3. Urbanismo. 4. Canais Fluviais. 5. Macrodrenagem. 6. Embarcações Fluviais. 7. Transporte Hidroviário. I. Delijaicov, Alexandre, orient. II. Título.

Elaborada eletronicamente através do formulário disponível em: <http://www.fau.usp.br/fichacatalografica/>

Folha de aprovação

DE LUCCIA, Oliver Paes de Barros. **Projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais do rio Tamanduateí.** 2018. 392 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Agradecimentos

Ao professor Alexandre Delijaicov, pela dedicada orientação.

Aos professores da FAU USP que também participaram do processo desta pesquisa, Milton Braga, Luís Antônio Jorge, Helena Ayoub, Andreina Nigriello, Ricardo Toledo Silva, Angelo Filardo e Paulo Pellegrino. Ao professor Mario Gandelsonas (Princeton University - School of Architecture), pela recepção em Princeton. Ao professor Marco Antônio Palermo (EPUSP), pelas conversas sobre o Tamanduateí.

Aos engenheiros Augusto Olavo Leite (DH), Pedro Victoria Junior (DH), Milton Xavier (Secretaria Estadual de Logística e Transportes), Oscar Pion (EMAE), Fernando Moliterno (EMAE), Silvio Giudice (DAEE), Gustavo Macluf (empresa Sanex), João Vianna (empresa Mizumo), Juliana Alencar (EPUSP), Tomaz Kipnis (IHE DELFT), e Alexandre Simos (PNV USP), pelas produtivas conversas. Ao arquiteto Rafael Ayres Dias, pela disponibilização das plantas da Usina de Traição.

Aos colegas com os quais desenvolvi os trabalhos das disciplinas do programa de pós-graduação da FAU USP, Ramón Bonzi, Mayra Almodova, Caio Chamma e Adriana Inigo.

Aos funcionários da FAU USP e das bibliotecas do FCTH e do DAEE.

Aos colegas de pesquisa do Labproj.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Aos amigos Eloisa Ikeda, Fernanda Cavallaro, Nicolas Carvalho e Rafael Mielnik, pela importante ajuda na revisão final de textos e desenhos, e aos amigos Rafael Murolo, Marcella Aquila, Helio Ribeiro, Felipe Lessa, Carmen Aires, Pablo Iglesias, Daniella Ricci, Ana Luisa Ribeiro, Luís Pompeo, Julio Mariutti, Rodrigo Ohtake e Rafaela Netto pela ajuda ao longo da pesquisa.

Aos demais amigos que me acompanham sempre.

À minha família, em especial aos meus pais Nelson e Viviane, pelo apoio incondicional.

Resumo

DE LUCCIA, Oliver Paes de Barros. **Projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais do rio Tamanduateí**. 2018. 392 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

O presente trabalho adota a visão de projeto como pesquisa e desenvolve estudos de projeto para as infraestruturas urbanas fluviais da bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, tendo como ponto de partida a ideia de recuperação da navegação nos principais rios desta bacia, presente na pesquisa de Delijaicov (1998; 2005) e nos estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011). O canal Billings-Tamanduateí cruzaria o centro da Região Metropolitana de São Paulo através dos rios Tamanduateí, Meninos e Couros e do canal de ligação com o braço Alvarenga da represa Billings, permitindo o aumento significativo da área de influência do sistema hidroviário e possibilitando a conexão com a Plataforma Logística Urbana Vila Carioca, que integra o novo sistema logístico de cargas previsto para a Macrometrópole Paulista. As eclusas e barragens móveis necessárias à navegação possibilitariam o controle das vazões e a eventual reversão das águas para a Billings, contribuindo para a macrodrenagem da bacia. Os canais e lagos navegáveis seriam eixos de infraestrutura a partir dos quais os bairros das planícies fluviais seriam reconstruídos, sendo apresentado o projeto dos Bairros Fluviais do Tamanduateí, que ocupariam o antigo parque industrial do bairro da Mooca. A partir de uma gestão integrada das águas urbanas essa infraestrutura se ramificaria pelos afluentes menores, e, na escala das microbacias hidrográficas, seriam aplicadas medidas de retenção dos escoamentos na fonte e de preservação da qualidade das águas, através de parques fluviais e microestações de tratamento, sendo desenvolvido como estudo de caso o projeto de reforma urbana para a sub-bacia do córrego Moinho Velho, afluente do Tamanduateí. Como bases para a ação projetual, a pesquisa apresenta o histórico dos projetos para as bacias hidrográficas do Alto Tietê e do Tamanduateí; discorre sobre instrumentos da legislação que representam avanços para a gestão integrada das águas urbanas; e apresenta conceitos e referências que amparam a ideia da cidade fluvial, onde os rios seriam os principais logradouros públicos, propiciando significativa melhoria na qualidade ambiental urbana. Esta pesquisa se alinha aos interesses do Grupo Metrópole Fluvial (GMF), pertencente ao Laboratório de Projeto do Departamento de Projeto (LabProj) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU USP).

Palavras-chave: infraestrutura urbana fluvial, rio Tamanduateí, navegação fluvial urbana, Hidroanel Metropolitano de São Paulo, gestão integrada das águas urbanas, microbacia hidrográfica.

Abstract

DE LUCCIA, Oliver Paes de Barros. **Architecture Project of the fluvial urban infrastructures of the Tamanduatei River**. 2018. 392 p. Thesis (Master of Science) – Faculty of Architecture and Urbanism, University of Sao Paulo, Sao Paulo, 2018.

The present work adopts the vision of design as research and develops design studies for the fluvial urban infrastructures of the Tamanduatei River basin, having, as a starting point, the idea of restoring navigation in the basin's main rivers, present in Delijaicov's research (1998; 2005) and in the studies for the Metropolitan Waterway Ring of Sao Paulo (GMF, 2011). The Billings-Tamanduatei canal would cross the center of the Metropolitan Region of Sao Paulo through the rivers Tamanduatei, Meninos and Couros, and the artificial canal with the Alvarenga branch of the Billings Reservoir, allowing a significant increase in the area of influence of the waterways system and the connection to the Vila Carioca Urban Logistics Platform, which integrates the new cargo logistics system for the Paulista Macrometropolis. The locks and barrages necessary for navigation would permit to control the flow rate and an eventual reversion of water to Billings, contributing to the basin's drainage. The canals and navigable lakes would be the infrastructural axis from where the fluvial plains' neighborhoods would be redeveloped, therefore the project for the Tamanduatei Fluvial Neighborhoods is then presented, which would occupy the old industrial site in Mooca neighborhood. From an integrated urban waters management, this infrastructure would spread to the smaller tributaries and, at the micro basin's scale, retention of flow at the source and water quality preservation measures would be applied, by installing treatment microstations and creating fluvial parks, having as a case study the project for urban reform for the Moinho Velho sub-basin, a tributary to Tamanduatei. As basis for design, the research brings the history of projects for the Alto Tiete River basin and the Tamanduatei basin; discourse about legislation that represents advancements for the integrated urban waters management; and presents concepts and references that support the idea of a fluvial city, where rivers are the main public place, propitiating significant improvements in the quality of the urban environment. This research aligns with the interests of the Fluvial Metropolis Group (Grupo Metrópole Fluvial - GMF), which belongs to the Design Lab of the Design Department (Laboratório de Projeto do Departamento de Projeto - LabProj) of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Sao Paulo (FAU USP).

Key words: urban fluvial infrastructure, Tamanduatei River, urban fluvial navigation, Metropolitan Waterway Ring of Sao Paulo, integrated urban water management, micro basin.

Lista de siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
BHAT	Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
BUC	Barco Urbano de Carga
BUP	Barco Urbano de Passageiros
CBH-AT	Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica – Governo do Estado de São Paulo
DH	Departamento Hidroviário - Governo do Estado de São Paulo
EFSJ	Estrada de Ferro Santos-Jundiaí
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A
EPUSP	Escola Politécnica da USP
FAU USP	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
GMF	Grupo Metrópole Fluvial
HMSP	Hidroanel Metropolitano de São Paulo
LabProj	Laboratório de Projetos do Departamento de Projetos da FAU USP
META	Microestação de Tratamento de Água
METAP	Microestação de Tratamento de Águas Pluviais
METE	Microestação de Tratamento de Esgoto
MMP	Macrometrópole Paulista
PAM	Plano de Ação da Macrometrópole Paulista - 2013-2040
PIANC	The World Association for Waterborne Transport Infrastructure
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia do Alto Tietê
PDLT	Plano Diretor de Logística e Transporte - 2030
PLU	Plataforma Logística Urbana
PMSP	Prefeitura Municipal de São Paulo
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos (tramway, bonde elétrico)

Sumário

Agradecimentos 5
Resumo 7
Abstract 8
Lista de siglas 9
Sumário 10

INTRODUÇÃO 13
Tema e problemática 14
Objeto de estudo e justificativa 19
Objetivos 20
Metodologia e estrutura da dissertação 21

CAPÍTULO 1. LUGAR 23
1.1. Caracterização e histórico de projetos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê 25
1.1.1. Os rios e o início da urbanização da cidade de São Paulo 30
1.1.2. Geração de energia e avenidas de fundo de vale 35
1.1.3. Projetos para o Tietê a partir de 1960 46
1.1.4. Projetos de intervenção em cursos d'água a partir dos anos 1990 49
1.1.5. Abastecimento de água e tratamento de esgoto 54
1.2. Caracterização e histórico de projetos da Bacia Hidrográfica do Tamanduateí 59
1.2.1. Ocupação urbana do vale do Tamanduateí 68
1.2.2. A retificação e primeira canalização do rio Tamanduateí 77
1.2.3. A nova canalização do rio Tamanduateí 84
1.2.4. Revisão dos estudos hidrológicos da bacia do rio Tamanduateí 112
1.2.5. Adequações da bacia do Tamanduateí ao aumento de vazões 113
1.3. Histórico dos projetos para as hidrovias da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê 121
1.3.1. Primeiros projetos de navegação em São Paulo 122
1.3.2. Projetos da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê 125
1.3.3. Projetos da Companhia Light para o rio Pinheiros 136
1.3.4. Projetos para conexão das hidrovias metropolitanas com hidrovias regionais 150
1.3.5. Projetos de navegação a partir da década de 1950 155

CAPÍTULO 2. PROGRAMA 205
2.1. Gestão integrada das águas urbanas 207
2.1.1. Política Nacional do Meio Ambiente e Política Nacional de Recursos Hídricos 211
2.1.2. Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo 215
2.1.3. Problemática das águas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê 219
2.1.4. Macrometrópole Paulista 228
2.1.5. Uso múltiplo das águas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê 239
2.2. Hidroanel Metropolitano de São Paulo 243
2.3. Conceitos e referências da cidade fluvial 255
2.3.1. Projeto da cidade-canal Tamanduateí: parques e portos fluviais 258
2.3.2. Multiplicação dos níveis da cidade 263
2.3.3. Componentes infraestruturais da orla fluvial urbana 272

CAPÍTULO 3. CONSTRUÇÃO 289
3.1. Canal Billings-Tamanduateí 291
3.1.1. Infraestruturas necessárias à navegação 293
3.1.2. Dimensionamento dos barcos, eclusas e canal navegável 301
3.1.3. Bacias de manobra e raios de curvatura para embarcações 316
3.1.4. Eclusa Meninos 2 319
3.1.5 Navegação em cenário de curto prazo 323
3.2. Bairros Fluviais do Tamanduateí 331
3.2.1. Lagos e deltas artificiais 334
3.2.2. Porto-canal Presidente Wilson e Plataforma Logística Urbana Vila Carioca 345
3.3. Bairros Fluviais do Moinho Velho 351
3.3.1. Parques fluviais do Moinho Velho 359
3.3.2. Microbacia do Alto Moinho Velho 361

CONCLUSÃO 377

Referências bibliográficas..... 381

INTRODUÇÃO

A pesquisa aqui apresentada está inserida na linha de pesquisa e nos objetivos do Grupo de Pesquisa em Projeto de Arquitetura de Infraestruturas Urbanas Fluviais – Grupo Metrópole Fluvial (GMF) [1], pertencente ao Laboratório de Projeto do Departamento de Projeto da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP. O grupo tem como objetivo principal o estudo, fomento e difusão da cultura de projeto de arquitetura de infraestruturas de cidades fluviais, contando atualmente com alunos de doutorado, mestrado e de iniciação científica atuando na linha de pesquisa 'projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais'.

Os presentes estudos dão continuidade ao Trabalho Final de Graduação apresentado na FAU USP em 2009, orientado pelo Prof. Alexandre Delijaicov, de título 'Projeto de infraestrutura, equipamentos e habitação nos vales da bacia do córrego Tiquatira', e à posterior experiência, como membro do Grupo Metrópole Fluvial, no desenvolvimento dos estudos para 'Articulação Arquitetônica e Urbanística dos Estudos de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011), realizados em 2011 a convite do Departamento Hidroviário da Secretaria Estadual de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo (DH).

Os estudos para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo', por sua vez, se baseiam na pesquisa desenvolvida ao longo do mestrado (1998) e doutorado (2005) do Prof. Alexandre Delijaicov, e na pesquisa desenvolvida desde os anos 1970 pelo eng. Joaquim Riva, sobre as possibilidades para aproveitamento hidroviário dos rios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

---

[1] O GMF (www.metropolefluvial.fau.usp.br) é credenciado no diretório de grupos de pesquisa do CNPQ desde 2011, tendo como coordenador o prof. Alexandre Delijaicov. É um dos dois grupos de pesquisa que constitui o Laboratório de Projeto da FAU USP, sendo o outro o 'Grupo de Pesquisa em Projeto de Arquitetura de Equipamentos Públicos'.

- Tema e problemática

A pesquisa tem como tema o projeto de arquitetura das infraestruturas urbanas fluviais. O desenho dessas infraestruturas influi diretamente na relação da cidade com suas águas, que são as águas de seus rios e córregos, das chuvas, as águas potáveis que abastecem a população e os esgotos resultantes do uso das mesmas. Nas cidades brasileiras essa relação é crítica, resultando em problemas urbanos e sociais e na perda de oportunidades do uso dos rios e córregos para lazer, navegação e abastecimento.

Um recente estudo da Agência Nacional das Águas (ANA) indica que 60% do esgoto do país circula a céu aberto, e um quarto do país não tem coleta, tendo como consequência doenças e poluição de rios e córregos[2]. Em agosto de 2017, um quarto das cidades do país declararam situação de emergência por problemas decorrentes de estiagem e seca, ou por problemas decorrentes de chuvas intensas, como deslizamentos e inundações[3]. Vivemos assim entre esgoto à céu aberto e deslizamento de morros, entre inundações e secas, situações que trazem à tona a precariedade das infraestruturas urbanas e a intensidade dos conflitos sociais que regem a formação do espaço urbano.

Frente a esses conflitos, os rios e córregos urbanos, outrora espaços de lazer, contemplação e navegação, passam a ser vistos como problemas a serem escondidos ou afastados. Isso aliado à escolha do modal rodoviário como principal meio de transporte para cargas e passageiros no Brasil fez enraizar-se nas administrações públicas dos municípios um padrão de construção de avenidas de fundo de vale, na tentativa de solucionar em uma mesma obra a circulação de automóveis e o saneamento das várzeas ocupadas. Como resultado, os rios foram isolados da vida das cidades, entrincheirados entre avenidas em valas estreitas e profundas ou canalizados em galerias fechadas.

---

[2] Fonte: reportagem da Folha de São Paulo de 24/09/2017 intitulada '60% do esgoto circula a céu aberto, e 1/4 do país não tem coleta', disponível em < http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/09/1921462-60-do-esgoto-circula-a-ceu-aberto-e-14-do-pais-nao-tem-coleta-diz-estudo.shtml>.

[3] Fonte: reportagem da Folha de São Paulo de 28/08/2017 intitulada 'País tem um quarto das cidades em emergência causada por seca ou chuva', disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/08/1913593-pais-tem-23-das-cidades-em-situacao-de-emergencia-por-inundacoes-e-secas.shtml>.

Os rios também foram preteridos como vias de transporte no país. A partir dos anos 1950, com o fortalecimento mundial da indústria automobilística, houve no Brasil o predomínio absoluto do modal rodoviário, diferentemente dos países Europeus e dos EUA, que sempre buscaram um equilíbrio entre os diferentes modais. Desta forma, poucas hidrovias foram consolidadas no país, e planos de interligações de bacias na América Latina, permitindo a conexão hidroviária de diferentes países e a criação de uma ampla rede de cidades fluviais (fig. 01), nunca foram concretizados.

Fig. 01: Possibilidades de interligações hidroviárias na América Latina. Fonte: CAF (1998).

Mesmo grandes rios naturalmente navegáveis, como o São Francisco, perderam importância econômica ao longo das últimas décadas, com o crescente avanço da malha rodoviária. Apesar de ter sido uma das principais vias econômicas do país no início do século XX, ligando as regiões nordeste e sudeste do país e servindo ao transporte de mercadorias e passageiros, a hidrovia do São Francisco não teve investimentos significativos ao longo do século passado, sofrendo também com a erosão causada pela falta de proteção das margens e preservação de nascentes, de forma que sua navegabilidade se encontra atualmente bastante limitada.

Interessante observar como a diminuição da navegação afeta o desenho das cidades às margens do rio. Em viagem realizada em abril de 2015 ao longo do trecho navegável do rio São Francisco, entre as cidades e Pirapora-MG e Petrolina-PE/Juazeiro-BA, foi possível observar o avanço das áreas urbanizadas para longe das águas. Em muitas cidades de Minas Gerais, como na cidade de São Francisco, a orla fluvial com ruas tortuosas, antigo centro da cidade, encontra-se com pouco uso, estando toda a vida social e econômica concentrada no entroncamento de rodovias. A rodoviária e o posto de gasolina são o novo centro de uma malha ortogonal de quarteirões que cresce para o interior do estado, e a cidade perde sua identidade cultural e seu principal referencial paisagístico[4] (fig. 02).

Na Bahia, que conta com uma malha rodoviária menos consolidada, o movimento de pequenos barcos ainda é intenso no rio São Francisco, apesar de limitado a trocas de mercadorias entre localidades próximas. Mesmo assim, importantes elementos da vida fluvial foram perdidos, como a ponte elevatória que liga as cidades de Juazeiro-BA e Petrolina-PE, que teve novas pistas fixas construídas adjacentes ao trecho móvel, perdendo assim uma de suas funções originais (fig. 03). Tal fato demonstra a ausência de uma cultura de arquitetura das infraestruturas fluviais, que passam a ser vistas como obsoletas frente ao predomínio das estruturas rodoviárias.

> [...] mas achava lindo quando a ponte levantava, e o vapor passava num gostoso vai e vem. Petrolina, Juazeiro, Juazeiro, Petrolina, todas duas eu acho uma coisa linda eu gosto de Juazeiro e adoro Petrolina [...]
> (Música Petrolina e Juazeiro, do Trio Virgulino).

---

[4] Sobre as cidades à beira do rio São Francisco, ver artigo: RIBEIRO, Ana Luisa Carmona; DE LUCCIA, Oliver. **Um novo olhar sobre as cidades fluviais: Rios Corrente e São Francisco**. Belo Horizonte: AEAULP, 2017.

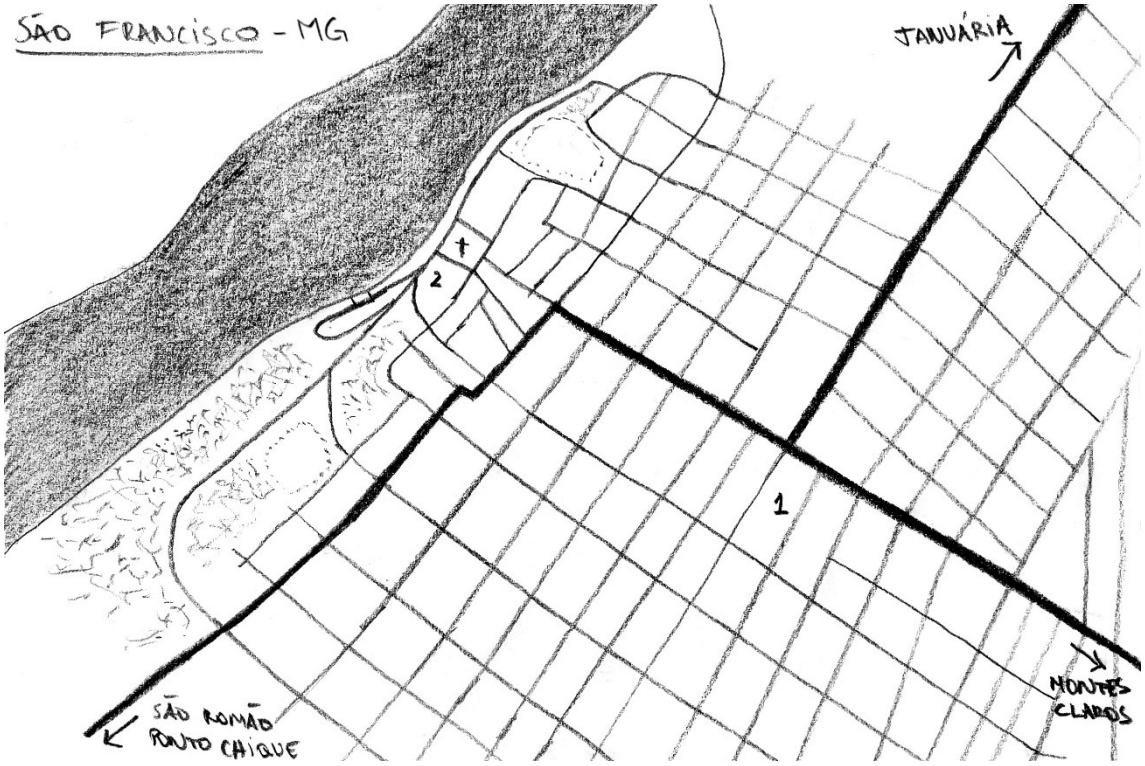


Fig. 02: Croqui da planta da cidade de São Francisco-MG, às margens do rio São Francisco. Centro antigo junto ao rio (2) e nova centralidade no cruzamento das rodovias (1). Fonte: Desenhado pelo autor.

Fig. 03: Antiga ponte móvel agora com novas pistas fixas adjacentes, ligando Juazeiro-BA à Petrolina-PE. Fonte: Foto do autor, 2015.

Na região onde foi instalado o sítio urbano de São Paulo, na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), os rios e córregos foram primordiais para a fundação e desenvolvimento da cidade, servindo ao abastecimento de água e ao transporte. Ao longo do processo de crescimento urbano, porém, ignoramos a origem fluvial da cidade, chegando a um estado de completa degradação da paisagem, com cursos d'água cobertos ou ladeados por vias expressas ou entrincheirados por residências que ocupam por completo o antigo leito maior dos rios. Para Delijaicov (1999), argumentos sanitaristas e hidráulicos fundamentaram o verdadeiro objetivo que era lotear e vender as áreas de várzea, e o imenso logradouro público, espaço ideal para o parque linear fluvial, foi privatizado e os rios canalizados, desprezando-se a navegação fluvial.

Também contribuiu para a degradação dos rios e córregos a falta de integração das redes de infraestrutura, devido a projetos muitas vezes pautados em interesses particulares, nos quais priorizava-se soluções para determinados fins, sobretudo geração de energia, macrodrenagem e ocupação das várzeas, em detrimento a outros, como navegação e qualidade das águas. A situação atual demonstra uma grave insustentabilidade, na qual convivemos com escassez no abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) simultaneamente a problemas de inundação nas áreas de várzea ocupadas. As soluções em andamento para resolver esses problemas vão no sentido de manter a lógica em vigor, buscando água cada vez mais longe para abastecimento da população, através de transferências entre bacias extremamente complexas e custosas, e ao mesmo tempo tentando se livrar das águas da metrópole de forma rápida e pontual, com canalizações em valas cada vez mais profundas e grandes reservatórios de detenção, os 'piscinões'.

Buscando a constituição de um novo modelo de desenvolvimento da metrópole, os estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011) preveem um sistema de hidrovias urbanas na BHAT constituído por uma rede de canais e lagos navegáveis ao longo dos principais rios da bacia, que seriam eixos de infraestrutura a partir dos quais os bairros das planícies fluviais seriam reconstruídos. Ao articular três importantes políticas públicas, de Recursos Hídricos, Resíduos Sólidos e Mobilidade Urbana, o Hidroanel pressupõe uma mudança no padrão de planejamento do governo, com a adoção de unidades de gestão correspondente aos limites das bacias hidrográficas, o que possibilitaria o diálogo entre diferentes atores sociais e uma maior integração das infraestruturas. Seria possível, assim, uma mudança na relação da cidade com suas águas.

- Objeto de estudo e justificativa

A partir dos estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011), definiu-se como objeto de estudo a sub-bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, para a qual está prevista nos estudos do Hidroanel a construção do canal Billings-Tamanduateí, hidrovia que cruzaria o centro da metrópole ligando o rio Tietê à represa Billings através dos rios Tamanduateí, Meninos e Couros, e do canal de ligação Couros-Alvarenga. Conformar-se-ia, assim, o 'Hidroanel interior', permitindo o aumento significativo da área de influência do sistema hidroviário ao reduzirem-se as distâncias percorridas por terra até os diferentes portos fluviais, contribuindo para o equilíbrio da matriz de transportes na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A escolha do objeto de estudo se deu pelo fato de que a planície fluvial do rio Tamanduateí, principalmente no trecho dentro do município de São Paulo, vem sendo há décadas alvo de grande interesse por parte da prefeitura e do setor imobiliário, por estar em uma região central da metrópole, bem servida por transporte público e com grande potencial para adensamento populacional. Ao mesmo tempo, a bacia hidrográfica do Tamanduateí, por ser uma das maiores sub-bacias do Alto Tietê e estar completamente urbanizada e impermeabilizada, apresenta graves problemas relativos à macrodrenagem e à qualidade das águas. As soluções propostas e em execução para o controle de inundações na bacia vão no sentido de minimizar os efeitos causados pela urbanização, através da construção de inúmeros piscinões, sem buscar medidas alternativas que agiriam nas causas dos problemas. Por sua vez, os projetos urbanos para o vale do Tamanduateí são restritos a limites administrativos dos municípios, não podendo interferir nas infraestruturas urbanas fluviais pelo fato do Tamanduateí ser um rio intermunicipal, cuja gestão é estadual.

O projeto do canal Billings-Tamanduateí pressupõe a gestão integrada das águas urbanas, que possibilitaria a integração dos diferentes municípios e redes de infraestrutura tendo os canais navegáveis como eixos de desenvolvimento urbano, a partir dos quais os bairros das planícies fluviais se estruturariam. As infraestruturas necessárias à navegação, como eclusas e barragens móveis, contribuiriam à macrodrenagem da bacia, uma vez que formariam lagos navegáveis com capacidade de retenção das cheias, ao mesmo tempo que seria possível a eventual reversão das águas para a represa Billings através da ligação com o braço Alvarenga. Seria possível, assim, propiciar o uso múltiplo das águas e a melhoria da qualidade ambiental urbana na bacia hidrográfica do Tamanduateí.

- Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é o fortalecimento da cultura de projeto de arquitetura de infraestruturas urbanas fluviais. Para tanto, a partir da definição do objeto de estudo como a bacia hidrográfica do rio Tamanduateí, buscou-se elaborar estudos de projetos e pesquisas aplicadas sobre as infraestruturas urbanas fluviais desta bacia, tendo sido estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o lugar onde se insere o objeto de pesquisa a apresentar o histórico de ações e projetos que conduziram ao atual estado das infraestruturas urbanas.
- Apresentar o histórico de projetos hidroviários para a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.
- Discorrer sobre instrumentos da legislação que representem avanços na gestão integrada das águas urbanas.
- Apresentar o projeto do 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' e os conceitos que amparam a ideia da cidade fluvial, apresentando também referências projetuais desses conceitos.
- Apresentar possibilidades para o desenho das infraestruturas urbanas fluviais da bacia hidrográfica do Tamanduateí, tanto para o canal Billings-Tamanduateí quanto para as sub-bacias dos afluentes, visando o uso múltiplo das águas e a melhoria da qualidade ambiental urbana.

Como membro do Grupo Metrópole Fluvial, os resultados da pesquisa visam contribuir diretamente com os estudos em desenvolvimento pelos pesquisadores do grupo, consolidando as atividades acadêmicas ligadas ao tema para que as mesmas tenham cada vez mais presença na universidade, e criando subsídios para projetos urbanos que visem a melhoria da qualidade ambiental urbana.

- Metodologia e estrutura da dissertação

A pesquisa se alinha com a visão de projeto como forma de produção de conhecimento, ou projeto como pesquisa. Dessa forma, ao invés do ato de projetar ser a síntese final da pesquisa, os estudos de projeto elaborados para a bacia hidrográfica do Tamanduateí foram o ponto de partida e a linha guia do processo investigativo, a partir da qual os outros objetivos se desenvolveram de forma a amparar a ação projetual.

Para a estruturação da dissertação seguiu-se a mesma lógica do raciocínio projetual, que se fundamenta na tríade: lugar, programa e construção. Assim, o capítulo 1 relaciona-se com a arquitetura do lugar, o capítulo 2 com a arquitetura do programa, e o capítulo 3 com a arquitetura da construção.

O capítulo 1 tem como objetivo a caracterização do lugar onde se insere o objeto de pesquisa, bem como o histórico de fatos que conduziram à situação atual. O capítulo 2 tem como objetivo discorrer sobre os instrumentos da legislação, referências de projeto e conceitos que servirão de base para a ação projetual. Por fim, o capítulo 3 tem como objetivo apresentar possibilidades para o desenho das infraestruturas urbanas fluviais da bacia hidrográfica do Tamanduateí, tendo os rios como eixos de estruturação urbana de bairros fluviais.

CAPÍTULO 1. LUGAR

Este capítulo tem como objetivo a compreensão das características físicas, administrativas e sociais do lugar onde se insere o objeto de pesquisa, bem como do histórico de fatos que conduziram à atual problemática, que servirão de base para a ação projetual.

O subcapítulo 1.1 inicia-se com a caracterização da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), onde se localiza a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e discorre de maneira sucinta sobre a formação do espaço urbano da metrópole em relação aos seus rios e córregos, apresentando um histórico dos principais projetos de intervenção em cursos d'água, controle de inundações, abastecimento de água potável e esgotamento sanitário.

O subcapítulo 1.2 tem como foco a Bacia Hidrográfica do Tamanduateí, objeto da presente pesquisa, caracterizando a bacia e descrevendo o processo de ocupação urbana do vale do Tamanduateí e os diversos projetos de canalização para o rio, sendo então comentados os recentes estudos para adequação da bacia do Tamanduateí ao crescente aumento de vazões.

O subcapítulo 1.3 apresenta um histórico dos projetos de navegação para os rios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, com foco nos estudos que servem de referência ao apresentarem desenhos e conceitos relacionados às infraestruturas urbanas fluviais.

1.1. Caracterização e histórico de projetos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) corresponde à área drenada pelo trecho superior do rio Tietê[1], desde suas nascentes, localizadas em Salesópolis, até a barragem de Rasgão, em Pirapora do Bom Jesus, num total de 5.985 km². Apesar de nascer a apenas 50 km do Oceano Atlântico, 900 m acima do nível do mar, o rio Tietê possui a singularidade de correr para o interior do país, percorrendo mais de 1.100 km até chegar à sua foz no rio Paraná, na fronteira oeste do Estado de São Paulo. Tal fato se deve à Serra do Mar, junto à qual se localizam as nascentes do Tietê e dos principais rios da bacia, grande cadeia montanhosa que se estende ao longo de todo o litoral do Estado de São Paulo e que é o divisor de águas entre a Região Hidrográfica do Paraná, que inclui a BHAT, e a Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, que reúne os rios e córregos de vertente marítima (fig. 04).

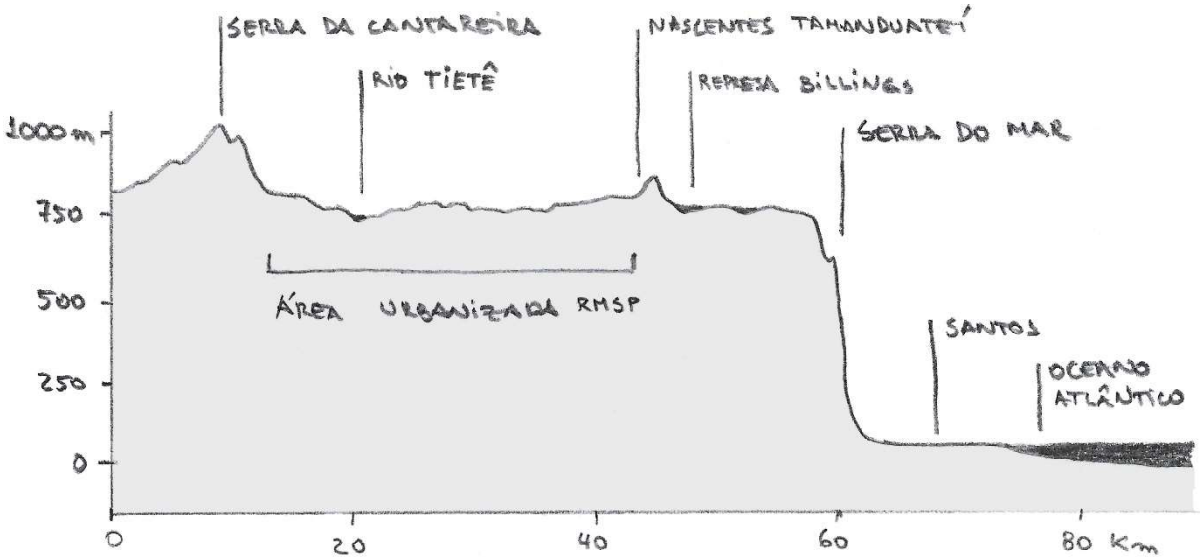


Fig. 04: Perfil transversal destacando posição elevada do planalto paulista em relação ao nível do mar. Fonte: desenho do autor a partir de altimetria do programa Google Earth.

---

[1] O curso do rio Tietê, segundo relatório da SANESP (CNEC, 1983), é dividido em:
- Alto Tietê – das nascentes até Pirapora do Bom Jesus, com 250km de extensão e 450m de desnível.
- Médio Tietê Superior – de Pirapora de Bom Jesus até a cidade de Laras, no remanso da barragem de Barra Bonita, com 260km de extensão e 212m de desnível.
- Médio Tietê Inferior – de Laras até a barragem da Promissão, com 400km de extensão e 94m de desnível.
- Baixo Tietê – da barragem de Promissão até sua confluência com o rio Paraná, com 220km de extensão e 80m de desnível.

Os limites da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê quase coincidem com os limites da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que concentra 39 municípios e abriga quase 50% da população estadual, num total de 21,2 milhões de habitantes em 2016, sendo o maior polo de riqueza nacional (EMPLASA, 2017). Deste fato decorre a problemática dos recursos hídricos da BHAT: uma bacia de cabeceira, junto às nascentes dos rios e córregos, onde localiza-se uma das áreas de maior adensamento urbano do mundo, com significativo setor industrial e de serviços, tendo por consequência uma baixa disponibilidade hídrica por habitante. Para se sustentar, depende da importação de água de bacias hidrográficas vizinhas, como é o caso do Sistema Cantareira, abastecido através da reversão das águas das cabeceiras do Rio Piracicaba. Para administrar essa e outras questões infraestruturais envolvendo bacias e cidades vizinhas, foi estabelecida em 2015 a Macrometrópole Paulista, composta por cinco regiões metropolitanas, São Paulo, Santos, Campinas, Vale do Paraíba/Litoral Norte e Sorocaba, com um total de 40 milhões de habitantes.

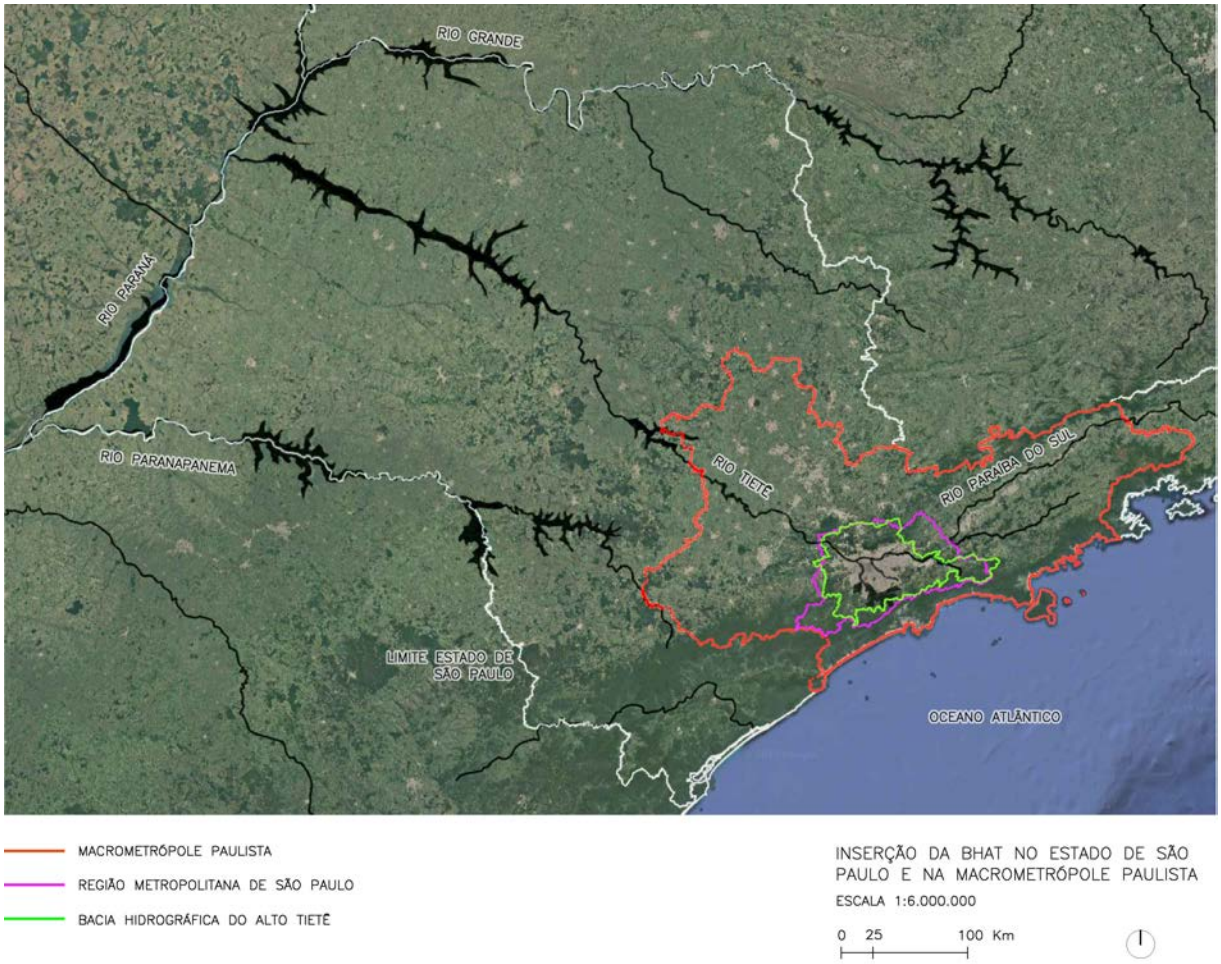


Fig. 05: Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) e da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) no Estado de São Paulo e na Macrometrópole Paulista. Fonte: produzido pelo autor a partir de base da EMPLASA disponível em <http://www.sim.emplasa.sp.gov.br/mapa>). Acesso em setembro de 2017.

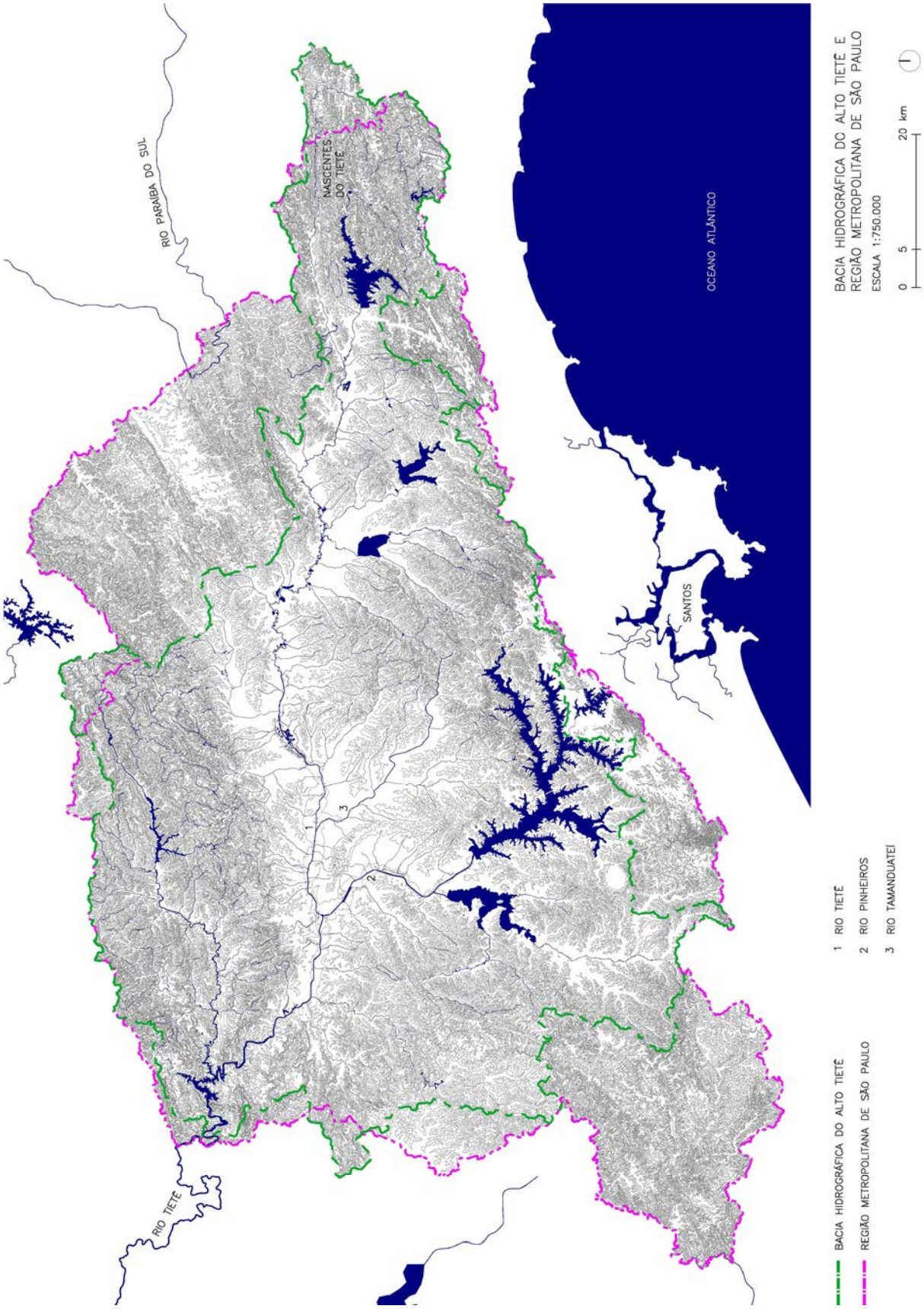


Fig. 06: Rios e córregos na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Fonte: produzido pelo autor a partir de base da EMPLASA.

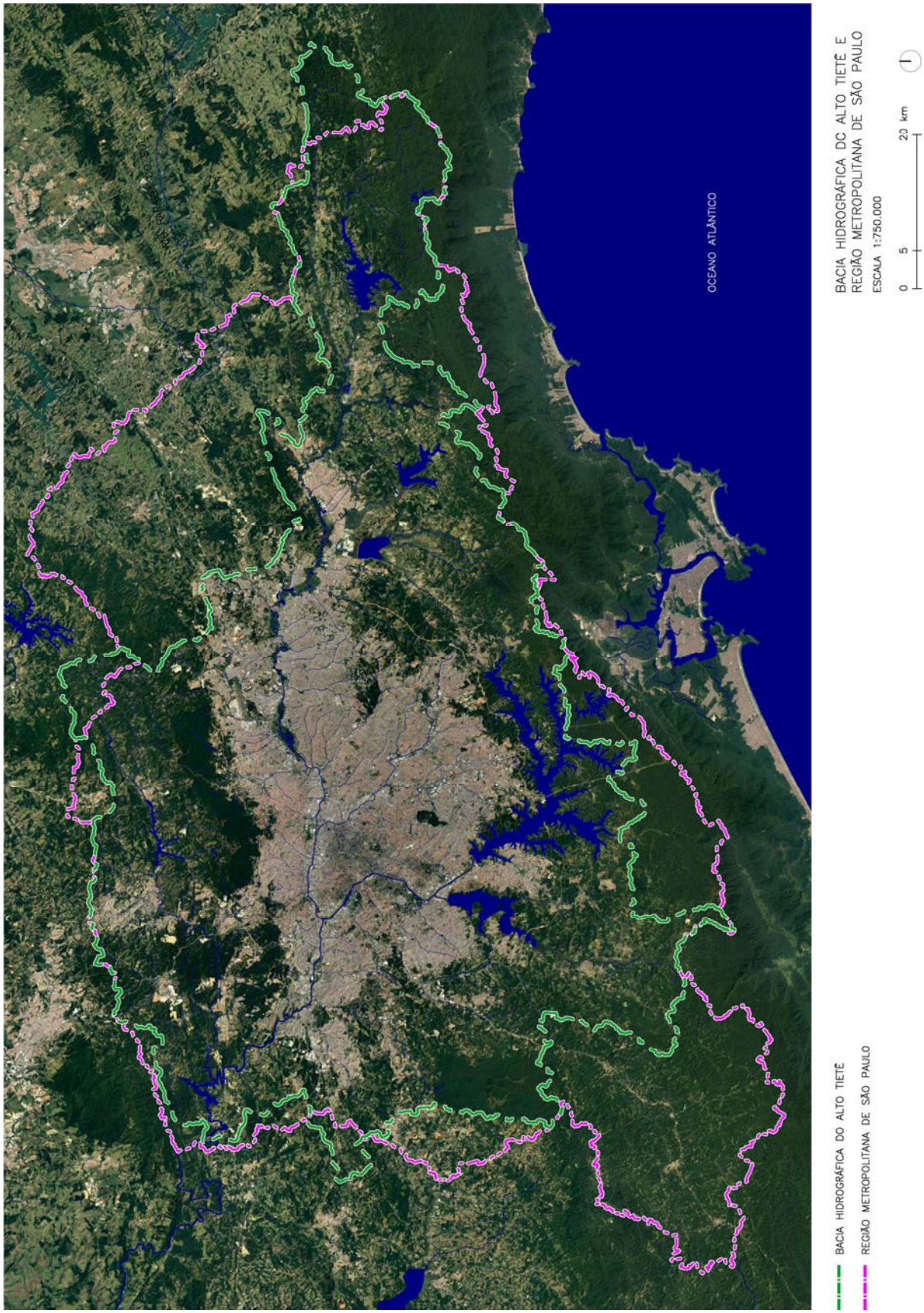


Fig. 07: Ocupação urbana na BHAT e na RMSP. Fonte: produzido pelo autor a partir de base da EMPLASA e de imagem de satélite do Google Earth de 2017.

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê é uma bacia sedimentar, que acumula muitos sedimentos. Nessa condição, seus principais cursos d'água são rios de planície, que possuem um leito menor por onde escoa a vazão regular do rio, que entalha o terreno de pouco declive perfazendo meandros que se modificam ao longo do tempo, e um leito maior, ou área de várzea, ocupado pelas águas na estação das chuvas (fig. 08). Desta forma, o rio Tietê possuía originalmente um leito menor relativamente reduzido, enquanto seu leito maior possuía larguras que oscilavam entre 1,5 a 2,0 km. Seu principal afluente, o rio Pinheiros, chegava à 1,5 km de largura nos períodos chuvosos, enquanto o rio Tamanduateí, seu segundo maior contribuinte, chegava a 700 m. Tal variação de vazão nos rios deve-se, dentre outros fatores, à proximidade com o mar e ao clima tropical, que proporcionam intensas chuvas no verão.

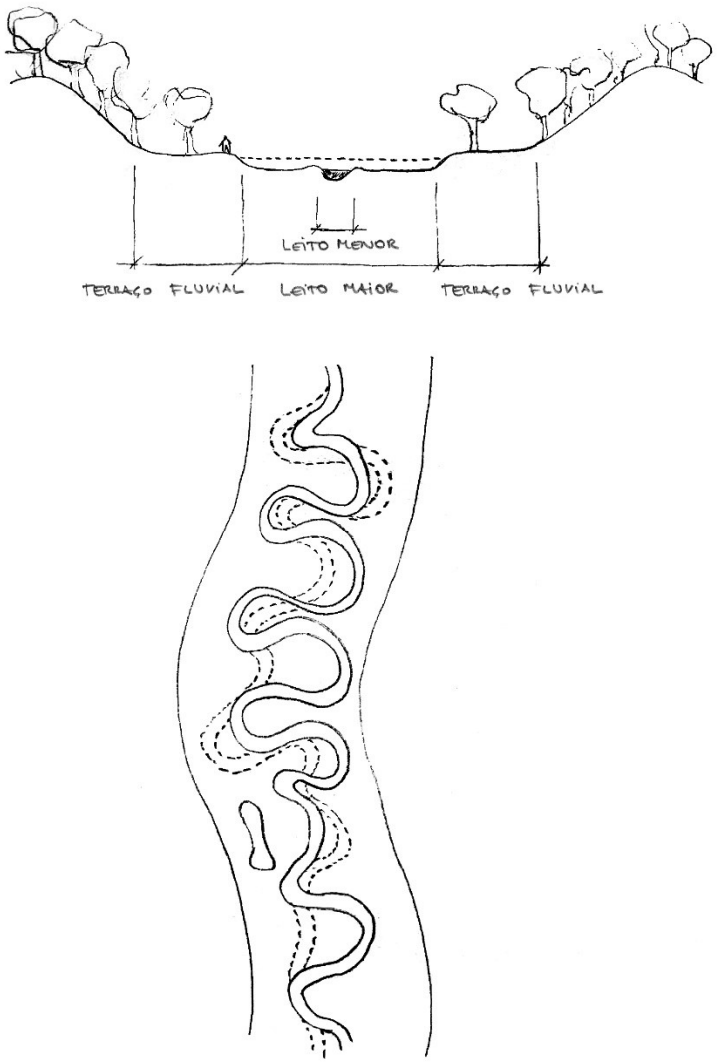


Fig. 08: Perfil transversal (acima) e vista superior (abaixo) esquemáticos de um rio de planície. Fonte: desenho do autor.

Ao longo do processo de expansão urbana de São Paulo, entretanto, a característica natural de seus rios e córregos foi ignorada, e as áreas de várzea foram aterradas e ocupadas sob o argumento de evitar inundações e afastar os esgotos. Sem o leito maior dos rios para receber as águas da chuva, e com o aumento das vazões devido à intensa ocupação urbana e impermeabilização da bacia hidrográfica, a solução encontrada foi canalizar os cursos d'água em valas cada vez mais profundas, por onde escoa também boa parte dos esgotos da cidade. A cidade perde assim seu principal logradouro público, lugar ideal para o parque linear que estruturaria a vida urbana.

1.1.1. Os rios e o início da urbanização da cidade de São Paulo

A história da formação de São Paulo sempre esteve ligada aos seus rios e córregos. A colina escolhida para a aldeia dos índios Tibiriçá, primeiro povoamento a ocupar a região, situa-se entre os vales esculpidos pelas águas do córrego Anhangabaú, que fornecia água potável, e do rio Tamanduateí, que possibilitava a pesca e o transporte. Além da importante presença da água, a localização favorecia a defesa através da ampla vista para as planícies descampadas do Tamanduateí e Tietê[2], na enorme clareira natural conhecida como Campos de Piratininga. Não à toa, com a chegada dos portugueses, este local foi escolhido para a implantação do primeiro colégio dos jesuítas, marco zero do que viria se tornar a metrópole de São Paulo.

Outros fatores contribuíram para a escolha deste local para a fundação da cidade: segundo Prado (1969), de todos os pontos da barreira da Serra do Mar que separa o litoral do planalto, o percurso de subida no território paulista é o que oferece maior facilidade de acesso. Ao Norte, na região de São Sebastião, Ubatuba e Paraty, a serra do mar é uma muralha contínua com no mínimo 900 metros de altura e cumes variando entre 1500 e 2000 metros. Ao Sul, na região do Ribeira de Iguape e seus afluentes, a zona de serra se alarga até 100km, com densa cobertura florestal. Já na região de Santos, a serra tem altura de cerca de 800m e segue para o interior em

[2] Segundo Adorno (1999), enquanto não houve o reconhecimento das cabeceiras do rio Tietê, os primeiros habitantes de São Paulo acreditavam que o principal rio da cidade era o Piratininga, ou "peixe-seco", que depois foi nomeado Tamanduateí. Mais tarde se distinguiu o Tietê como rio principal – ou "rio verdadeiro", como diz seu nome indígena.

terreno plano de fácil percurso. Desta forma, vencido o desnível da serra do mar, tinha-se fácil acesso ao interior da região[3] (fig. 09).

Os rios também tiveram uma importância fundamental no processo de desenvolvimento da cidade. Devido ao fato do rio Tietê correr em direção ao interior do país ao invés de desaguar no mar, a clássica tradição estratégica de associar a foz de um rio no litoral às possibilidades de penetração das novas terras, presente em diversos casos de fundação de cidades coloniais em todo o mundo, foi aplicada ao inverso no caso paulistano, sendo São Paulo a 'cidade nó' entre o interior do Estado e o porto de São Vicente (KAHTOUNI, 2004). O rio Tietê foi assim importante via fluvial que contribuiu para a expansão oeste da fronteira do Brasil, e serviu de caminho para as monções, expedições fluviais povoadoras e mercantis cujo principal objetivo era a busca do ouro das minas de Cuiabá.

Fig. 09: Trilha dos Tupiniquins, em vermelho, usada pelos índios para ir do Porto de Piaçaguera, no litoral, à aldeia de Tibiriçá, próxima aos rios Tietê e Tamanduateí, e posteriormente utilizada pelos portugueses para a fundação de São Paulo. Fonte: desenho do autor.

---

[3] Outro fator que contribuiu para a escolha do sítio de São Paulo, segundo Prado (1969), foi o clima temperado do planalto paulista, com temperaturas médias de 18,6° no verão e 13,8° no inverno, a gosto dos colonos europeus. Também foram consideradas a presença de terras saudáveis à agricultura e a farta mão de obra das tribos indígenas.

No século XIX, com o crescimento populacional na cidade de São Paulo, surge a necessidade de melhorar as condições de saneamento da planície de inundação do rio Tamanduateí, na região conhecida como Várzea do Carmo. É realizada então a primeira obra de retificação de cursos d'água de São Paulo, coordenada pelo engenheiro alemão Karl Abrahan Bresser, em 1841. Outro trecho do rio, conhecido como Sete Voltas, também é modificado em 1848, somando assim cerca de 700 metros de retificação (fig. 10). Tais obras, além de não surtirem o efeito hidráulico desejado, acabaram por dificultar a prática secular da navegação nesse rio (GOUVÊA, 2016). Com a diminuição da navegação, Kahtouni (2004) ressalta que as faixas marginais do rio Tamanduateí deixaram de ter uso público, não servindo mais à atracagem de barcos e ao acesso ao rio, perdendo, assim, importância na vida da cidade.

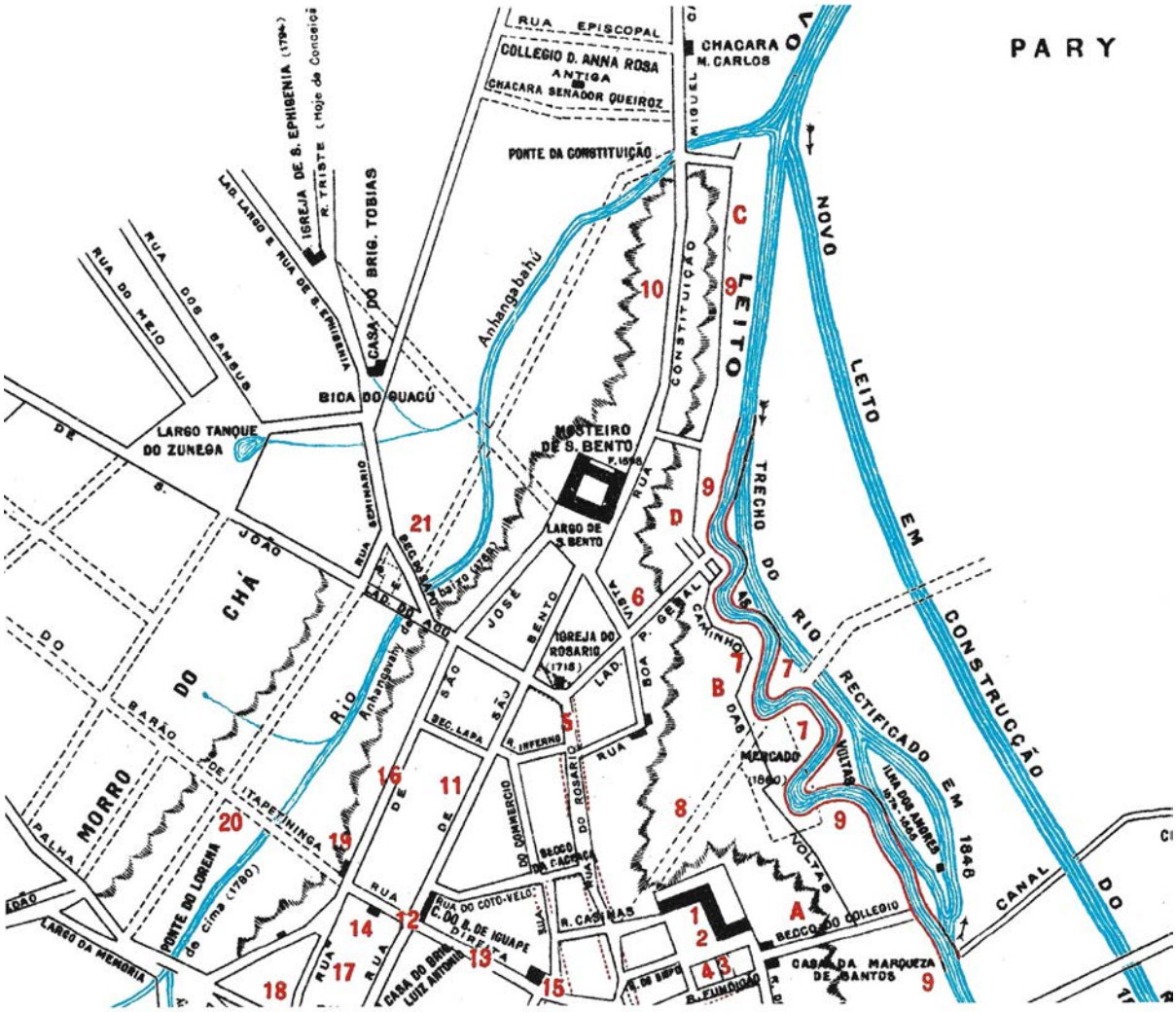


Fig. 10: Planta do início do século XX mostrando a retificação das 'Sete Voltas' do rio Tamanduateí, em 1848. Fonte: São Paulo antigo. Plantas da Cidade (in: KUTNER; PALERMO; ZUCCOLO, 2015).

Alguns anos mais tarde, em 1850, a promulgação da Lei de Terras[4] transforma a terra em mercadoria, tornando-se um importante marco histórico do início das grandes intervenções nos rios da cidade. A planície de inundação dos rios, cujo regime de cheias até então convivia com a cidade ao redor, como é possível observar na pintura da várzea do Carmo de Benedito Calixto (fig. 11), passa a ser vista como área de expansão urbana, que precisa ter suas águas controladas para permitir a máxima ocupação de suas terras. Segundo Gouvêa (2016), a ideia de salubridade, apropriada pelo mercado imobiliário, teve grande utilidade nas intervenções realizadas nas várzeas dos rios paulistanos. Nas palavras de Odette Seabra (1987), "o processo de retificação dos rios e, consequentemente, o saneamento das várzeas, são um processo de produção de terra urbana, do qual muito bem souberam se aperceber os sujeitos sociais nele envolvidos".

Fig. 11: "Inundação da Várzea do Carmo", 1892, de Benedito Calixto, mostrando a convivência da cidade com o regime de cheias do rio Tamanduateí. Fonte: acervo do Museu Paulista (São Paulo, SP).

Com o agravamento das condições de saneamento dos rios Tamanduateí e Tietê, no final do século XIX, surgem os primeiros grandes planos para retificação dos mesmos, com a criação, em 1892, da Comissão de Saneamento do Estado, sob a coordenação do Eng. Alfredo Lisboa. Com objetivo de facilitar a vazão do rio Tietê a jusante da área urbanizada para que os esgotos fossem escoados com maior velocidade, evitando assim a estagnação das águas, a comissão realizou, a partir de 1893, a abertura de um canal de 1.400 m de extensão que ficou conhecido como 'canal do Anastácio', encurtando um trecho em que o rio fazia uma grande curva com cerca de 6 km de

[4] A lei nº 601 de 18 de setembro de 1850 instituiu que as terras devolutas do Império, ou aquelas de domínio público, a partir daquela data, só poderiam ser adquiridas exclusivamente por meio da compra. Segundo Seabra (1987), a Lei de Terras representou a formalização da propriedade capitalista da terra no Brasil, e encerrou o antigo sistema de concessões e posses, "tendo sido criada em conjunto com os programas de imigração estrangeira para as lavouras de café no Estado de São Paulo, uma vez que, numa situação de abundância de terra, era preciso instituir os limites concretos do acesso à terra".

extensão. Mais tarde o Governo retificou outro trecho do Tietê, o canal de Inhaúma, com 1.200 m de extensão (SILVA, 1950). Brito (1926, p. 134) considera que estes trabalhos poderiam ter obtido bons resultados se tivessem continuado, pois permitiam aproveitar o desnível de Parnaíba para facilitar o escoamento das águas abaixo de Osasco.

- Linhas férreas e crescimento urbano

Até o fim do século XVIII, com a predominância da atividade de extração de minas, São Paulo era apenas um entreposto entre o interior do estado e o porto marítimo. Já no século XIX ocorre uma reorganização econômica no Brasil, com o início da agricultura de exportação, e São Paulo assume grande importância como local central do sistema hidrológico, que servia como sistema de comunicações, com fácil acesso ao litoral. É no setor do café que o capital financeiro mais se empenha, por oferecer maiores perspectivas de remuneração, surgindo nas décadas seguintes diversas oportunidades de negócios rendosos, sobretudo em empresas de serviços públicos, como estradas de ferro, serviços de melhoramentos urbanos e fornecimento de energia elétrica (PRADO, 1969).

> É preciso considerar, sobretudo, que no último quartel do século XIX o conjunto das transformações que ocorreram na cidade são fruto de uma nova inserção do País num contexto de relações internacionais que levou a uma rearticulação das forças políticas internas, culminando numa forma republicana de governo. Trata-se de um contexto de forte presença estrangeira em setores fundamentais da vida social brasileira. Uma presença que se fez a partir das cidades, através das agências de bancos internacionais, e também de investimentos diretos em capital produtivo (SEABRA, 1987).

Com o aumento das atividades econômicas, nas primeiras décadas do século XX o crescimento comedido da população urbana dá lugar a uma explosão demográfica, e a cidade passa de 31.285 habitantes em 1872 para 579.033 em 1920 (PRADO, 1969). Contribuiu para esse crescimento a instalação do sistema ferroviário, a partir de 1867, com a inauguração da São Paulo Railway, ligando Santos a Jundiaí e tangenciando o centro histórico junto à confluência das várzeas do Tietê e Tamanduateí, que se tornou o primeiro "corredor de exportação" moderno ligando o Porto de Santos às regiões cafeeiras do interior paulista. Em conjunto com outras 4 principais ferrovias, a Companhia Paulista, a Estrada de Ferro Sorocabana, a Companhia Mogiana e a Estrada de Ferro Central do Brasil, esse sistema organizou as forças centrífugas da expansão metropolitana e, simultaneamente, reforçou a hegemonia da capital como polo centralizador (MEYER; GROSTEIN; BIDERMAN, 2004).

Ao cruzar a região de São Paulo, as várzeas e planícies fluviais eram as únicas parcelas da região cujas características geomorfológicas poderiam atender às demandas técnicas e financeiras por amplos raios de curva e baixa declividade do sistema ferroviário, inicialmente baseado na tração a vapor. "Por isto, ao passar pela Bacia de São Paulo, o sistema ferroviário fomentou um ciclo de investimentos em larga escala sobre essas áreas" (FRANCO, 2005). Segundo Adorno (1999), as indústrias que vieram a seguir para a região se espalharam dos dois lados dos trilhos da ferrovia, criando o primeiro corredor industrial do país. Em 1928, 80% do vale do Tamanduateí já estava aterrado e ocupado.

Kahtouni (2004) observa que a São Paulo Railway, posteriormente conhecida como 'linha férrea Santos-Jundiaí', ao cruzar o rio Tamanduateí para sua margem direita na altura do Ipiranga, trouxe à região central da cidade maior necessidade de transposição deste rio a fim de se chegar à estação Brás. Assim, o rio que anteriormente era visto como a grande via fluvial da cidade torna-se um obstáculo para o acesso à linha férrea, transporte tido como mais eficiente.

1.1.2. Geração de energia e avenidas de fundo de vale

Com o crescimento da população urbana no fim do século XIX, surgiram também, além das linhas férreas regionais, sistemas de transporte urbano baseados em bondes. Em 1872 foram introduzidos em São Paulo os primeiros bondes puxados por tração animal, e em 1900 inaugura-se a primeira linha de bonde eletrificado, ligando o centro à Barra Funda. O sistema com trilhos eletrificados exigia um grande aporte de capital para a instalação da infraestrutura necessária, e por conta disso todas as linhas de bonde foram reunidas sobre a responsabilidade da empresa de capital canadense 'São Paulo Tramway Light and Power Company', que inaugura em 1901 a primeira usina hidrelétrica de São Paulo, a Usina de Parnahyba[5]. Para controlar a vazão das águas do Tietê e garantir a geração de energia na usina, a Light inaugura, em 1908, o reservatório de Guarapiranga, de forma que quando o regime de chuvas diminuísse o reservatório liberaria água para o Rio Pinheiros, mantendo o nível do Tietê[6] (TRAVASSOS, 2004).

---

[5] Em 1949, a Usina de Parnahyba passa a ser denominada Usina Edgard de Souza. Brito (1926) faz críticas à construção desta usina, pois, ao represar as águas do Tietê, a mesma dificultaria o afastamento e autodepuração dos esgotos.

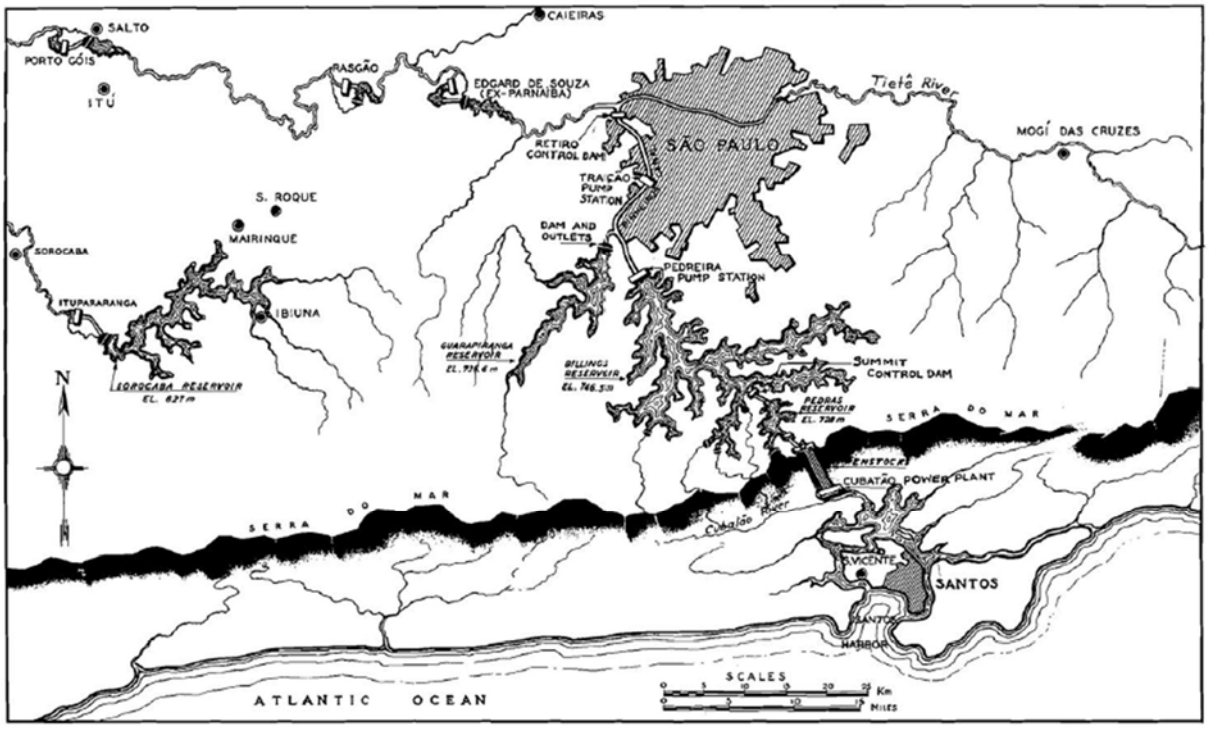
[6] Com a posterior desativação da usina de Parnahyba para fins energéticos, após a reversão do rio Pinheiros, o reservatório Guarapiranga passou a servir ao abastecimento.

No início do século XX, o aumento da demanda energética do crescente parque industrial de São Paulo, a busca por novas áreas para expansão urbana e a necessidade de solucionar problemas de saneamento causados pelo despejo de esgoto nos rios faz surgir diversas propostas para intervenção no leito do rio Tietê[7], dentre eles o projeto do eng. Pacheco e Silva, feito em 1913, que propunha a retificação do rio com parques laterais e linha de bonde; o plano de Fonseca Rodrigues, elaborado em 1921, que propunha um traçado retilíneo para o rio que favoreceria a navegação e o afastamento do esgoto; e o projeto de Ulhôa Cintra, de 1923, no qual critica os planos anteriores por não considerarem aspectos urbanísticos relativos à várzea do Tietê, e propõe o encaixamento do rio em uma ampla 'parkway', com extensas áreas verdes e avenidas marginais, mantendo certa sinuosidade do canal justificada por critérios estéticos (TRAVASSOS, 2004). Tais projetos serão melhor detalhados no subcapítulo 1.3 desta dissertação.

Em 1924, uma grande estiagem conduziu a uma súbita queda na oferta de energia elétrica para a cidade, colocando em evidência a necessidade de ampliação do sistema produtor de energia elétrica. Nesse contexto ganhava impulso e força política, com apoio do governo estadual, a solução vislumbrada pela Light, com projeto do engenheiro Billings, conhecido como "Projeto da Serra" cujo objetivo era o aproveitamento da queda da Serra do Mar para a produção de energia em uma usina hidroelétrica em Cubatão (op. cit.). Para a realização de tal projeto seria necessária a retificação dos dois mais importantes rios da região, Tietê e Pinheiros, e a reversão das águas do Tietê, através do rio Pinheiros, para o reservatório do rio Grande, afluente formador do Pinheiros situado ao sul da cidade. A partir deste reservatório, as águas seriam revertidas para o pequeno reservatório do rio das Pedras, da vertente marítima, situado junto às escarpas da Serra do Mar, na cota 728,00, e desceriam até Cubatão, na cota 9,00, onde seriam instalados os conjuntos geradores que aproveitariam a energia da queda de mais de 700 metros (FILARDO, 1999) (figs. 12 e 13).

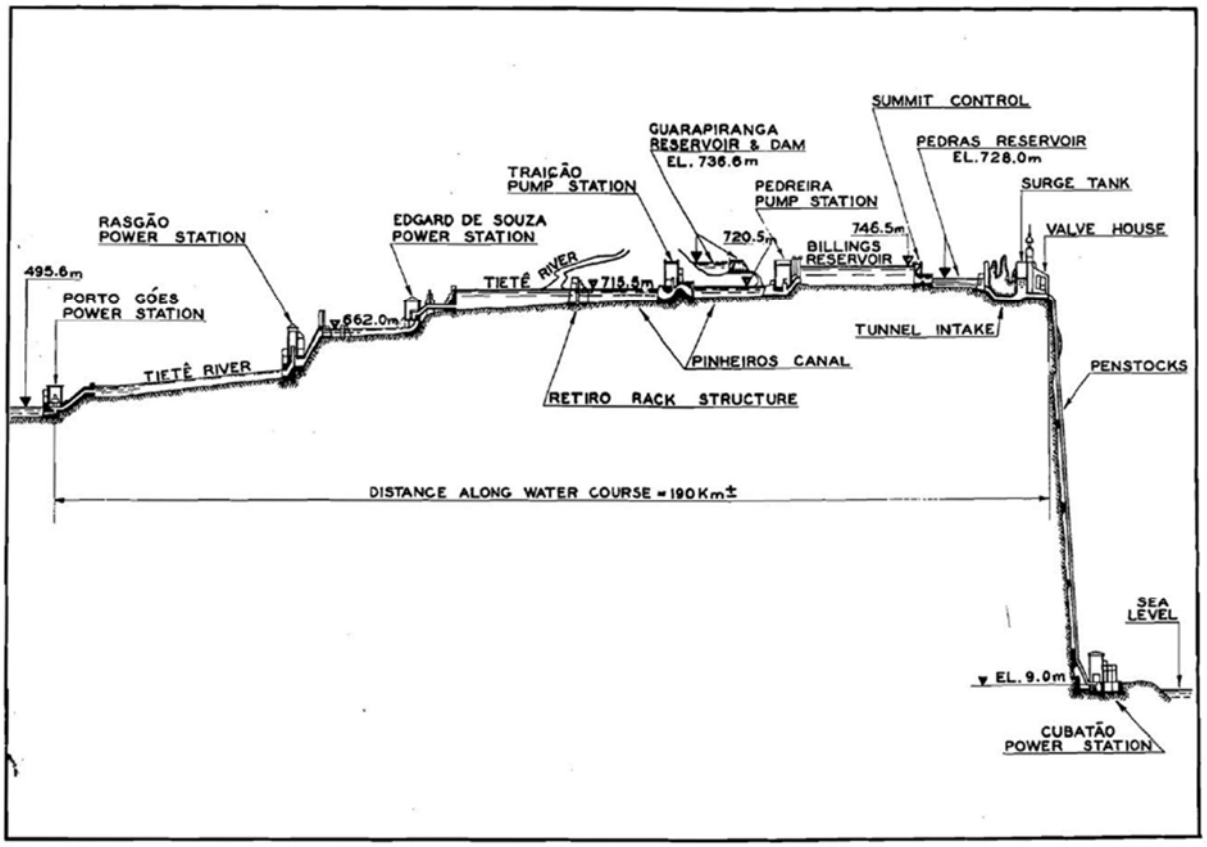
---

[7] A dissertação de mestrado de Luciana Travassos (2004) traz um estudo detalhado sobre os diversos projetos elaborados nessa época.



Map of the second Serra Concession as constructed 1928–1944

Fig. 12: Mapa do 'Projeto da Serra', do eng. Asa Billings. Fonte: ACKERMAN, 1953.



Schematic profile of the São Paulo hydroelectric system

Fig. 13: Perfil do 'Projeto da Serra', do eng. Asa Billings. Fonte: ACKERMAN, 1953.

Na mesma época, em 1924, o engenheiro sanitarista Saturnino de Brito é encarregado de dirigir a recém-criada Comissão de Melhoramentos do Tietê (CMRT), órgão municipal, que tinha o intuito de elaborar um plano para o aproveitamento do rio e suas várzeas. Brito era contrário ao projeto defendido pela Light, contestando a vocação do Tietê para simples gerador de energia, e já prevendo que no futuro a metrópole paulistana teria muito mais problemas de saneamento e abastecimento do que propriamente de energia (ADORNO, 1999). Em relação aos estudos da Light, Brito (1926, p. 64) comenta:

> Este caso interessante merecerá dos poderes públicos especial atenção para que a empresa que explora o serviço possa concorrer para melhorar em certo grau a influência das enchentes, mas que não perturbe o regime de estiagem e de águas médias do rio, de modo a prejudicar a pequena navegação que nele se faz e a autodepuração dos esgotos.

A CMRT concebe então um plano com uma visão integrada das infraestruturas, compreendendo o estudo de defesa contra inundações da área de várzea, o afastamento para jusante das descargas de esgoto lançadas 'in natura' e a navegação. Foram propostos dois grandes lagos no rio Tietê[8], que serviriam para o amortecimento da intensa vazão da foz do rio Tamanduateí, servindo também ao saneamento das áreas circundantes e à criação de um grande parque metropolitano. Para o traçado do canal, Brito manteve certa sinuosidade do rio no respeito às particularidades do sítio urbano e na recusa de modelos urbanísticos arbitrários. Nesse sentido, segundo Campos Filho (2002, p. 141), o arquiteto austríaco Camillo Sitte era sua referência principal, "contra os traçados geométricos, em quadrículas retangulares, praticadas de uma maneira rígida e arbitrária" (fig. 14).

Era proposta também a criação de uma série de represas a montante de São Paulo, com a finalidade de captar água limpa para abastecimento (BRITO, 1926, p. 143). A sugestão de Brito para a construção dessas represas foi atualizada pelo Plano Hibrace na década de 1960 e finalmente concretizada nas décadas seguintes, com a construção dos reservatórios de Ponte Nova, Biritiba Mirim e Taiaçupeba. Brito também ressalta a importância de se preservar as áreas de várzea a montante de São Paulo[9]: "Seria insensato preparar-se na capital um terreno livre das inundações e inundá-lo anos após por se fazer desaparecer a montante os 'regularizadores naturais' do regime do rio, no ponto de vista das enchentes" (op. cit., p. 206).

---

[8] Tais lagos junto à ponte das Bandeiras já haviam sido propostos nos estudos de 1893 realizados pelo eng. Fonseca Rodrigues e nos estudos de 1913 realizados pelo eng. Pacheco e Silva, que serviram de referência aos posteriores estudos de Saturnino de Brito (KUTNER; PALERMO; ZUCCOLO, 2015).

[9] Áreas a montante da atual barragem da Penha.

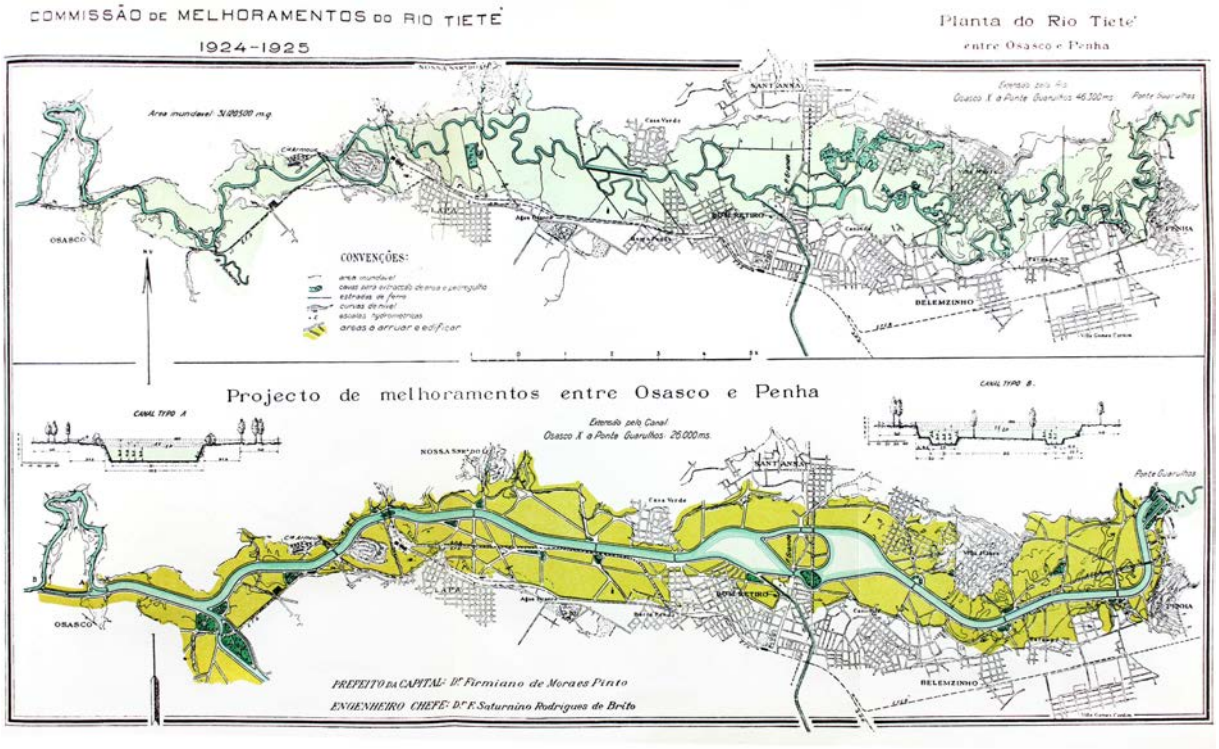


Fig. 14: Projeto da 'Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê', de 1925, coordenado pelo eng. Saturnino de Brito. Fonte: Silva (1950).

A urgência na solução do aumento da demanda energética, entretanto, fez com que as obras para o rio Tietê fossem adiadas, sendo aprovado o "Projeto da Serra" e consequente retificação do rio Pinheiros. Em 1926 é inaugurada a primeira turbina geradora em Cubatão, utilizando as águas do pequeno reservatório do rio das Pedras, de vertente marítima. Nos anos seguintes são executadas uma série de intervenções necessárias para reverter o fluxo do rio Pinheiros, dentre elas a retificação do curso do rio, a construção das estruturas de Retiro e Traição, e o represamento do rio Grande através da barragem de Pedreira, criando a represa Billings. Com a conclusão da barragem de Pedreira, em 1958, a represa Billings recebia as águas revertidas do Tietê e as encaminhava para o reservatório do rio das Pedras, permitindo que as usinas em Cubatão funcionassem a plena capacidade.

Em contrapartida à execução de tais obras, a companhia Light teria direito à concessão da zona sujeita a inundações e que seria beneficiada em consequência dessas obras, direito garantido pelo Código das Águas[10], de 1934. Seabra (1987) ressalta que a grande enchente de 1929, na qual a

[10] O Código das Águas foi primeiro marco legal em relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil, implantado pelo Decreto Federal 24.643 em 1934. Segundo Travassos (2004), o Código não regulamentava a ocupação das margens dos cursos d'água, não restringindo, assim, a impermeabilização das várzeas ou a construção de edificações próximas ao leito dos rios, e consequentemente não interferiu na prática que começava a se consolidar naquela época.

Light utilizou-se de engenheiros da Escola Politécnica para demarcar os limites territoriais da área de concessão determinada pela linha máxima da enchente, foi, na verdade, agravada pela própria Light, que abriu as comportas das represas de Guarapiranga e Rio Grande em um período já bastante chuvoso. Fica claro assim que um dos grandes interesses da Light era a apropriação das terras do leito maior do rio Pinheiros.

- Avenidas de fundo de vale

A retificação dos rios não se justificava exclusivamente pela obtenção de novas áreas de expansão, ou pela questão energética, como no caso do Pinheiros. Tão importante quanto as novas frentes de urbanização, a intervenção nas várzeas equacionava de forma conjunta uma série de questões estruturais, dentre as quais o sistema de transportes baseado em vias para automóveis, que desempenharia o papel fundamental de possibilitar a articulação entre os setores produtivos e dar acesso à constelação de bairros definidos por um modelo de ocupação cada vez mais extensivo (FRANCO, 2005).

Lagonegro[11] ressalta que o processo do 'rodoviarismo' no Brasil tornou-se mais visível após a proclamação da República, principalmente em São Paulo, onde a indústria automobilística recebia incentivos fiscais do governo e já produzia carros desde 1893. Washington Luiz, enquanto governador do Estado de São Paulo entre 1920 e 1924, define que "governar é abrir estradas", dando prioridade às obras rodoviárias, tendência esta que foi assimilada pelos governadores seguintes. Como consequência, na cidade de São Paulo o sistema de bondes da cidade foi sistematicamente desmantelado para abrir espaço para os ônibus e carros, permitindo uma ocupação extensiva da região, que acabou por criar situações de risco e exclusão de boa parte da população.

Nesta mesma direção é elaborado por Prestes Maia, em 1929, o 'Plano de Avenidas', que introduz o conceito de "cidade eficiente", com um sistema radio-concêntrico de vias arteriais para resolver o transporte na cidade, através de um conjunto de túneis, viadutos e avenidas de fundo de vale (fig. 15). Nas palavras de Maia (1929), "[...] o próprio relevo de São Paulo, que

---

[11] Entrevista com Marco Aurélio Lagonegro, "Lagonegro analisa raízes histórias do trânsito em São Paulo", de 13/09/2007, por Thais Kuperman Lancman. < http://citrus.uspnet.usp.br/aun/exibir?id=1717&ed=163&f=21>, acessado em 02/09/2017

acarreta o embaraço da circulação, indica e permite uma solução moderna: tunneis, viaductos, avenidas de thalweg[12], numa palavra: artérias rápidas". Este documento orientou a atuação de dois prefeitos a partir de 1930, Fábio Prado e o próprio Prestes Maia, na transformação do sistema viário e de transportes da cidade. As avenidas marginais são projetadas como importantes elementos de urbanização, ladeadas por conjuntos monumentais, instalações esportivas, estações de estrada de ferro e o aeroporto da cidade (fig. 16). Seriam assim as portas da cidade moderna (LEME, Maria Cristina da Silva. In: IAB-SP, 1991).

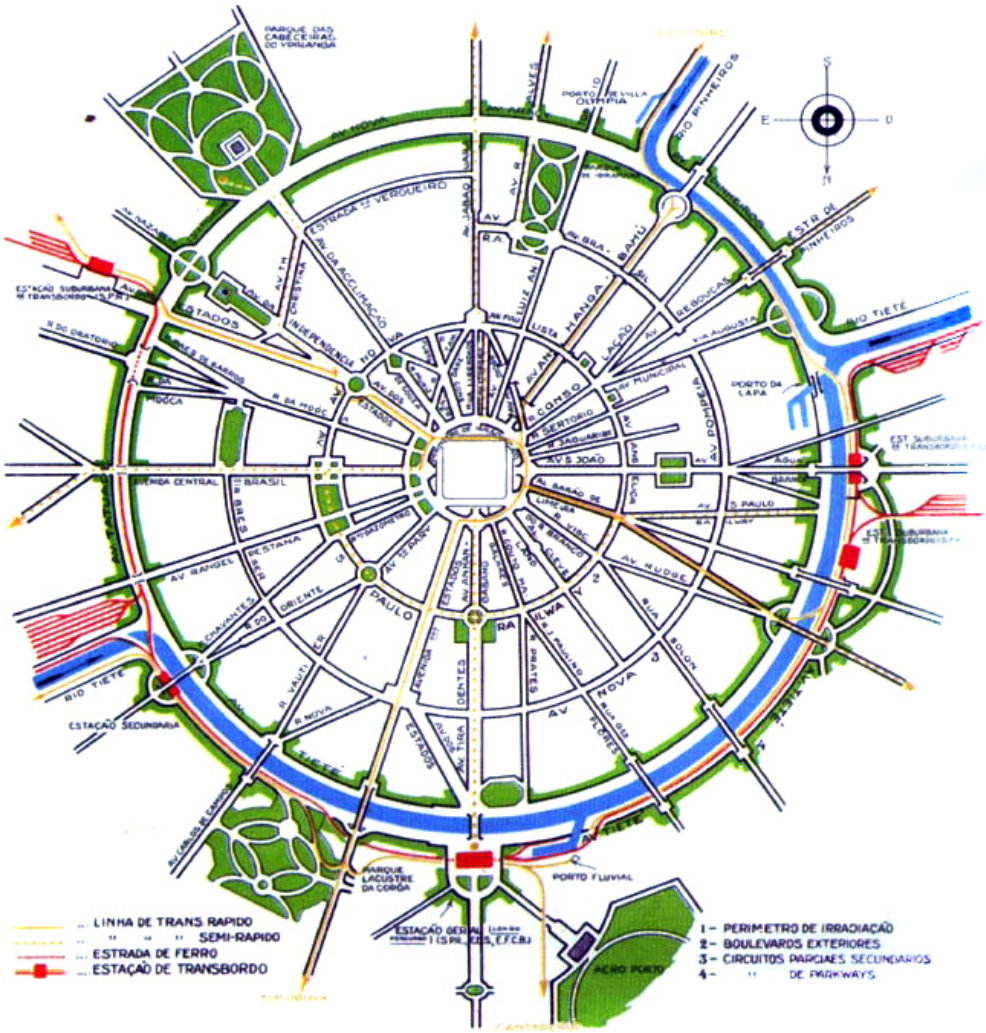


Fig. 15: Imagem do 'Plano de Avenidas', 1929, de Prestes Maia, com esquema conceitual dos anéis viários e avenidas radiais propostos para São Paulo.

[12] No português atual, 'avenidas de talvegue', ou 'avenidas de fundo de vale'.

Fig. 16: Imagem do 'Plano de Avenidas', 1929, de Prestes Maia, com a concepção das 'parkways'.

O início das obras de retificação do rio Tietê se deu em 1937, mas seguindo o projeto do eng. Ulhôa Cintra, então chefe da CMRT (fig. 17). Cintra refez o plano geral de urbanização da várzea do Tietê com vistas a adequá-lo ao 'Plano de Avenidas', reduzindo significativamente a faixa reservada às águas em relação à proposta anterior de Saturnino de Brito, de 180 m para 80 m, e suprimindo os lagos propostos na proximidade da Ponte Grande (SILVA, 1950). Kutner, Palermo e Zuccolo (2015) ressaltam que, caso a largura para o canal proposta por Saturnino tivesse sido mantida, inúmeras inundações teriam sido evitadas ao longo do século XX, e os trabalhos para adequação do leito realizados a partir de 1998 teriam sido muito menos trabalhosos, exigindo menor aprofundamento da calha.

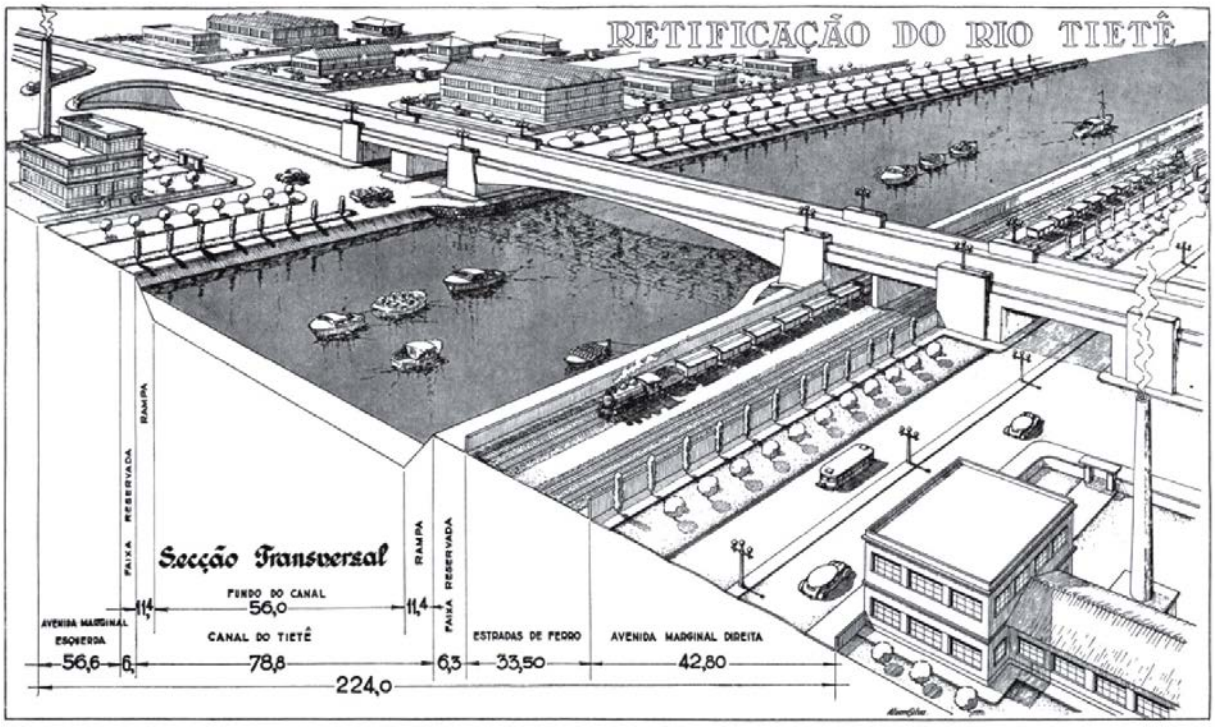


Fig. 17: Projeto da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê, sob chefia de Ulhôa Cintra, para a canalização do rio. Fonte: SILVA, 1950.

Em 1949 o prefeito Linneu Prestes contrata uma equipe dirigida pelo americano Robert Moses para elaborar o 'Plano de Melhoramentos Públicos para São Paulo' (MOSES, 1950). Moses havia concebido inúmeros projetos urbanos para Nova Iorque, sendo os mais conhecidos aqueles de vias expressas e pontes que devastaram grandes setores consolidados da cidade. Para São Paulo, Moses propõe a manutenção da estrutura radio-concêntrica do 'Plano de Avenidas', mas sugere que as avenidas marginais aos rios Tietê e Pinheiros, já concebidas esquematicamente no plano de Maia, fossem 'rodovias expressas urbanas', ligadas à rede de rodovias estaduais, concebendo assim a função que ainda cumprem hoje (figs. 18 e 19). Dessa forma, as vias expressas de Moses configuram uma cidade diversa dos bulevares concebidos por Prestes Maia (ANELLI, 2007).

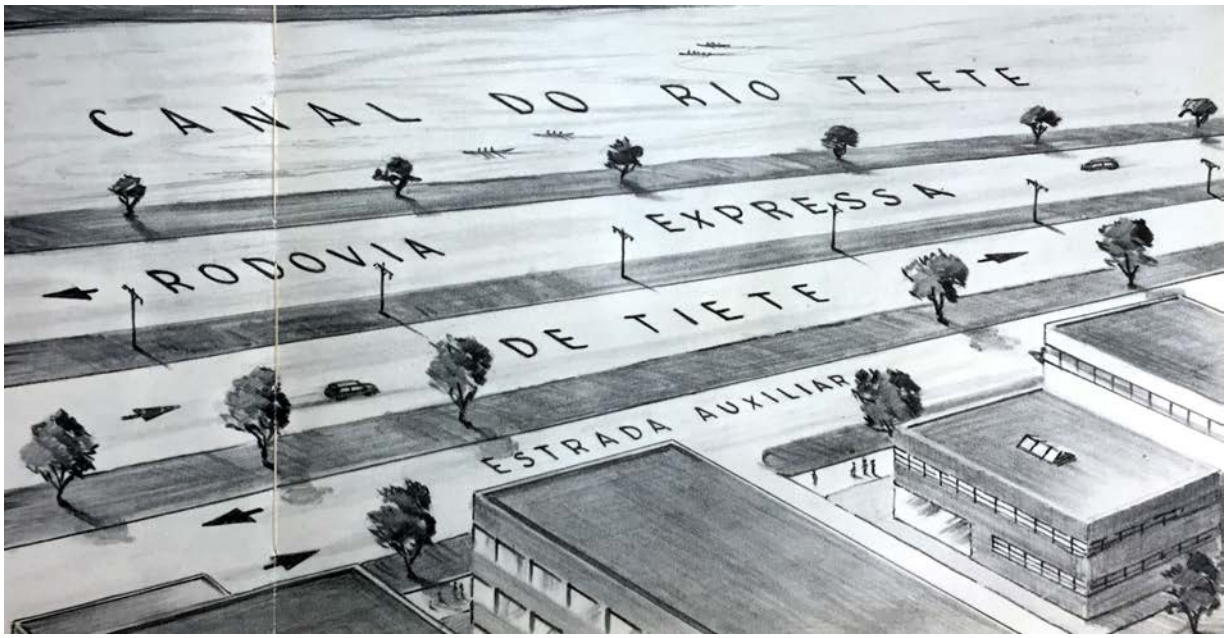


Fig. 18: Imagens do 'Plano de Melhoramentos Públicos para São Paulo' (MOSES, 1950), com a concepção de rodovias urbanas.

Fig. 19: Avenidas marginais no rio Tietê. Fonte: Agência Estado.

O 'Plano Urbanístico Básico', elaborado pela prefeitura de São Paulo em 1969, consolida a necessidade das avenidas de fundo de vale, recomendadas em função do baixo custo e da topografia suave, e nas décadas seguintes inúmeros córregos são cobertos ou ladeados por elas. Essas modernas avenidas, pela situação estratégica que ocupavam, passaram a abrigar diversos usos, como depósitos, estabelecimentos comerciais e de serviços. Segundo Oseki e Estevam (2006), o binômio saneamento/vias públicas enraizou-se então na administração municipal como maneira eficiente do poder público resolver vários problemas simultaneamente, marcando presença com grandes obras pela cidade, muitas vezes associadas a programas de realocação habitacional de populações invasoras das margens dos rios (fig. 20).

Fig. 20: Córrego do Sacomã, na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí: canalização em vala profunda entre vias para automóveis, associado a programas de habitação social. Fonte: foto do autor, de novembro de 2016.

Na década de 80, o PROCAV (Programa de Canalização de Córregos, implantação de Vias e Recuperação Social e Ambiental de Fundos de Vale), implantado pela PMSP a partir de 1987, representa o auge das intervenções de canais entre vias de fundo de vale. Houve melhorias, muitas vezes discutíveis, em relação ao saneamento e ao tráfego, mas a supressão das várzeas dos rios e impermeabilização de suas áreas verdes levou a uma intensificação das enchentes e ao

afastamento da população dos rios da cidade (OSEKI; ESTEVAM, 2006). Vale ressaltar que colaboraram para este cenário o forte incentivo à indústria automobilística e o abandono da expansão da rede ferroviária no Brasil a partir dos anos 1950.

1.1.3. Projetos para o Tietê a partir de 1960

Buscando reverter ou impedir a progressão do isolamento do rio Tietê da vida da cidade surgiram diversos projetos[13] a partir de 1960, dentro os quais podemos destacar o projeto do 'Parque Ecológico do Tietê', elaborado em 1977 por Ruy Ohtake, e projeto do 'Parque Tietê', de Oscar Niemeyer, elaborado em 1986.

O projeto do 'Parque Ecológico do Tietê', de Ruy Ohtake, tem suas origens nos estudos do urbanista Jorge Wilheim, elaborados em 1967, que previam a reurbanização do vale do Tietê através de um sistema de áreas verdes que se ampliava a leste, incorporando lagoas e várzeas[14]. O projeto de Ohtake de 1977 seguia essas diretrizes, e buscava preservar as áreas de várzea do Tietê que ainda não tinham sido ocupadas pela urbanização da cidade, abrangendo desde a nascente do rio, em Salesópolis, a 120 km de São Paulo, até a barragem de Edgar de Souza, em Santana do Parnaíba, a oeste da mancha urbana (fig. 21). Na década de 1980, 20% do projeto foi executado, incluindo um trecho a montante da barragem da Penha, na Zona Leste de São Paulo, e o trecho da Ilha do Tamboré, na Zona Oeste (OHTAKE, Ruy. In: IAB-SP, 1991).

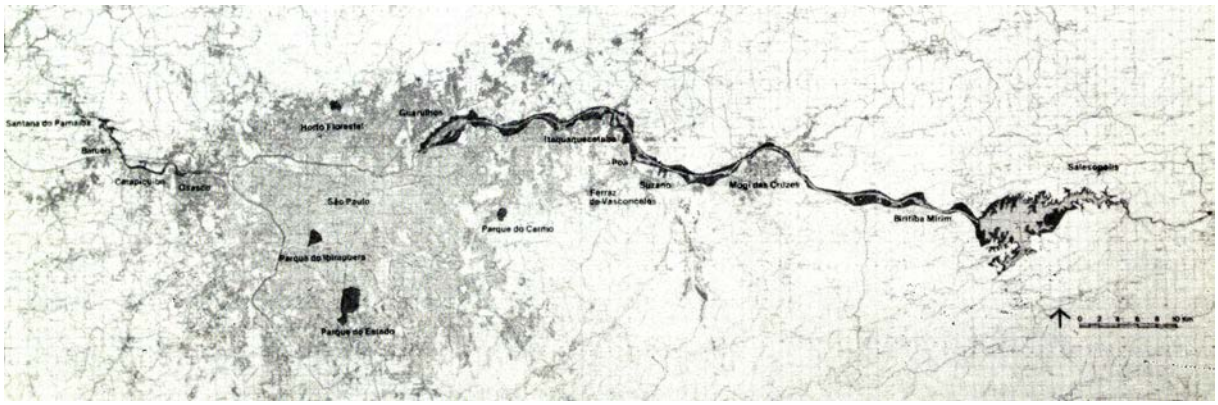


Fig. 21: Projeto do 'Parque Ecológico do Tietê', de Ruy Ohtake, elaborado em 1977. Fonte: IAB-SP, 1991

---

[13] A publicação 'Projeto Tietê' (IAB-SP, 1991) traz um resumo dos principais projetos elaborados nesta época.

[14] Sobre o 'Plano Urbanístico do Vale do Tietê', elaborado em 1967 por Jorge Wilhein, ver dissertação de mestrado de SANTOS, Alexandre Leitão. **Paisagem útil: o rio Tietê e a urbanização paulistana.** Orientador: Renato Luiz Sobral Anelli. São Carlos: IAU USP, 2014.

O projeto de Oscar Niemeyer buscava recuperar áreas da margem esquerda do rio Tietê para a formação de um grande parque metropolitano. A margem escolhida possuía uma urbanização mais rarefeita, na qual o novo parque se estenderia com uma largura variável entre 300 e mil metros a partir da borda do canal, totalizando 10 milhões de m² de áreas verdes com um programa que incluía zonas de esporte e recreio, habitações, escritórios, centro cívico e cultural. Para Niemeyer, o grande número de desapropriações e demolições seria um problema menor diante da profunda e irrecusável transformação urbanística que iria constituir tal parque para a cidade de São Paulo (NIEMEYER, Oscar. In. IAB-SP, 1991) (fig. 22).

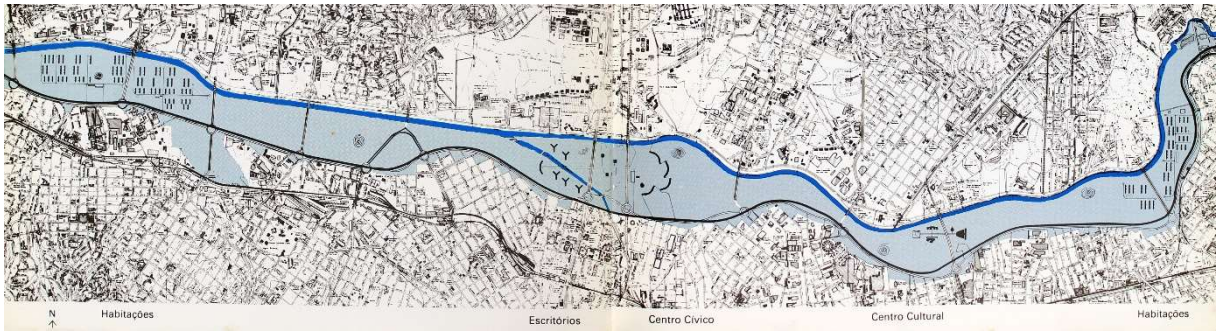


Fig. 22: Projeto do 'Parque Tietê', de Oscar Niemeyer, elaborado em 1986. Fonte: IAB-SP, 1991

A partir de 2011 o DAEE deu continuidade ao trecho leste do projeto de Ruy Ohtake, agora intitulado 'Parque Várzeas do Tietê', com 75 km de extensão e 107 km² de área, unindo o parque existente na Penha ao parque Nascentes do Tietê localizado em Salesópolis, com previsão de conclusão em 2022. O projeto foi adaptado levando em conta os novos bairros que foram construídos na área de várzea do rio, vulneráveis às cheias periódicas da região. Para evitar a remoção da população e impedir novas ocupações, foi projetada uma 'via parque' na forma de um dique, que demarca o limite do parque e evita que as águas das cheias entrem nos bairros. A microdrenagem das ruas dos bairros é então encaminhada para um canal de circunvalação no interior do dique, com função de drenar a água das chuvas para um reservatório de acumulação, no qual a água é armazenada e lançada ao rio após o período de pico de vazão (DAEE, 2016) (figs. 23 e 24).

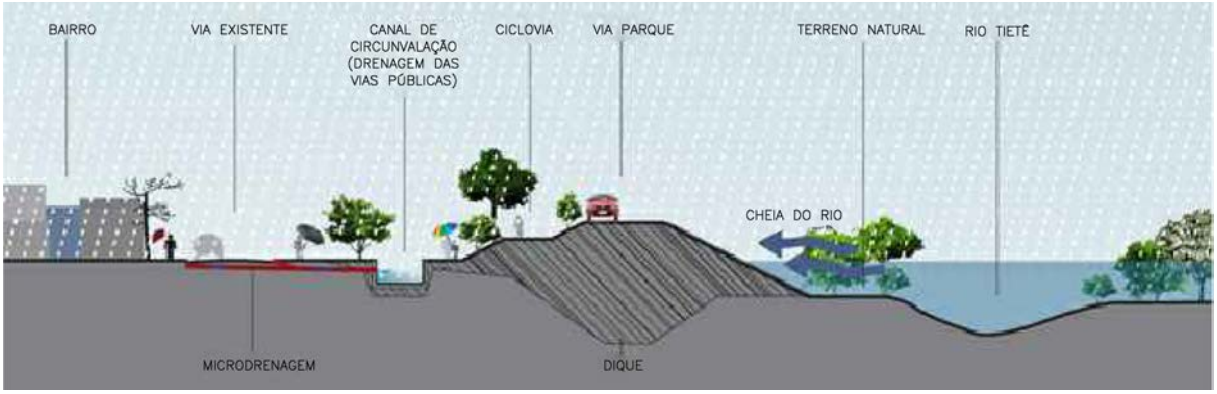


Fig. 23: Corte transversal da 'Via Parque', na Vila Itaim, que forma de um dique para proteger o bairro das cheias do rio Tietê. Fonte: DAEE, 2016.

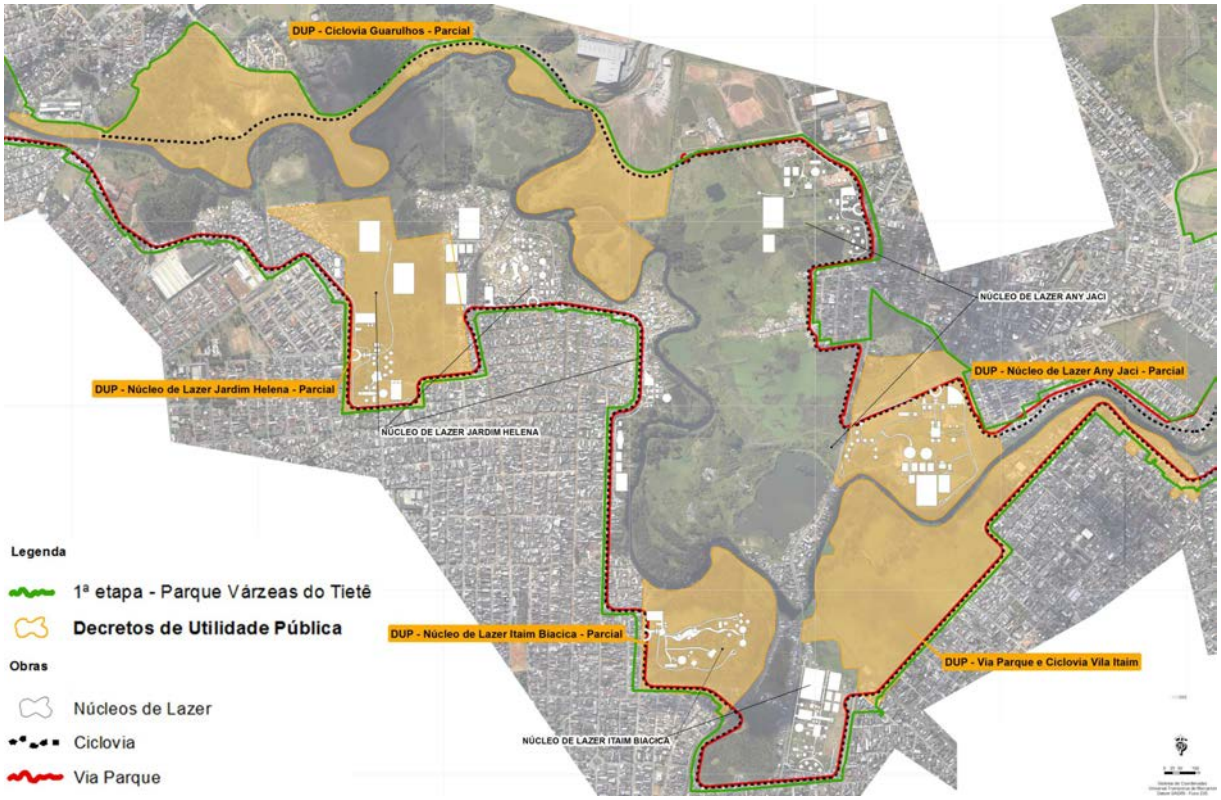


Fig. 24: Projeto do 'Parque Várzeas do Tietê' nos bairros de Jardim Helena e Vila Itaim. Fonte: DAEE, 2016.

Em relação à navegabilidade do canal, estão em andamento algumas obras com o principal objetivo de viabilizar o transporte fluvial do material dragado do leito do rio. Em 2004 foi inaugurada a eclusa do Cebolão, na confluência do rio Pinheiros e Tietê, que permitiu a navegação ao longo de 45 km entre as barragens de Edgard de Souza e Penha. Com a conclusão, em 2017, da Eclusa da Penha, junto à barragem de mesmo nome, será possível a navegação fluvial em pelo menos 14 km ao longo do 'Parque Várzeas do Tietê'. Os estudos para o

'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011) propõe a construção de duas novas barragens que criariam lagos navegáveis a montante da Penha e um sistema de portos fluviais ao longo do parque. O projeto para o 'Hidroanel' será apresentado no subcapítulo 2.2.

1.1.4. Projetos de intervenção em cursos d'água a partir dos anos 1990

Na década de 1990 começa a ser incorporado nas administrações públicas o conceito de parque linear ao longo dos cursos d'água, buscando uma maior aproximação aos princípios estabelecidos na legislação para as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dentro das áreas urbanas (TRAVASSOS; SCHULT, 2013). Em São Paulo, um dos primeiros parques lineares construídos localiza-se às margens do córrego Tiquatira, na zona leste da cidade, inaugurado em 2007. Trata-se de um avanço na maneira de tratar os rios na cidade, porém ainda mantendo aspectos do padrão de urbanização anterior, com grandes avenidas após a faixa de parque, que formam uma barreira de difícil transposição para acesso dos pedestres à área verde, e canalização em vala profunda, com o objetivo de criar um volume de espera para as cheias, mas que impede a proximidade com as águas do córrego. Para além da vala profunda, vigas de travamento foram construídas entre as paredes do canal, com o objetivo de facilitar a contenção das margens, isolando ainda mais as águas do contato visual com os pedestres (fig. 25).

Fig. 25: Parque linear do córrego Tiquatira, mantendo o padrão de canalização em valas profundas. Fonte: foto do autor, 2008.

A partir de 2007, o Programa de Recuperação Ambiental de Cursos D'água e Fundos de Vale (Programa Córrego Limpo - PMSP/Sabesp) passou a fazer a despoluição das águas e implantação de parques lineares em suas margens. Nos córregos tratados, o programa atingiu bons índices de despoluição, representando um avanço significativo ao integrar ações da Prefeitura e da SABESP (fig. 26). Porém, a avaliação da eficácia desse programa ainda é controversa, uma vez que em muitas situações é necessária a integração com outros setores, como o de habitação social, para a reorganização dos assentamentos nas margens dos córregos, sob risco de retorno da poluição eliminada. Desta forma, o concurso de projetos 'Renova-SP'[15], em 2011, foi um avanço ao integrar projetos de habitação social a ações de infraestrutura, incluindo a recuperação de cursos d'água (ANELLI, 2015). Infelizmente, os projetos vencedores do concurso não foram concretizados.

Fig. 26: Córrego na Vila Leopoldina, em frente à Praça Dr. Adroaldo Barbosa Lima, despoluído pelo 'Programa Córrego Limpo'. Foi possível observar pequenos peixes na água. Fonte: foto do autor, janeiro de 2018.

[15] O Renova-SP foi um Concurso Público Nacional de Arquitetura e Urbanismo promovido em 2011 pela Prefeitura de São Paulo e pela Secretaria Municipal de Habitação – SEHAB. Tinha como objetivo selecionar as melhores propostas de Arquitetura e Urbanismo para a Requalificação Urbana e Habitação de Interesse Social de áreas inseridas no Programa de Urbanização e Regularização de Assentamentos da SEHAB.

- Construção dos reservatórios de amortecimento, os 'piscinões'

Oseki e Estevam (2006) dividem as intervenções nos cursos d'água da cidade em três fases: a 'fase higienista', a 'fase das canalizações e das avenidas de fundo de vale' e a 'fase da reservação'. Até 1920 tem-se a 'fase higienista', na qual o argumento para as intervenções nos rios era o de controlar epidemias causadas pelo déficit na coleta de esgotos e pelas cheias dos rios. Durante este período foram retificados diversos trechos do Tamanduateí e do Tietê. Após 1929 as indústrias urbanas começam a crescer ao longo dos eixos ferroviários nas planícies dos rios, potencializando a aparição de vilas operárias, que com o tempo se conurbavam com a cidade gerando um "mosaico" de loteamentos com diferentes desenhos viários. Tem-se início então a 'fase das canalizações e das avenidas de fundo de vale', com grandes planos que determinavam a ocupação das planícies dos rios para a produção do espaço da cidade e de suas vias de circulação. Na década de 1990, a fim de compensar o desequilíbrio hidrológico causado pela impermeabilização das encostas e ocupação das áreas de várzea, tem-se a 'fase da reservação', com a construção de reservatórios de amortecimento de cheias, os "piscinões".

Na construção das avenidas de fundo de vale, os rios e córregos são canalizados visando o aumento de sua condutividade hidráulica, para assim drenar mais rapidamente as águas pluviais e atender ao novo hidrograma da bacia que, pelo aumento da impermeabilização do solo e supressão das áreas de várzea, tem seu pico de cheia acentuado e antecipado (fig. 27). Com o rápido escoamento de grandes quantidades de água pelos canais, porém, podem ocorrer inundações a jusante, uma vez que o espaço da várzea dos rios está ocupado. Segundo Silva e Porto (2003), as avenidas de fundo de vale também acabam por induzir a um padrão convencional e adensado de uso e ocupação do solo que ao mesmo tempo contribui para o aumento das enchentes e é mais vulnerável às suas consequências. Desta forma, inúmeros pontos de inundação[16] surgiram na cidade em decorrência deste processo de urbanização da cidade, demonstrando as falhas desse sistema.

---

[16] **Inundação** representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. As **enchentes** ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar. O **alagamento** é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem. A **enxurrada** é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais. Fonte: Min. Cidades/IPT (2007)

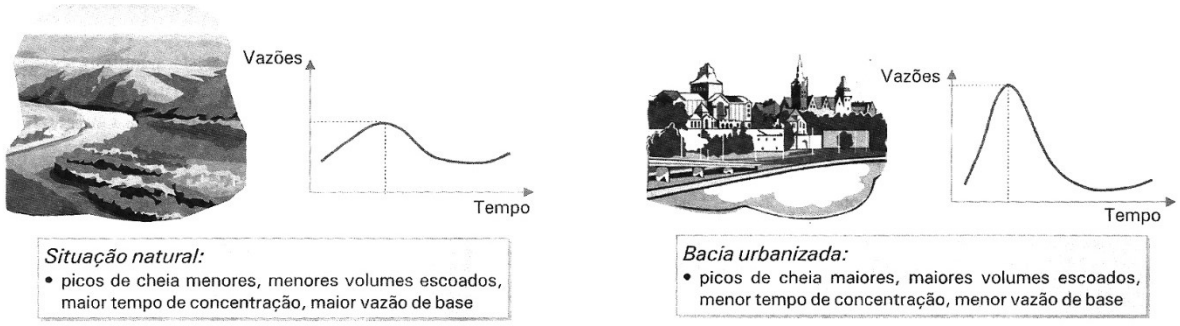


Fig. 27: Modificações no hidrograma de uma bacia em consequência da urbanização. Fonte: Miguez, Veról e Rezende, 2016.

Começaram a surgir então alternativas para reservar parte das águas da chuva, sendo inaugurado em 1994 o primeiro reservatório de detenção de cheias em São Paulo, em frente ao estádio do Pacaembu, concebido pelo engenheiro civil Aluísio Canholi. Trata-se de uma maneira de compensar a supressão das áreas naturais de infiltração e acumulação das águas das chuvas com a criação de grandes reservatórios que recebem o excedente das águas em períodos chuvosos, para depois liberá-lo aos poucos de volta para o sistema de drenagem. O 'piscinão' do Pacaembu, como ficou conhecido, foi considerado bem-sucedido em termos hidrológicos, e representou uma mudança de paradigma na drenagem urbana de São Paulo. A partir dessa experiência vários outros 'piscinões' foram realizados, e vários estão em construção ou previstos, sendo até os dias atuais a principal solução adotada para tentar minimizar as inundações da cidade. Entre 1998 e 2002 o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) realizou o primeiro 'Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia do Alto Tietê' (PDMAT), definindo as premissas básicas para as principais sub-bacias afluentes ao Tietê, e estabelecendo as vazões de restrição[17] para cada sub-bacia, indicando assim onde seriam necessários os novos piscinões (CANHOLI, 2014).

[17] Segundo Canholi (2014), a 'vazão de restrição' de um rio ou córrego é um teto de vazão estabelecido como meta para a sua foz, definido por critérios técnico-econômicos e ambientais, após discussões pertinentes do Comitê da Bacia e da Câmara Técnica de Drenagem. Para atingir essa meta é necessária a retenção dos volumes de cheia, prioritariamente, o mais próximo das áreas onde foram gerados, bem como exige a observação de novos critérios hidráulicos no projeto das canalizações.

Fig. 28: Piscinão da Vila Pauliceia, em São Bernardo (SP), com capacidade para absorver 380 milhões de litros de água. Fonte: DAEE

Pellegrino, Moura e Martins (2014) ressaltam que, quanto ao controle pluvial, o emprego dos reservatórios de detenção tem mostrado ser uma solução eficaz no combate às enchentes em bacias hidrográficas urbanizadas na RMSP, e por conta disso o DAEE prevê a implementação de mais 160 piscinões até 2020. Contudo, ao se considerar o ciclo hidrológico e os processos naturais, além dos altos custos, impactos sociais e urbanos, essa estratégia tem se demonstrado ineficiente. Toda a poluição da bacia hidrográfica é escoada para os reservatórios, que detêm assim lixo e assoreamento. Ocorrem então inúmeros inconvenientes, como obstrução de grades e bombas, aspecto desagradável e mau cheiro, que resultam na rejeição deste tipo de estrutura pela população e vizinhança imediata. Além disso, segundo Silva e Porto (2003), espaço, terrenos, imóveis, são bens valorizados nas áreas urbanas, e remover a ocupação das várzeas ou criar espaços para os piscinões são soluções extremamente custosas.

As soluções de engenharia adotadas nas últimas décadas para os rios de São Paulo, como canalizações e piscinões, intervêm no efeito provocado pelas precipitações na bacia urbanizada, ou seja, buscam adequar sistema de drenagem às novas vazões geradas pós-urbanização. O problema das enchentes urbanas é tratado então como uma consequência direta desse 'excesso'

de chuva, sem se considerar o funcionamento da bacia hidrográfica como um sistema inter-relacionado. Como resultado, temos um desenho dos componentes infraestruturais de drenagem urbana que impede qualquer aproximação das pessoas com as águas da cidade.

1.1.5. Abastecimento de água e tratamento de esgoto

Assim como nas obras de canalização de rios, as redes de serviços urbanos são introduzidas no Brasil no final do segundo império (1870-90), quando o país se dirige a um modelo urbano-industrial. A promulgação em 1850 da Lei de Terras e a proibição do tráfico negreiro apontam que tanto a terra como a força de trabalho tornar-se-iam mercadorias. Assim, a rede de serviços urbanos viabiliza a produção de um espaço homogêneo e reprodutível, que será a condição de sua troca e mercantilização. No fim do século XIX, companhias privadas começam então a operar em São Paulo por concessão do Estado, fornecendo serviços (água, luz, esgoto, telefone e transporte) e determinando uma nova forma de cidade (OSEKI; MAUTNER, 1993).

As mesmas dificuldades enfrentadas pela drenagem urbana em relação ao relevo acidentado da cidade, e à proximidade das cabeceiras da bacia hidrográfica, eram também desafios às redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Em 1866 a falta de água nos chafarizes públicos levou a violentas revoltas da população. Naquela época não havia nem água nem coleta de esgoto nas edificações paulistas. O Governo da Província organiza então em 1875 um plano para suprir o abastecimento de água na cidade de São Paulo com a captação das águas da serra da Cantareira e um sistema de distribuição nas ruas e casas da cidade, bem como a instalação de um sistema completo de 'despejos e esgotos' nos prédios da capital. Dois anos depois é fundada a 'Companhia Cantareira de Águas e Esgotos', companhia privada brasileira ligada ao grande capital cafeeiro, contratando serviços de engenheiros ingleses, e em 1881, como resultado das obras empreendidas, a água da Cantareira chega ao reservatório da Consolação, por meio de uma adutora de 300 mm de diâmetro.

Em 1892, a Companhia Cantareira foi desapropriada e estatizada, e seus serviços assumidos pela Repartição de Águas e Esgotos da Capital (RAE), criada em 1893. A oferta era então limitada a dois mananciais, Ipiranga (aproximadamente 3000 m³/dia) para a parte baixa – Brás, Mooca e Ipiranga – e Cantareira (outros 3000 m³/dia) para o centro, passando pelo reservatório Consolação (SILVA, 2014). No início do século XX, para a expansão da oferta de água para a

cidade, outros sistemas foram construídos, tanto de 'águas altas', com captação em mananciais de cabeceiras em zonas não urbanizadas, quanto de 'águas baixas', do rio Tietê e seus afluentes, cujas impurezas eram eliminadas mediante tratamento[18]. Nas décadas seguintes buscou-se cada vez mais novas fontes de água para o sistema de abastecimento, porém a metrópole nunca chegou a criar um 'banco de águas' suficiente para atender às contingências da seca. Segundo Silva (2014), "nos dias atuais, o sistema produtor atual apenas dá conta das necessidades de abastecimento em condições normais de afluência, sem reserva estratégica para garanti-las em anos secos", haja visto a escassez crítica de água na RMSP entre os anos de 2014 e 2016.

Em relação à coleta de esgoto sanitário, a 'Companhia Cantareira de Águas e Esgotos' estabelece, a partir de 1875, uma rede de esgotamento sanitário adotando o sistema misto, afluindo para os coletores de esgotos as águas pluviais de telhados e quintais. Segundo Brito (1926), esse sistema demonstrou-se problemático, pois os coletores de alvenaria de tijolo não suportavam a carga excessiva a que ficavam sujeitos após as grandes chuvas. Desta forma, em 1912 é resolvido adotar nos novos bairros o sistema separador completo. Em 1926 é apresentado ao prefeito de São Paulo um diagnóstico elaborado na 'Comissão de Melhoramentos do rio Tietê', coordenada pelo Eng. Saturnino de Brito, sugerindo uma solução integrada para o esgoto e o rio Tietê. Nesse diagnóstico foram identificados usos conflitantes das águas e a necessidade de um plano conjunto:

> É tempo, porém, de organizar um plano para as superfícies ainda por esgotar nas duas margens do rio Tietê e na do rio Pinheiros. É preciso que as aprovações dos planos de extensões propostas pelos proprietários ou pela Diretoria de Obras sejam precedidas de consulta à Repartição de Águas e Esgotos, para que os examine no ponto de vista das obras de saneamento [...] (BRITO, 1926, p. 185)

Esse plano conjunto significaria romper com a racionalidade das redes, pois cada companhia concessionária de serviços, seja privada ou estatal, visava o lucro, de forma que as interesses delas nem sempre seriam convergentes. Para a Companhia Light, por exemplo, interessava o volume d'água para gerar energia, e não a qualidade da água. Desta forma, esta ação conjunta sugerida permaneceu no plano ideológico (OSEKI; MAUTNER, 1993).

---

[18] Saturnino de Brito, representando as linhas mais inovadoras da engenharia sanitária à época, admitia a captação de 'águas baixas' com níveis aceitáveis de impureza, a serem eliminadas mediante tratamento, e defendia a implantação do sistema produtor do Rio Claro, na periferia metropolitana leste, distante cerca de 80 km do núcleo central (SILVA, 2014).

No que tange ao tratamento do esgoto, Brito (1926, p. 186) ressalta que, no início do século XX, ainda não estavam disponíveis processos definitivos – econômicos e eficientes – para depurar os despejos dos esgotos. Desta forma, o Tietê sempre foi considerado o receptor e veículo natural de todos os despejos, apesar de sua reduzida capacidade de autodepuração devido à baixa vazão de estiagem. Somente em meados dos anos 1940 concretiza-se uma das primeiras tentativas de tratamento pela Repartição de Águas e Esgotos, com a montagem de uma estação experimental de pequeno porte – Ponte Pequena –, e a construção de outra estação experimental no bairro do Ipiranga. Segundo Ferrara (2013), a estação no bairro do Ipiranga foi construída para atender 34.000 habitantes, lançando os efluentes tratados no rio Tamanduateí, e teve destaque na busca de diversas formas de tratamento e na utilização do gás resultante do tratamento de esgotos na produção de energia para a própria estação.

Em 1950, o relatório organizado pelo engenheiro norte-americano Robert Moses, sob encomenda do prefeito Linneu Prestes, aponta a grave situação das águas urbanas em São Paulo. Segundo o relatório, em 1945 somente 55% da população da cidade contava com coleta de esgotos, sendo que a quase totalidade desses efluentes era despejada nos rios Tietê e Pinheiros sem tratamento algum. Quantidades consideráveis de águas contaminadas desses rios eram então recalcadas pela Companhia Light para o reservatório do Rio Grande, a fim de serem usadas na produção de energia elétrica. O relatório destacava a urgente necessidade de submeter grande parte dos líquidos residuais a processos de purificação, e apontava preliminarmente a necessidade de construção de cinco estações de tratamento de esgotos (MOSES, 1950).

Ao longo da década de 1950 são contratados pelo Departamento de Águas e Esgotos, que substituiu a Repartição de Águas e Esgotos, alguns projetos norte-americanos, como o Greeley-Hansen, baseado no uso múltiplo das águas do TVA, e o projeto Hazen-Sawyer, nos quais prevalecia a geração de energia em detrimento ao saneamento básico, e que não chegaram a ser implantados. Em 1970 é concebido o projeto Sanegran, que propunha o tratamento de esgotos em 5 grandes estações (ETEs) mantendo o complexo Billings-Cubatão. Assim, os esgotos são captados em coletores tronco que margeiam os córregos, seguindo para interceptores junto às calhas do Pinheiros e Tietê que levam, através de estações elevatórias, o esgoto até as ETEs (OSEKI; MAUTNER, 1993).

O projeto Sanegran foi concretizado ao longo das décadas seguintes, tendo sido construídas as 5 estações de tratamento e parte dos coletores tronco previstos. Mesmo com o avanço na coleta e

tratamento dos esgotos, a situação dos rios da cidade não apresentou melhora significativa, a ponto da inversão do rio Pinheiros para a represa Billings ter sido proibida pela Constituição Estadual de 1989, só sendo permitida em casos emergenciais para evitar inundações. Dessa forma, a usina de Henry Borden funciona atualmente na sua capacidade mínima, e as águas do rio Pinheiros, extremamente poluídas, estão praticamente estagnadas[19].

A construção de um sistema de esgotos baseado em estações elevatórias, coletores-tronco e grandes estações de tratamento consolidou um modelo que se mantém até hoje, atualizado na década de 1990 com o nome de 'Projeto Tietê' (fig. 29). O 'Projeto Tietê' tem como objetivo a implantação de coletores tronco ao longo de todos os rios e córregos da cidade, visando a universalização dos serviços de saneamento ao longo da próxima década (SABESP, 2013). Ferrara (2012) ressalta, porém, que para que os esgotos alcancem as grandes estações o percurso é longo e depende da realização de obras complexas, pois são executadas no tecido urbano consolidado. Atualmente, apesar das estações de tratamento de esgoto terem capacidade ociosa, nem todo o esgoto coletado é tratado, contaminando os corpos d'água com lançamentos diretos de efluentes[20].

Em 2009, a Região Metropolitana de São Paulo contava com 80% dos esgotos coletados, sendo que somente 32% do esgoto nela gerado eram tratados. A situação atual é ainda de forte déficit no setor, com a necessidade de expansão da rede coletora, da complementação das interligações dos coletores tronco e interceptores, da eliminação dos extravasores da rede coletora existente nos cursos d'água e da eliminação das ligações clandestinas nos sistemas de drenagem de águas pluviais (CBHAT, 2009). Além disso, há a necessidade de serem iniciadas atividades que visem minimizar o problema da carga difusa de poluição, proveniente da lavagem da superfície urbanizada pelas chuvas, que carrega inúmeros tipos de poluentes como combustíveis e óleos, e também uma quantidade razoável de lixo doméstico. Segundo Tucci (2003), a quantidade de material suspenso na drenagem pluvial pode ser superior à encontrada no esgoto *in natura*, principalmente nos primeiros 25mm de chuva.

---

[19] Em visita à EMAE e à Usina de Henry Borden em novembro de 2015, nos foi informado que a usina hoje funciona na sua capacidade mínima, gerando 3,82% da energia que poderia ser produzida, apenas para manter a refrigeração dos geradores que podem ser acionados em caso de emergência, alcançando 100% de sua potência em apenas 3 minutos.

[20] Em reportagem do G1 de abril de 2017, foi constatado que, apesar da SABESP ter tido um lucro em 2016 de quase R$ 3 bilhões, alta de 449,5% na comparação com 2015, o investimento no 'Projeto Tietê' diminuiu, passando de R$ 378 milhões em 2015 para R$ 342 milhões ano passado. Fonte: https://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/com-lucro-recorde-sabesp-reduz-investimento-para-despoluicao-do-rio-tiete.ghtml>. Acesso em 14/10/2017.

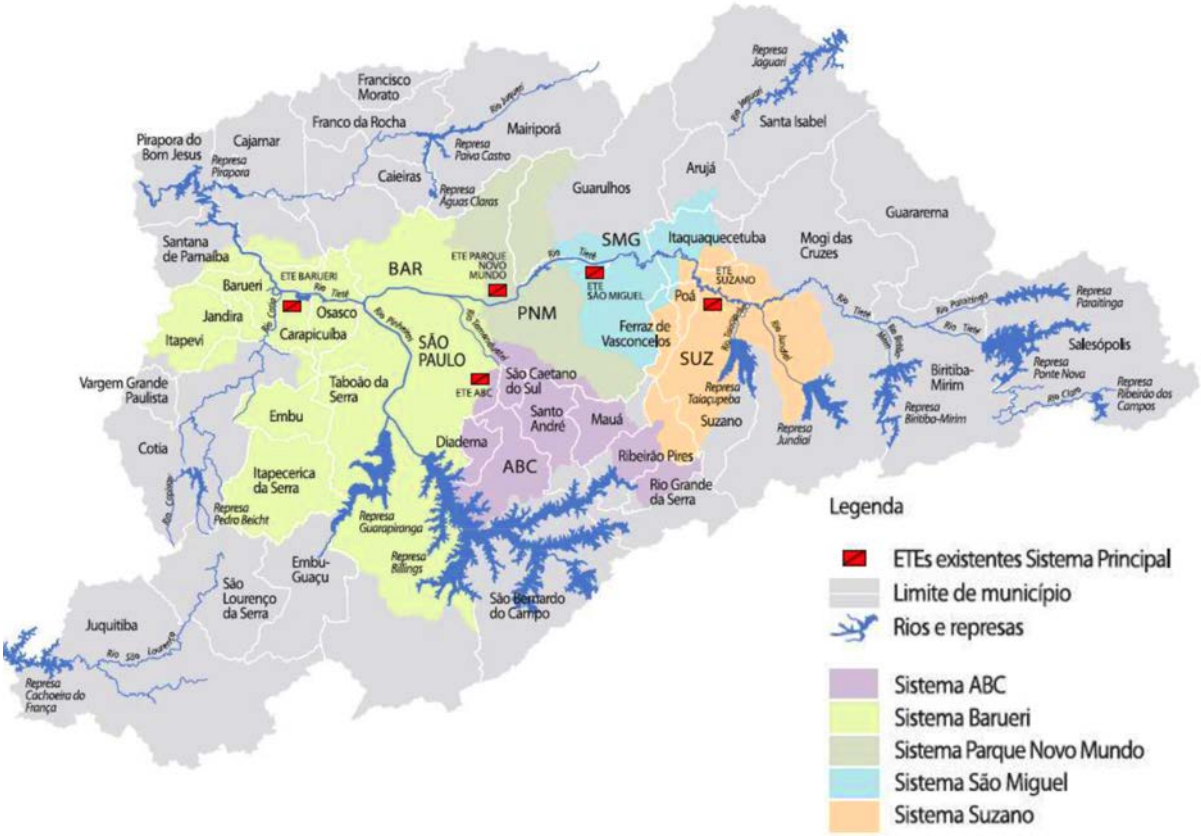


Fig. 29: 'Projeto Tietê': sistema de tratamento de esgoto da RMSP baseado em cinco grandes estações. Fonte: PDE-10 (COBRAPE/CONCREMAT, 2010)

Analisando a atual condição da metrópole de São Paulo, Oseki e Mautner (1993) consideram que os serviços urbanos, mesmo depois de estatizados, permanecem parcelados com tecnologia de monopólios, com a produção de cada rede utilizando tecnologias próprias. Esta forma parcelada da produção do espaço urbano reforça a tendência de sempre privilegiar macroprojetos em detrimento de soluções alternativas de âmbito local ou distrital. Para os autores, o regime de concessões dos serviços públicos urbanos, pelo menos no que se refere à Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, foi desastroso:

> As companhias estatais ou privadas não conseguiram a utilização ótima de um mesmo recurso, as águas dos rios, pois estas não estão servindo nem ao abastecimento de água, nem ao fornecimento de energia elétrica (em escala relevante), nem como infraestrutura de transportes ou de lazer, mas se transformaram apenas em canaletas a céu aberto de esgotos. [...] as consequências da implantação de soluções parciais, de planos de saneamento executados pela metade refletindo conflitos entre interesses na esfera do capital, entre o setor imobiliário, das empreiteiras, empresas do setor energético, de transportes, além das prioridades dos órgãos de financiamento externo, agravaram-se no decorrer das décadas chegando à situação crítica atual (OSEKI; MAUTNER, 1993).

1.2. Caracterização e histórico de projetos da Bacia Hidrográfica do Tamanduateí

O rio Tamanduateí é um dos principais afluentes do Tietê na Região Metropolitana de São Paulo, percorrendo 36 km desde suas nascentes no município de Mauá até a foz no rio Tietê. Sua bacia hidrográfica se alarga em forma de leque a partir da foz até as cabeceiras, com área total de 332,17 km² e abrigando uma população de cerca de 3 milhões de habitantes[1], se espraiando pelos municípios de São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Mauá e Diadema. O principal afluente do Tamanduateí é o ribeirão dos Meninos, um curso d'água de porte semelhante, em vazão e área de bacia hidrográfica, ao próprio Tamanduateí acima da confluência de ambos. Podemos assim dividir a bacia do Tamanduateí em três partes características:

(1) Sub-bacia do Tamanduateí Inferior, a jusante da confluência do Córrego dos Meninos (87,88 km²), inteiramente inserida no município de São Paulo. Trecho de 12,4 km do rio Tamanduateí.
(2) Sub-bacia do Tamanduateí Superior, a montante da confluência do Córrego dos Meninos (133,15 km²). Trecho de 23,6 km do rio Tamanduateí.
(3) Sub-bacia do Meninos (111,14 km²). Extensão do ribeirão dos Meninos: 20 km.

O Tamanduateí Superior recebe vários pequenos afluentes, sendo o principal o ribeirão do Oratório. Na sub-bacia do Meninos o principal afluente é o ribeirão dos Couros. Já no Tamanduateí Inferior, os afluentes de maior porte são os córregos da Mooca e Ipiranga.

Assim como os rios Tietê e Pinheiros, o Tamanduateí é um rio de planície sedimentar, e possuía originalmente um amplo leito maior, ocupado pelas águas nos períodos chuvosos, e um leito menor relativamente reduzido, que perfazia inúmeros meandros ao percorrer as áreas baixas do fundo do vale. Segundo Ab'Sáber (1957), é ao engenheiro-geógrafo baiano Teodoro Sampaio que se deve o primeiro estudo de maior detalhe sobre a topografia da cidade de São Paulo. Transcrito

---

[1] População estimada a partir do Censo Demográfico 2010 do IBGE, disponível em <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 20/09/2017. Para a área da bacia dentro do município de São Paulo foi adotada a densidade média demográfica em 2010, de 7.398,26 hab/km². Para as demais áreas foi considerada a população total das cidades em 2010, descontando a partir da média demográfica de cada município as áreas de Diadema e São Bernardo do Campo não pertencentes à bacia.

por Alfredo Moreira Pinto, Teodoro Sampaio descreve o vale do Tamanduateí na década de 1880-1890:

> Separando a cidade do bairro do Braz está a extensa e úmida várzea do Tamanduateí, que desde a ponte de Luiz Gama[2], ao sul, até o rio Tietê, ao norte, tem 3.890 metros e uma largura média de 480 metros. Esta planície, suscetível de inundações na época das chuvas e retalhada transversalmente por vários aterrados, tem no seu ponto mais baixo no Tietê a altitude de 718m837 e na ponte Luiz Gama 722m111, o que equivale a uma diferença total de nível de 3m273. O terreno da várzea cai, pois, para o Tietê, com uma declividade de 0m846 por quilômetro. (1899[3], apud AB'SABER, 1957).

Ao longo do processo de urbanização da cidade o rio Tamanduateí e seus afluentes sofreram inúmeras agressões, através de obras que tinham como objetivo criar em suas margens espaço para circulação de automóveis e expansão urbana. Tais obras conduziram ao estado atual dos cursos d'água da bacia, extremamente poluídos e segregados da vida urbana não só pelas vias expressas que os ladeiam como também pelo desenho de suas canalizações, que impedem qualquer aproximação às águas.

A progressiva impermeabilização da bacia e ocupação das áreas de várzea trouxe como consequência recorrentes inundações nas áreas mais baixas, principalmente no trecho inferior do Tamanduateí, a jusante da foz do Meninos, onde as águas das duas sub-bacias de montante confluem. Para evitar essas inundações foram empreendidas diversas obras de retificação, canalização e aprofundamento do leito do Tamanduateí ao longo do século XX, a fim de aumentar a vazão e velocidade de suas águas escoando-as assim com maior facilidade para o rio Tietê. Dessa forma, ao invés de tratarem-se as causas, modificando o padrão de urbanização, buscou-se minimizar os efeitos, num processo inesgotável que se perpetua até os dias de hoje.

Ao compararmos as vazões das águas do trecho inferior do Tamanduateí fica claro como o crescimento desse padrão intensivo de ocupação urbana contribui para a mudança do ciclo hidrológico da bacia. Em 1890, a vazão máxima medida próximo à ponte Santos Dumont era de 30 m^3/s. O primeiro grande projeto de canalização, construído a partir de 1913 já previa uma vazão máxima de 100 m^3/s. Com a continuidade da ocupação do restante da bacia hidrográfica, o novo projeto construído na década de 1980 deveria suportar uma vazão máxima de 484 m^3/s. Atualmente essa vazão já é em muito superada, podendo chegar a 800 m^3/s nas chuvas de verão,

---

[2] A ponte Luiz Gama localizava-se no atual cruzamento entre a rua Luiz Gama e a Av. do Estado, na Mooca, a montante do Pq. Dom Pedro II.

[3] PINTO, Alfredo Moreira. **Apontamentos para o Diccionário Historico e Geographico Brasileiro**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1899.

no trecho próximo à foz no Tietê. Para minimizar as frequentes inundações causadas pelo transbordamento dos canais, a solução atual é a construção de inúmeros piscinões por toda a bacia hidrográfica, obras que, como já vimos, são de alto custo e ocupam grandes áreas em bairros carentes de espaços de lazer.

A qualidade das águas do Tamanduateí é considerada péssima, devido ao lançamento de esgotos domésticos e industriais e também pela poluição difusa carregada com as águas pluviais, tendo apresentado, segundo dados da CETESB (2015), o maior índice de toxicidade dentre todos os corpos hídricos do Estado de São Paulo. A cerca de um quilômetro de suas nascentes, em Mauá, já é possível ver o lançamento de efluentes sem tratamento diretamente nas águas ainda cristalinas do rio, advindos de uma fábrica de blocos de cimento. A SABESP, através do 'Projeto Tietê', vem realizando obras de construção de interceptores de esgoto ao longo dos cursos d'água da RMSP, e já finalizou as obras dos principais ribeirões da Bacia do Tamanduateí, como o Meninos e o Oratório. Falta ainda a execução de coletores tronco capilares ao longo de córregos menores, previstos para a 3ª e 4ª etapas do projeto (SABESP, 2013) (fig. 37). Em relação ao tratamento poluição difusa, carregada pelas águas da chuva, ainda não há alternativas planejadas.

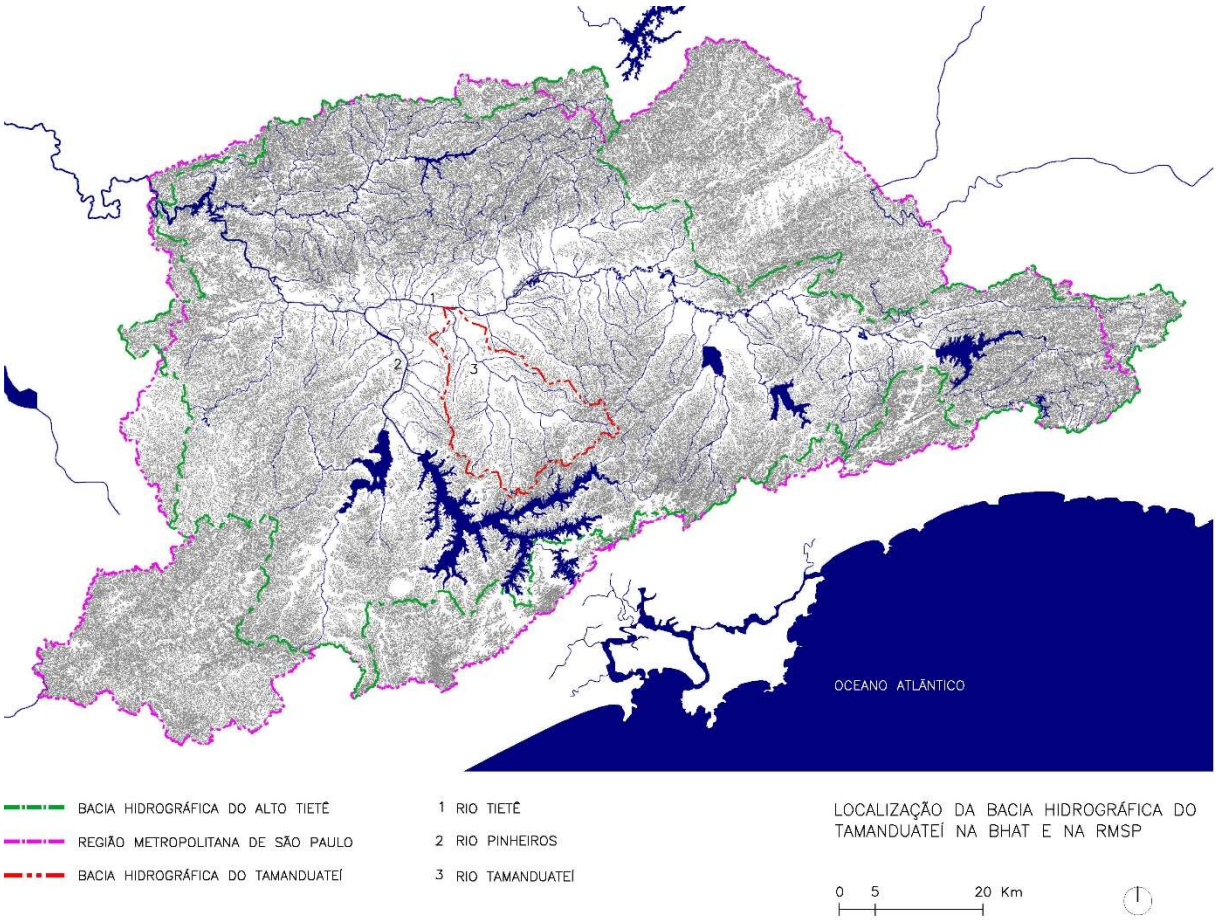


Fig. 30: Localização da Bacia Hidrográfica do Tamanduateí na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Fonte: produzido pelo autor a partir de base da EMPLASA.

Atualmente, a área da bacia hidrográfica do Tamanduateí encontra-se praticamente 100% urbanizada e impermeabilizada, com pouquíssima cobertura vegetal remanescente, o que faz com que seja uma das áreas com superfície de solo mais quente da metrópole (fig. 38). A grande maioria dos rios e córregos da bacia estão poluídos e ladeados por avenidas, ou escondidos em galerias fechadas, de forma que não fazem parte da vida urbana, só sendo lembrados durante as chuvas de verão, quando inundam diversas áreas da bacia causando perdas humanas e materiais. Mesmo assim, nos raros locais onde a presença dos rios ainda é marcante, como no Parque Ecológico da Gruta Santa Luzia, onde localizam-se as nascentes do Tamanduateí, no Jardim Botânico, onde localizam-se as nascentes do córrego Ipiranga, ou em lugares menores como o Pesqueiro Girassol, em Santo André (fig. 34), é possível perceber como a proximidade com as águas é valorizada pelos moradores, sendo local primordial para lazer e contemplação. Tal fato demonstra o enorme potencial da recuperação dos rios e córregos da bacia para uma melhoria na qualidade ambiental urbana da região.

Fig. 31: Ocupação urbana a 1,2 km das nascentes do Tamanduateí, onde a água já está poluída com esgoto industrial e doméstico. Fonte: foto do autor, novembro de 2017.

Fig. 32: Rio Tamanduateí entre pistas da Av. dos Estados, em Santo André. Fonte: foto do autor, novembro de 2017.

Fig. 33: Foz do córrego Oratório no rio Tamanduateí. Fonte: foto do autor, novembro de 2017.

Fig. 34: Pesqueiro Girassol, em pequeno afluente do Tamanduateí, na cidade de Santo André. Fonte: foto do autor, novembro de 2017.

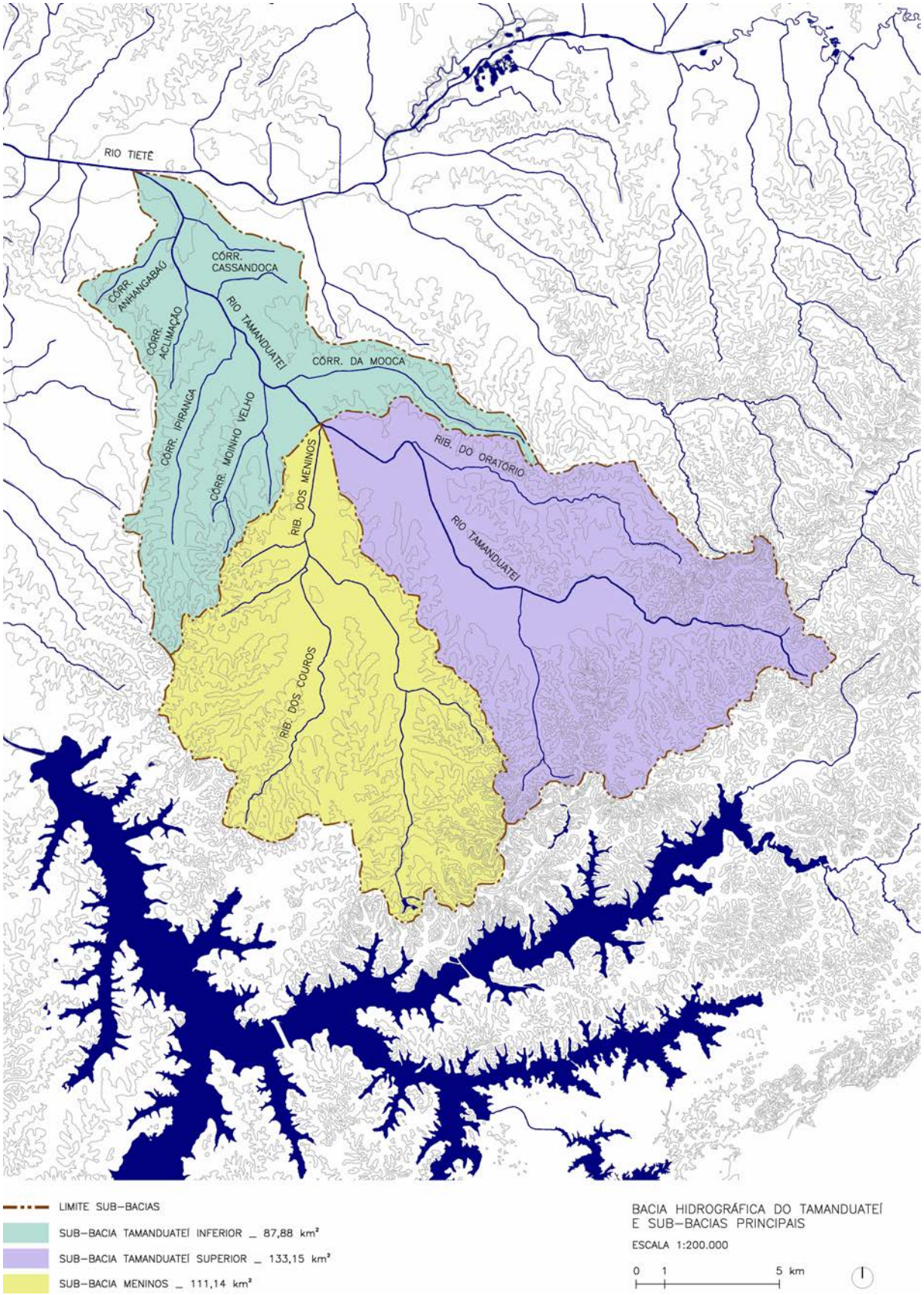


Fig. 35: Bacia Hidrográfica do Tamanduateí e subdivisão principal. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica da EMPLASA (rios, curvas de nível e bacia do Tamanduateí) e do FCTH – PMAPSP 2012 (divisores de água no município de São Paulo). Divisão em três sub-bacias sugerida por HIBRACE (1968) e DAEE (1977).

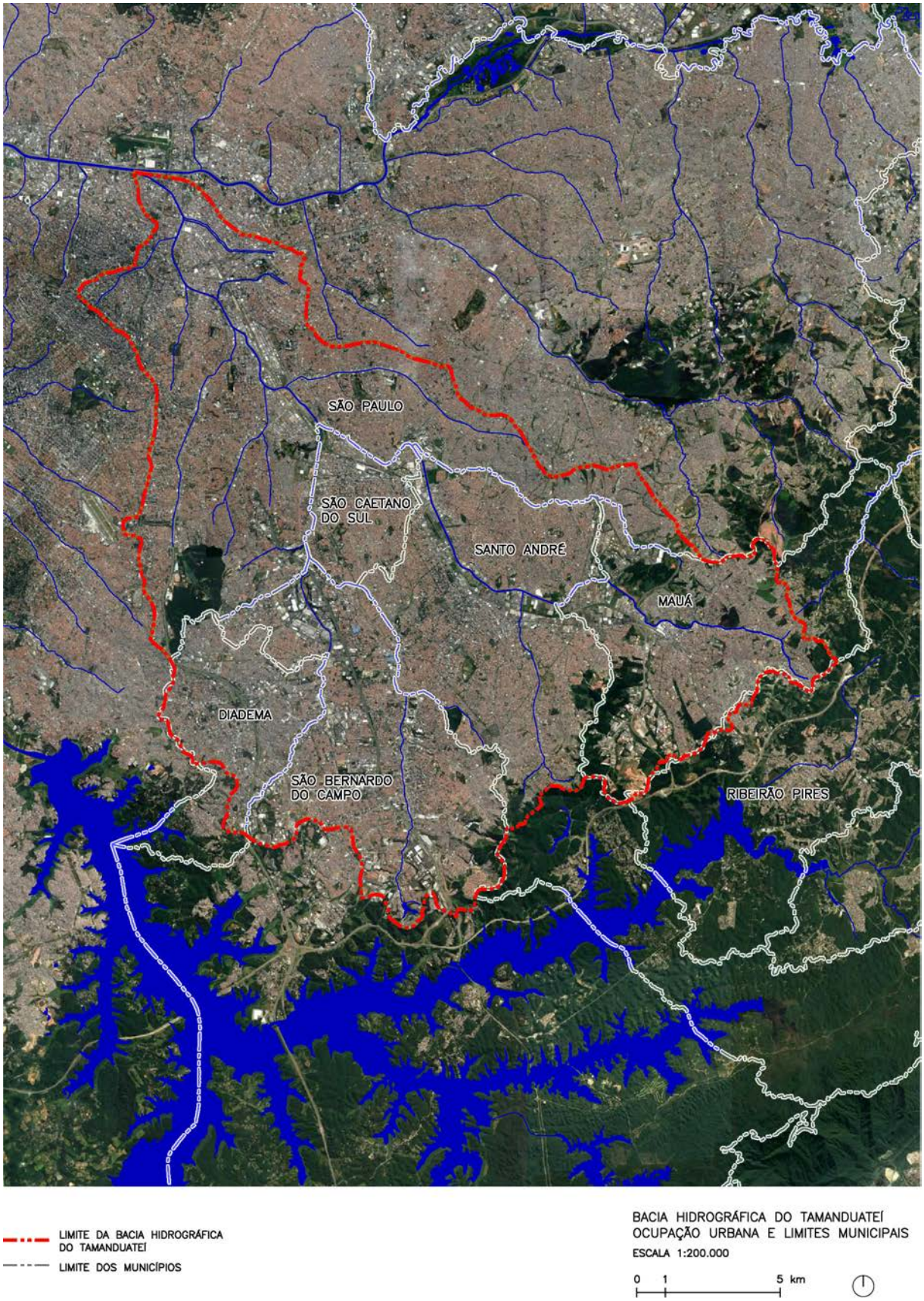


Fig. 36: Bacia Hidrográfica do Tamanduateí, ocupação urbana e limites municipais. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica da EMPLASA (rios, limite de municípios e bacia do Tamanduateí), do FCTH – PMAPSP 2012 (divisores de água no município de São Paulo) e de imagem de satélite do Google Earth de 2017.

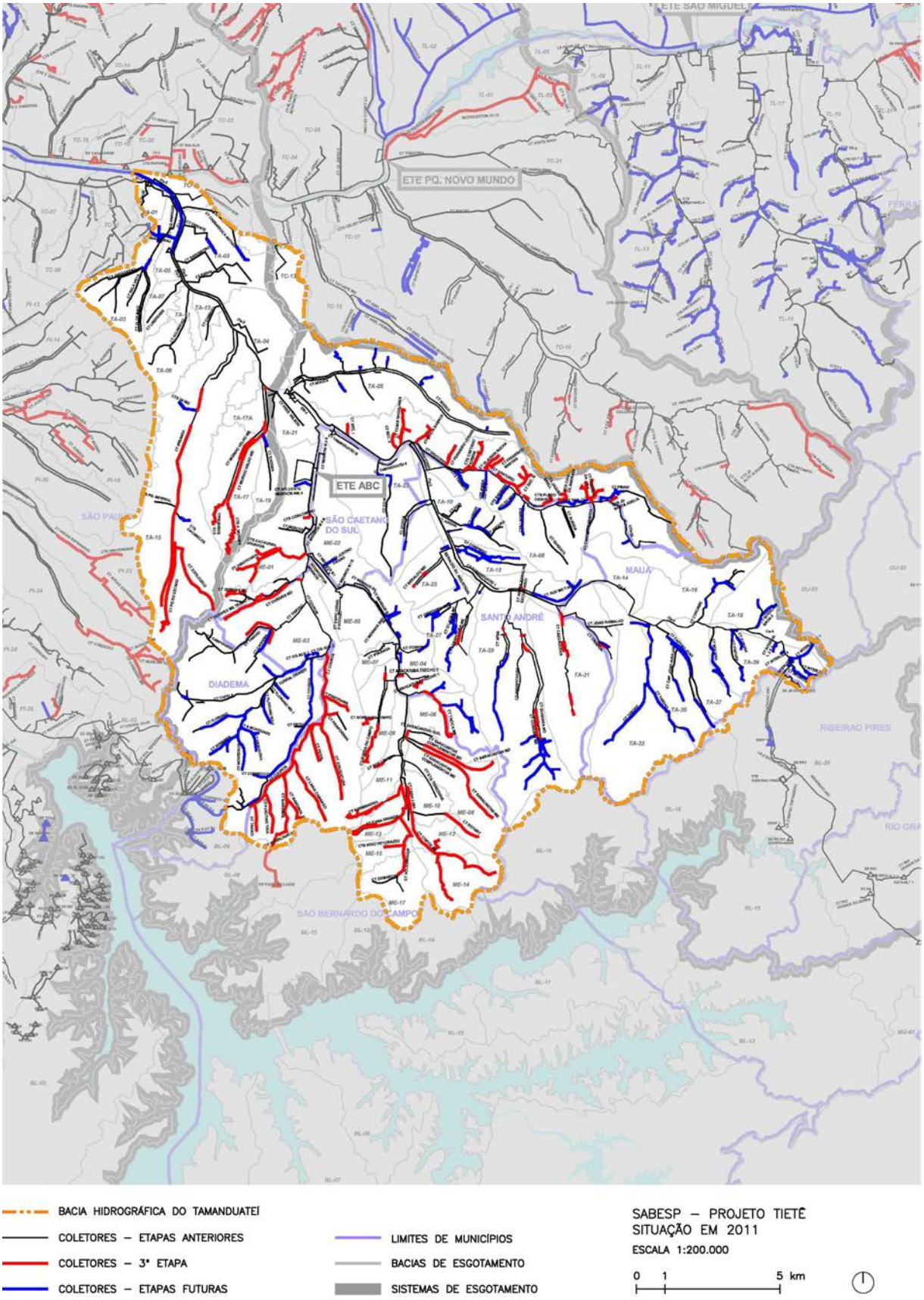


Fig. 37: Situação das obras de construção de coletores tronco do 'Projeto Tietê'. Fonte: Adaptado pelo autor a partir de base da SABESP (TG – Superintendência de Gestão de Projetos Especiais), março/2011.

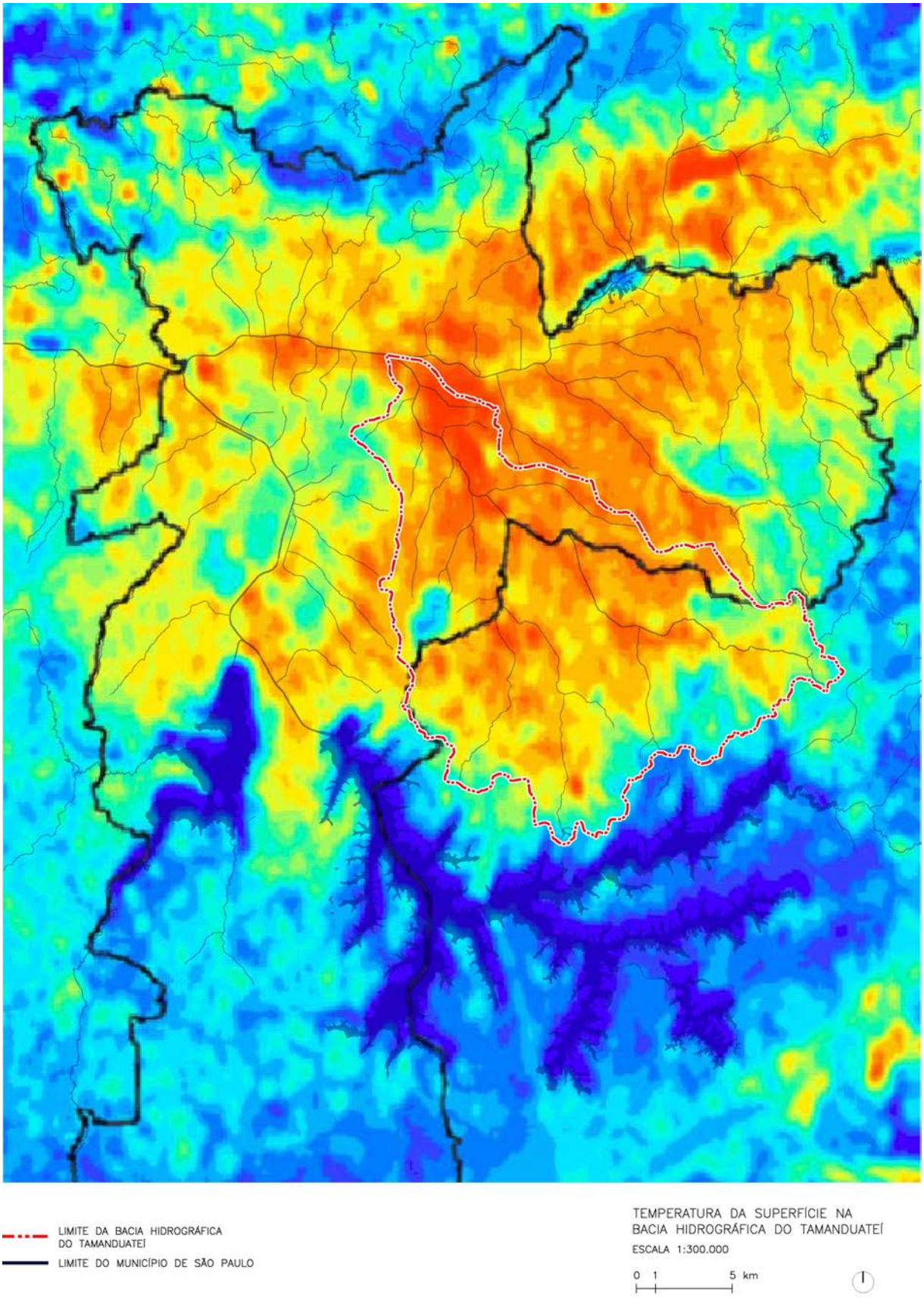


Fig. 38: Mapa da temperatura aparente da superfície, sendo azul escuro mais frio (24°) e vermelho mais quente (32º). Fonte: Adaptado pelo autor a partir de base do 'Atlas Ambiental do Município de São Paulo', de 2002.

1.2.1. Ocupação urbana do vale do Tamanduateí

Como visto no subcapítulo anterior, o rio Tamanduateí teve importante papel no processo de formação de São Paulo, servindo de via fluvial para os índios e, posteriormente, portugueses, que vindos do litoral subiam a serra do mar e chegavam pelo seu vale até a vila, implantada na colina entre este rio e o córrego Anhangabaú. Ao longo deste caminho surgiram outros povoados, tendo ganhado importância a vila de Santo André, que mais tarde foi preterida como vila principal uma vez que São Paulo encontrava-se em região mais descampada, os 'Campos de Piratininga', e mais próxima à confluência com o rio Tietê, centro natural do sistema hidrográfico da região (PRADO, 1969). O pequeno núcleo central da cidade, no alto da colina, era debruçado sobre o rio Tamanduateí, como descreve Benedito Lima de Toledo (in: IAB, 1991):

> O Porto Geral da cidade de São Paulo situava-se no rio Piratininga, hoje conhecido como rio Tamanduateí, no sopé do barranco escolhido para a fundação do colégio que deu origem à cidade. Nos primeiros séculos, era intenso o trânsito em canoas e havia vários portos fluviais serra acima. [...]. Uma alternativa para o viajante vindo do litoral, tendo atingido a Borda do Campo, era tomar o rio Meninos e dele passar ao Tamanduateí, onde iria encontrar o Porto Geral. [...]. Para o Porto Geral convergiam produtos agrícolas, e a região, muito cedo, foi adquirindo caráter de entreposto. [...]. O nome da cidade sempre esteve ligado ao de seu rio; a cidade era São Paulo de Piratininga.

Fig. 39: Foto de Militão Augusto de Azevedo, de 1882, mostrando o Tamanduateí e o Mosteiro de São Bento.

O desenvolvimento do núcleo inicial da cidade de São Paulo ficou praticamente contido, ao longo de três séculos após sua fundação, dentro da colina histórica limitada pelos rios Tamanduateí e Anhangabaú, em parte porque a várzea inundável do Tamanduateí representava um impedimento para o avanço da urbanização, o que só foi superado com a construção, em 1810, do aterrado do Brás, cruzando a várzea em direção ao leste da cidade e ao Rio de Janeiro. O rio Tamanduateí tinha papel central na vida da cidade, com intenso movimento de canoas transportando cargas vindas das fazendas próximas ou do litoral, ao mesmo tempo em que as lavadeiras ocupavam o leito do rio para lavar roupas (TOLEDO, 2004).

Fig. 40: Foto de Vincenzo Pastore, de 1910, mostrando casario e lavadeira às margens do rio Tamanduateí, na região da várzea do Carmo. Fonte: Coleção Vincenzo Pastore, Instituto Moreira Salles.

Em 1867 é inaugurada a 'São Paulo Railway', ferrovia que ligava Santos a Jundiaí passando as planícies fluviais do Tamanduateí e Tietê, que tinha como principal objetivo o escoamento da produção de café do interior para o litoral. Tal ferrovia acabou por consolidar a ligação entre o planalto e o litoral, através do vale do Tamanduateí, como eixo principal para expansão urbana da cidade. Segundo Sales e Baffi (2010), a São Paulo Railway, também conhecida como Estrada de

Ferro Santos-Jundiaí (EFSJ), marcou o início da expansão e estruturação de uma malha ferroviária que impôs uma nova ordem política e espacial à região, baseada no eixo Santos-São Paulo-Campinas, em detrimento da organização baseada no sistema colonial centrado no binômio planalto-litoral.

Para Sales e Baffi (2010), antes da ferrovia a circulação de pessoas e mercadorias na região paulista era baseada em uma trama indistinta e homogênea de caminhos mais ou menos precários que se estruturava adotando um sistema de binômios constituídos por núcleos planaltinos e litorâneos, que se estendia ao longo de toda a linha de serra articulando, debilmente, economia de subsistência e mercado externo. Nesse novo modelo, em árvore, criado pelo sistema ferroviário, a São Paulo Railway era a chave de todas as comunicações com o interior, pois era o tronco principal do sistema ferroviário do Estado, caminho mais direto entre as regiões agrícolas do interior e seu grande mercado de exportação via porto de Santos, passando pela capital, sede de Governo e centro da população, comércio e indústria (fig. 41).

Fig. 41: Articulação infraestrutural da região de São Paulo. À esquerda, caminhos litoral/planalto até 1850. À direita, eixos ferroviários (em vermelho) criados a partir de 1867. Fonte: SALES (1999).

Esse novo modelo infraestrutural explica o crescimento da cidade de São Paulo: dos 31.285 habitantes que tinha em 1872, passa a 239.820 em 1890 e atinge 579.033 em 1920 (PRADO, 1969). Também explica a concentração em São Paulo dos excedentes do regime de acumulação cafeeiro, que financia o surgimento de indústrias na cidade. Langenbuch (1971, p. 145) destaca que o vale do Tamanduateí possuía, em grande extensão linear, o 'trinômio' ferrovia, terrenos

grandes, planos e baratos e disponibilidade de água, além de ter a vantagem da conexão direta com o porto de Santos, tornando-se assim um local privilegiado para a instalação do que se tornaria o primeiro parque industrial do país. Na virada do século, a crescente oferta de energia elétrica pela Companhia Light faz expandir ainda mais a zona industrial ao longo da ferrovia, ao mesmo tempo em que cresciam vilas operárias nos bairros do Brás, Mooca, Pari, Belém, e nas cidades do ABC, onde se instalavam imigrantes vindos de diversas partes do mundo. Ab'Saber (1957, p. 103) descreve essa ocupação dos vales do Tietê e Tamanduateí:

> As ferrovias seguiram as zonas de transição entre as planícies aluviais e as colinas mais suaves, superpondo-se, muitas vezes, nos principais tratos de terraços fluviais que a região de São Paulo apresenta. Essas áreas baixas e mal drenadas, que por muito tempo permaneceram abandonadas, isolando as principais colinas urbanizadas, constituem, hoje, o sítio básico do parque industrial paulistano. Nota-se, imediatamente, que a maior porcentagem dos bairros residenciais coincide com os diversos níveis das colinas, ao passo que os bairros industriais e operários justapõe-se aos terraços e planícies aluviais do Tietê e alguns de seus afluentes.

O padrão de urbanização no vale do Tamanduateí levou à uma extensa aglomeração de edifícios industriais, em amplos quarteirões fechados, sem recuos frontais ou laterais. Deak (1997) ressalta que esse eixo de industrialização acabou se tornando uma das maiores barreiras dentro da estrutura metropolitana, principalmente no trecho interno ao município de São Paulo, nos bairros da Mooca e Vila Carioca, onde canal, avenida, estrada de ferro e galpões industriais, todos paralelos, se reforçam mutualmente enquanto obstáculos em uma extensão de mais de 5 km. Neste trecho, as raras travessias transversais existentes são estruturas rodoviárias pouco convidativas aos pedestres (fig. 42).

Fig. 42: Vale do Tamanduateí e parque industrial Mooca / Vila Carioca, com destaque para as raras transposições da linha férrea existentes. Fonte: elaborado pelo autor utilizando base do Google Earth de 2017.

Fig. 43: Parque industrial da Mooca e Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, compartilhada com a CPTM (linha 10).
Fonte: foto do autor, junho de 2016.

- Planos para reformas urbanas no vale do Tamanduateí

Desde a década de 1950, muitas indústrias do vale do Tamanduateí foram sendo desativadas ou transferidas para instalações maiores nas bordas da RMSP, em parte porque a cidade de São Paulo, segundo Deak (1997), vem passando por um processo de transformação de sua função-base, no qual há diminuição de atividades industriais ao mesmo tempo que cresce o setor de serviços como principal gerador de postos de trabalho, o denominado 'setor terciário'. Nigriello (2013) também aponta que a ampliação da rede de ônibus facilitou o acesso da mão-de-obra às novas unidades de produção implantadas junto às rodovias. Como resultado, muitos dos galpões industriais existentes no vale do Tamanduateí têm hoje outros usos, principalmente relacionados à logística. Paralelamente a esta mudança de uso, vem ocorrendo desde 1980 um processo de valorização imobiliária na área, devido à proximidade com a região central e à presença da linha da CPTM, o que evidencia a tendência de verticalização residencial.

Em 1973, o urbanista Cândido Malta Campos Filho defendeu em sua tese de doutorado na FAU USP a proposta de um forte adensamento ao longo dos eixos ferroviários que coincidem com os

três principais rios da metrópole, o Tietê, o Pinheiros e o Tamanduateí, conceito esse que já havia sido introduzido em 1970 no 'Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado' (PDMI), do qual havia participado como um dos diretores técnicos. Ao longo dos eixos ferroviários seria possível o aproveitamento igual ou até superior a quatro vezes a área do terreno, uma vez que haveria espaço para instalar até 6 linhas paralelas de metrô no leito ferroviário existente, a baixíssimo custo, em dois níveis sobrepostos. Esses eixos formariam os 'Corredores Metropolitanos', levando centralidades de alta qualidade ao conjunto da metrópole, incluindo as áreas periféricas (CAMPOS FILHO, 2010) (fig. 44). Essa proposta não foi concretizada, mas serviu de base para diversos planos posteriores, podendo ser considerada ainda válida.

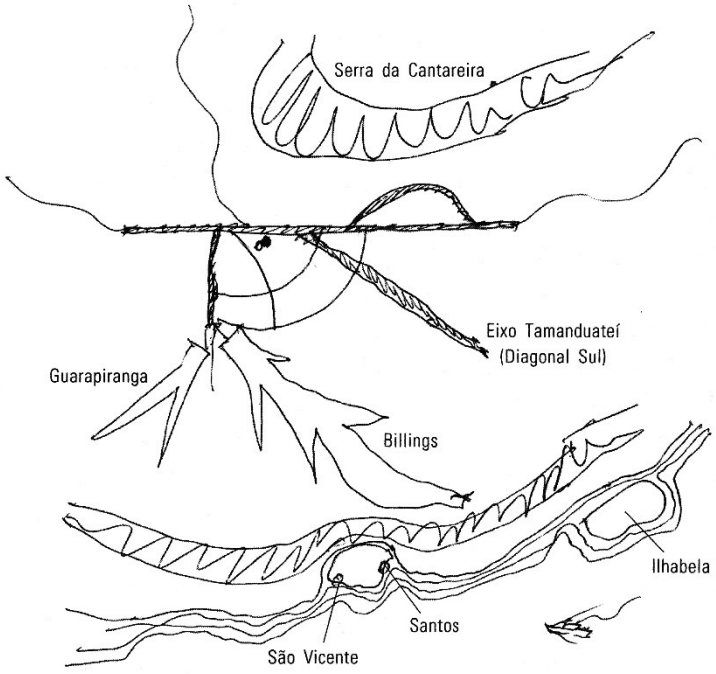


Fig. 44: 'Corredores Metropolitanos' propostos em 1973 por Cândido Malta Filho, ao longo dos eixos ferroviários que coincidem com os três principais rios da cidade. Fonte: CAMPOS FILHO, 2010.

Na década de 1990, o projeto do 'Fura Fila', concebido na gestão de Paulo Maluf, foi lançado como principal promessa de campanha do ex-prefeito de São Paulo Celso Pitta, tendo como objetivo ligar o Parque Dom Pedro II ao bairro do Sacomã e à Cidade Tiradentes através de uma estrutura elevada que acompanharia o rio Tamanduateí e os córregos Moinho Velho e Mooca. As obras foram iniciadas em 1997, e se arrastaram por uma década, deixando por anos enormes pilares abandonados ao longo do rio. Rebatizado de 'Expresso Tiradentes' e transformado em um corredor de ônibus suspenso, foi finalmente inaugurado em 2007, somente no trecho entre o

Parque Dom Pedro II e Sacomã, sendo a ligação com a Cidade Tiradentes, sobre o córrego da Mooca, substituída posteriormente pela linha 15 do metrô, também em estrutura elevada. O Expresso Tiradentes não representou ganhos significativos ao sistema de transportes da metrópole, equivalendo simplesmente a um corredor de ônibus para o qual seria dispensável uma estrutura deste porte. Trata-se de uma obra nitidamente equivocada que, além dos prejuízos financeiros, degradou ainda mais a orla fluvial (fig. 45).

Fig. 45: Estrutura do 'Expresso Tiradentes' ao longo do rio Tamanduateí. Fonte: foto do autor, 2018.

Nos anos 2000, os planos de reforma urbana dos bairros industriais do Tamanduateí, inspirados nos 'Corredores Metropolitanos' dos anos 1970, voltam a ganhar força na agenda governamental do município de São Paulo, com os estudos para a 'Operação Urbana Diagonal Sul', prevista no Plano Diretor Estratégico de 2002, e posteriormente denominada, em 2012, de 'Operação Urbana Mooca-Vila Carioca'. Mais recentemente, no novo Plano Diretor Estratégico (PDE) do município de São Paulo, de 2014, foi definida a 'Macroárea de Estruturação Metropolitana' ao longo dos principais rios da cidade, descrita como uma área estratégica de transformação com o

objetivo de renovar e diversificar as formas de uso e ocupação do solo, buscando assim reequilibrar a oferta de moradias e empregos (PMSP, 2015) (fig. 46).

Inserida na 'Macroárea de Estruturação Metropolitana', nos bairros da Mooca e Vila Carioca, está definida no plano diretor a área da 'Operação Urbana Consorciada Bairros do Tamanduateí' (OUCBT), que corresponde em grande parte à planície fluvial do rio Tamanduateí, no trecho que vai do Viaduto Leste-Oeste até a foz do ribeirão dos Meninos. Trata-se de uma atualização das propostas de operações urbanas anteriores, de 2002 e 2012, trazendo inovações ao prever a criação de uma empresa pública específica para gerir e implementar o programa de intervenções, a Empresa Bairros do Tamanduateí S/A – BTSA. Esta nova forma de gestão da operação urbana é baseada em exemplos europeus como a operação francesa 'Paris Rive Gauche', e visa facilitar a realização de parcerias público-privadas ao transferir terras públicas para o controle da BTSA. Tavolari e Rolnik (2015) alertam, porém, que ao visar remunerar os capitais investidos e gerar lucros, a operação da BTSA pode inviabilizar os usos que mais atendem à função social da terra, ou os mais necessários para a cidade.

A OUCBT traz conceitos interessantes, como por exemplo a implementação de sistemas de infraestrutura de mobilidade, drenagem, áreas verdes e espaços públicos compatíveis com as características físicas e geomorfológicas de cada área atingida, definindo para tanto compartimentos ambientais de encosta e várzea, e também a qualificação da vida urbana dos bairros ao incentivar nos edifícios uso misto, fachadas ativas e áreas de fruição pública (PMSP, 2015). Não são propostas, porém, mudanças para a orla imediata do rio Tamanduateí, uma vez que se trata de um rio intermunicipal cuja gestão cabe ao Governo do Estado. Fica claro, assim, a limitação dos planos municipais ao não permitirem ações mais abrangentes na bacia hidrográfica, estando restritos aos limites administrativos.

Enquanto os planos não se concretizam, observa-se nos vales do Tamanduateí, principalmente na região da Mooca, uma proliferação de 'condomínios-clube', inteiramente murados e fechados para a cidade, com 3 ou 4 níveis de garagem para cima do nível do solo formando verdadeiras muralhas que isolam as ruas. Faz-se urgente, portanto, a viabilização de planos que apontem diretrizes para o reordenamento da ocupação urbana da região, através de uma gestão que possibilite a adoção da bacia hidrográfica do Tamanduateí como unidade de planejamento para uma efetiva mudança na orla fluvial do rio.

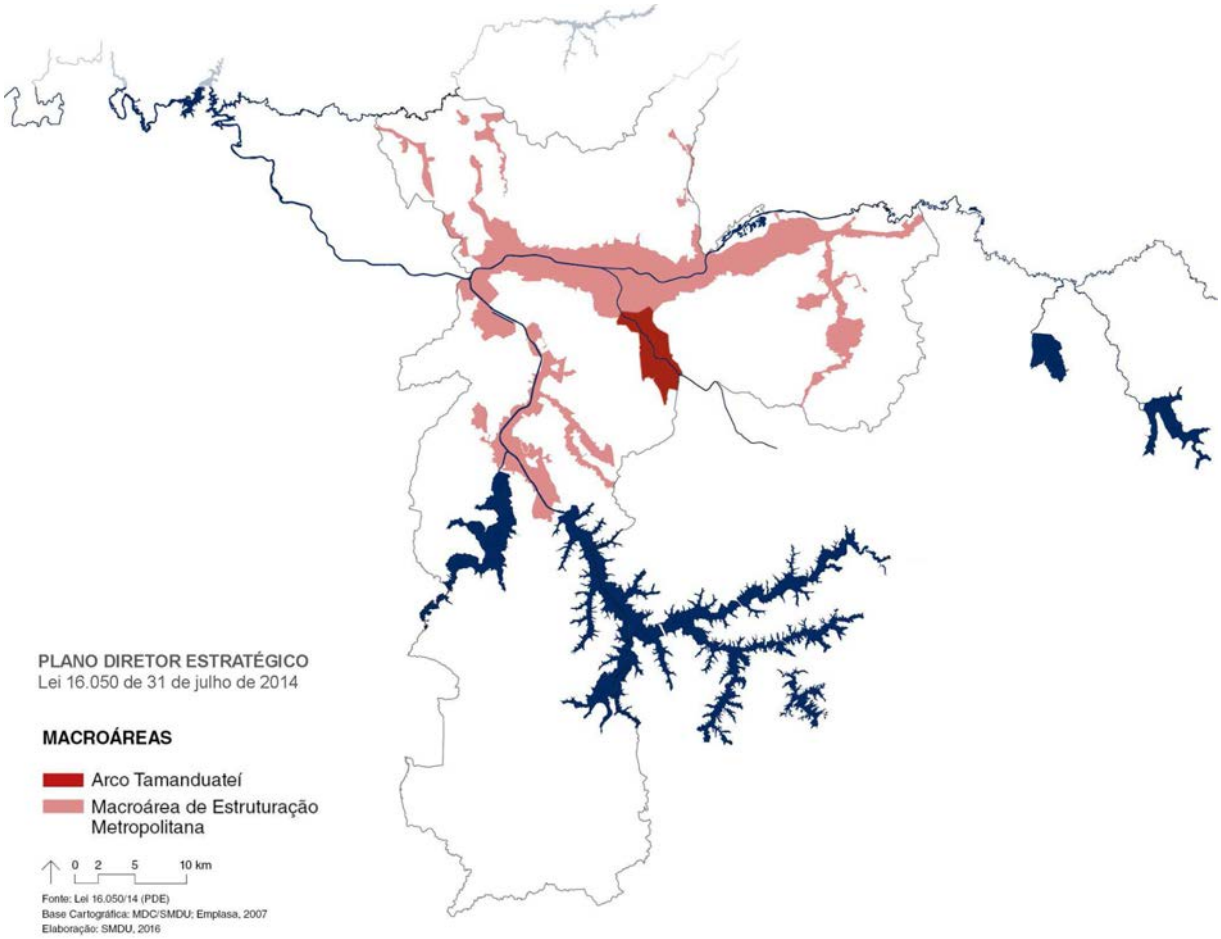


Fig. 46: Macroárea de Estruturação Metropolitana, em rosa, definida pelo Plano Diretor Estratégico de 2014, com destaque para a área da Operação Urbana Consorciada Bairros do Tamanduateí, em vermelho. Fonte: PMSP, 2015.

1.2.2. A retificação e primeira canalização do rio Tamanduateí

Como vimos no subcapítulo 1.1, o crescimento populacional de São Paulo a partir do século XIX fez surgirem os primeiros projetos de intervenção no leito maior do rio Tamanduateí, com o objetivo de facilitar o escoamento dos esgotos e de ocupar as amplas planícies de inundação. Para atingir esse objetivo foram empreendidas obras de retificação do curso deste rio, executadas a partir da década de 1840. Tratavam-se de obras simples, de escavação de canais sem revestimento visando eliminar as curvas de alguns trechos do rio, e que não representaram, portanto, modificações expressivas no regime hidrológico da bacia hidrográfica.

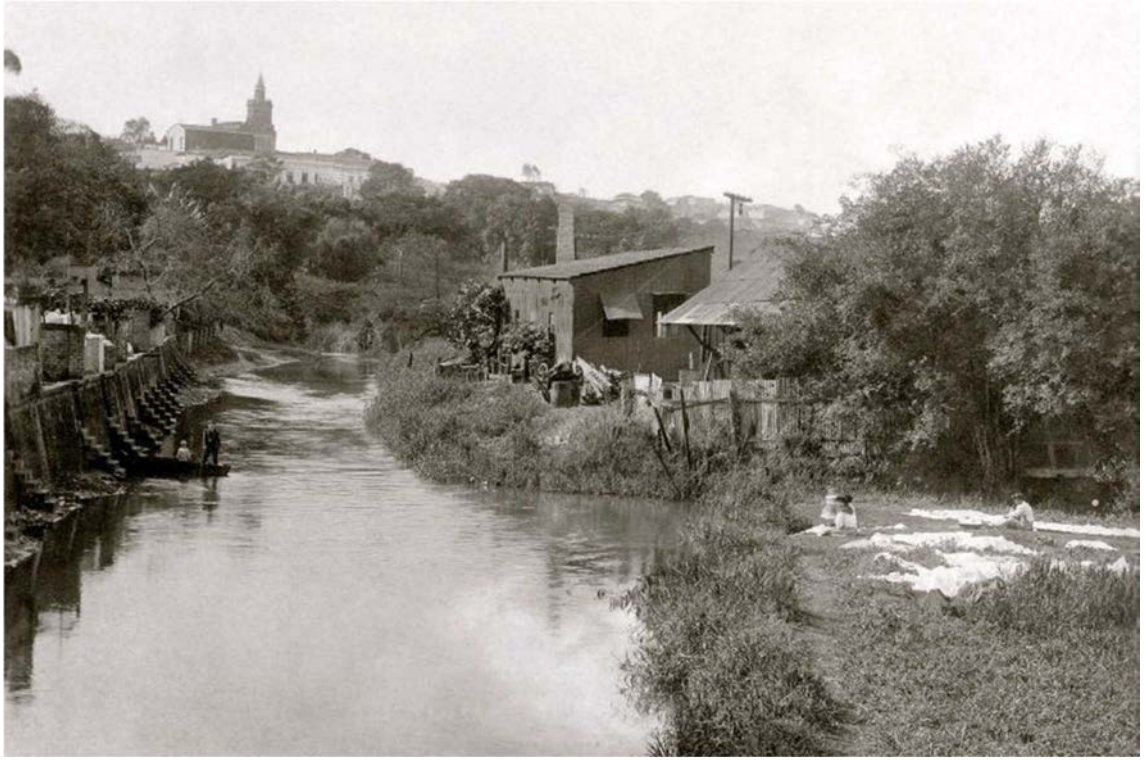


Fig. 47: Trecho retificado do rio Tamanduateí em 1910, na região do atual bairro do Glicério. Fonte: foto de Vincenzo Pastore, 1910. Acervo do Instituto Moreira Salles, disponível em <http://fotografia.ims.com.br>.

No início do século XX o curso do rio Tamanduateí já havia sido retificado desde a Várzea do Carmo até sua foz, para facilitar o escoamento das águas para o rio Tietê. Interessante observar que na Várzea do Carmo foram escavados canais laterais ao rio, técnica bastante difundida para drenar planícies fluviais, criando assim maior superfície d'água para dar vazão às águas. Dessa forma, ao se cruzar o amplo leito maior do Tamanduateí, através dos aterrados do Gasômetro[4] ou do Brás[5], passava-se sobre o rio e seus canais laterais. A área de várzea possuía ampla largura, chegando à mais de 500 metros, servindo assim como um grande respiro para a cidade e para as águas (fig. 48).

[4] O caminho do aterrado do Gasômetro ainda existe, na continuação da atual rua do Gasômetro, agora na forma de um passeio para pedestres que cruza o Parque Dom Pedro II.

[5] O caminho do aterrado do Brás hoje é ocupado por grandes viadutos rodoviários (viadutos Antônio Nakashima e Vinte e Cinco de Março), na continuação da av. Rangel Pestana, pouco convidativos aos pedestres.

Fig. 48: Planta de São Paulo, em 1890. Notar as intervenções no rio Tamanduateí na área da Várzea do Carmo, com a criação de canais laterais. Fonte: original impresso de Jules Martin – 1890 (realce na cor dos rios realizado pelo autor). Acervo do Arquivo Histórico Municipal, disponível em <http://www.arquivohistorico.sp.gov.br>.

Diante da continuidade dos problemas de salubridade e ocupação das áreas de várzea, é criada, em 1892, a Comissão de Saneamento do Estado, que desenvolve uma série de observações sobre o regime hidrológico dos rios Tamanduateí e Tietê, propondo obras de retificação e canalização dos mesmos. Nesse período o engenheiro Theodoro Sampaio[6] desenvolveu o 'Relatório da

[6] Theodoro Sampaio formou-se engenheiro pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em 1877, e seu primeiro trabalho foi como membro da Comissão Hidráulica do Império (CHI), em 1878, então liderada pelo experiente engenheiro americano William Milnor Roberts. Como membro da CHI atuou em obras no Porto de Santos e no rio

Comissão do Saneamento das Várzeas 1890-1891', visando prover a cidade de um plano de saneamento e da infraestrutura necessária para suportar o acelerado processo de urbanização (SANTOS, 2014).

Para o rio Tamanduateí, Sampaio propunha uma nova canalização que suportasse até 120 m³/s. Nessa época, a maior enchente medida no Tamanduateí, na altura da Ponte Pequena[7], atingiu 30 m³/s, de forma que os engenheiros da Comissão de Saneamento do Estado consideram exagerada a vazão de 120 m³/s proposta por Sampaio, projetando então o canal de retificação com capacidade de escoamento de 100 m³/s (SILVA, 1950).

A partir dos estudos da Comissão de Saneamento do Estado, extinta em 1898, a Repartição de Águas e Esgotos do Estado inicia, em 1913, as obras de retificação e o revestimento do rio Tamanduateí, no trecho entre sua foz no rio Tietê e a confluência com o córrego Ipiranga (figs. 49 a 51). Do córrego do Ipiranga para montante a obra foi prevista, mas não executada. Durante as décadas seguintes o canal construído comportou-se satisfatoriamente, suportando as cheias do rio mesmo durante a grande enchente de 1929, na qual a vazão máxima medida na Ponte Pequena foi de 92 m³/s. Nessa época São Paulo já contava com um milhão de habitantes, e a área urbana expandia-se de forma acelerada por toda a bacia do Tamanduateí (HIBRACE, 1968).

São Francisco. Entre 1886 e 1903 residiu em São Paulo, sendo membro da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo (CCGSP), até 1892, e posteriormente atuando na Companhia Cantareira de Água e Esgoto, entre 1892 e 1897, e na Repartição de Águas e Esgotos do Estado, até 1903 (SANTOS, 2014).

[7] Ponte já demolida, que ficava próxima à foz do rio Tamanduateí, na continuação da rua Tiradentes entre a ponte da av. Santos Dumont e o viaduto do Metrô.

Fig. 49: Planta do novo canal do Tamanduateí (em vermelho), de 1894. Fonte: Comissão de Saneamento do Estado de São Paulo, 1894 (realce na cor dos rios realizado pelo autor). Acervo da Biblioteca Nacional (Brasil), disponível em <http://acervo.bndigital.bn.br>.

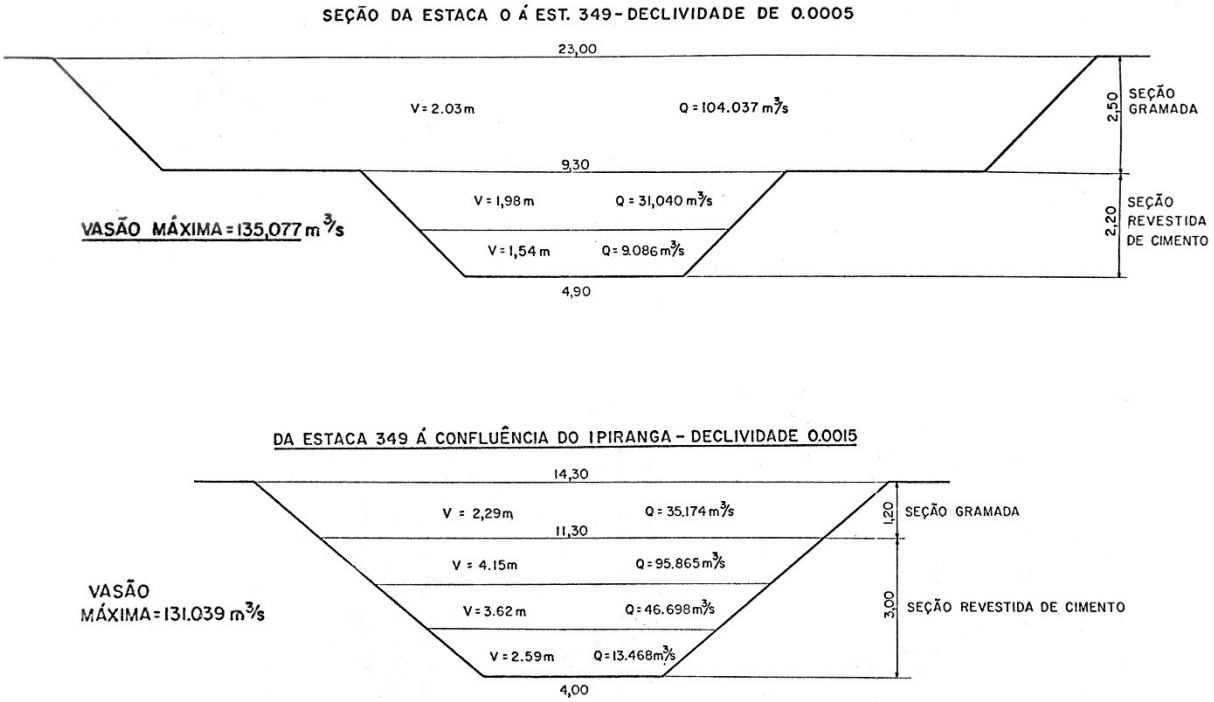


Fig. 50: Seções transversais e vazões máximas do canal do Tamanduateí, construído a partir de 1913 pela Repartição de Águas e Esgotos do Estado de São Paulo. Fonte: adaptado pelo autor a partir de imagem em HIBRACE (1968).

Fig. 51: Canal do Tamanduateí em 1940 e avenida do Estado[8], próximo à atual rua Pedro Severiano, no Cambuci. Notar a seção inferior do canal revestida de cimento e seção superior gramada. Destaque para a brutalidade da torre de transmissão de energia instalada sobre o curso do rio, já anunciando a sucessão de agressões que viriam a seguir. Fonte: FFLCH-USP/Reprodução.

[8] Em seu primeiro mandato como prefeito de São Paulo (1938-1945), Prestes Maia asfaltou a avenida do Estado, inaugurada em 1930 às margens do canal.

Nas décadas de 1930 e 1940 houve um aumento progressivo da impermeabilização da bacia do Tamanduateí, causado principalmente pela acelerada expansão urbana dos municípios do ABC Paulista localizados nas cabeceiras do rio. Tais municípios retificaram vários trechos do Tamanduateí e de seus principais afluentes, transferindo assim os problemas de inundação para jusante, nas zonas baixas de São Paulo. Desta forma, os picos de vazão no trecho paulista do rio aumentaram progressivamente e as seções do canal existente tornaram-se insuficientes, resultando em frequentes inundações principalmente no curso baixo do rio, na baixada do Glicério e na confluência com o córrego Ipiranga (PLANIDRO, 1974).

Ao longo das décadas de 1940 e 1950 foram realizadas então algumas obras em caráter emergencial, empreendidas pela Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê (CMRT), adaptando o trecho final do Tamanduateí, próximo à sua foz no rio Tietê, para uma vazão de 150 m³/s. Também foram planejadas obras de alargamento da seção até a foz do córrego Ipiranga, conforme desenhos a seguir (SILVA, 1950).

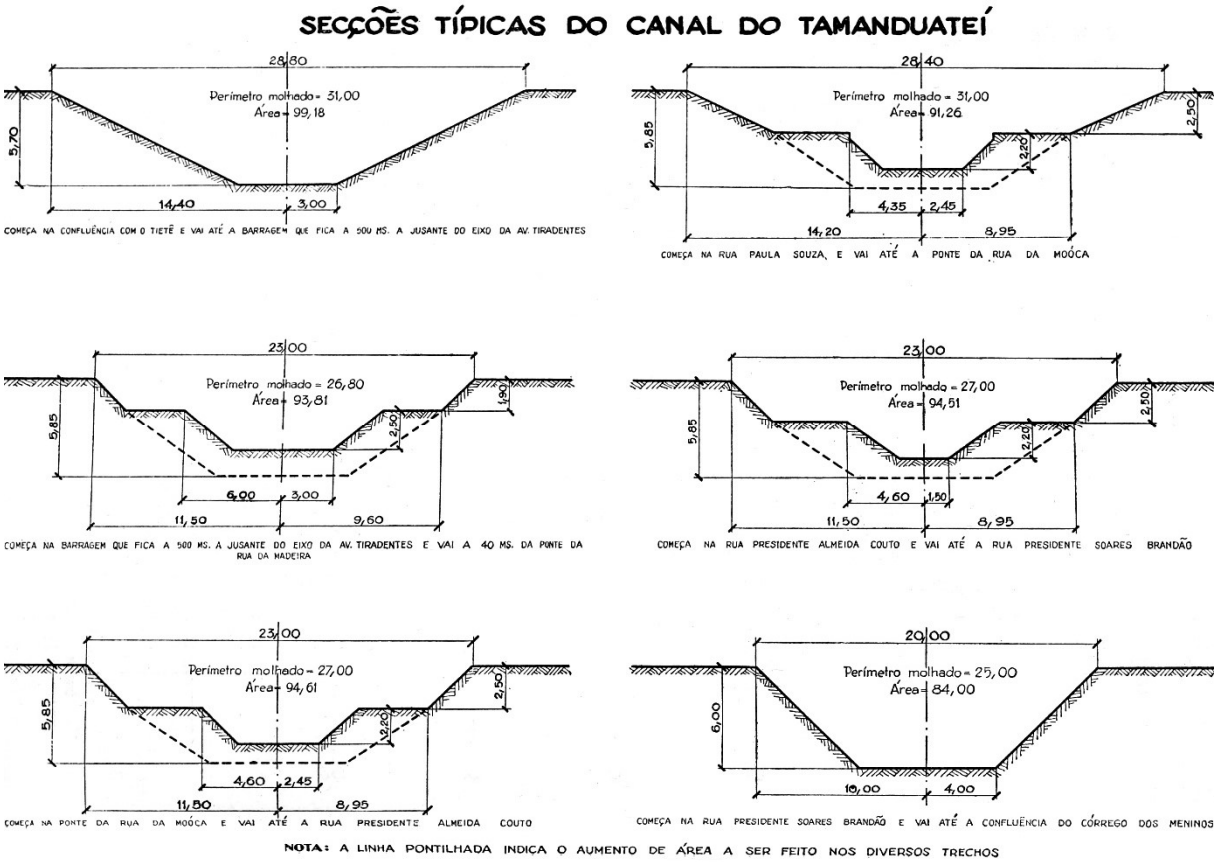


Fig. 52: Seções transversais do canal do Tamanduateí, com indicação das obras planejadas pela CMRT para aumento de vazão (linhas pontilhadas). Fonte: Silva (1950).

Fig. 53: Obras para aumento de vazão no trecho final do canal do Tamanduateí, realizadas em 1942 pela CMRT. Fonte: Silva (1950).

1.2.3. A nova canalização do rio Tamanduateí

Em março de 1966 uma pesada chuva sobre a cidade de São Paulo resultou na maior inundação jamais registrada no baixo curso do Tamanduateí: as águas extravasaram o canal em toda a extensão a jusante da foz do ribeirão dos Meninos, causando especial prejuízo nas proximidades do parque Dom Pedro II (HIBRACE, 1968). Para além do extravasamento das águas, as enchentes eram também causadas pela inversão de fluxo nas galerias de águas pluviais, nas zonas baixas próximas ao rio (DAEE, 1977).

Para contornar essa situação, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) contratou diversos estudos para uma nova canalização do rio Tamanduateí, principalmente em seu trecho de vazão mais crítica, desde sua foz até a confluência com o ribeirão dos Meninos. Os estudos identificados[9] foram os seguintes: 'projeto pré-construtivo de canalização de trecho do rio Tamanduateí', do convênio HIBRACE, de 1968; 'projeto das obras de canalização do rio Tamanduateí', da PLANIDRO engenheiros consultores, de 1972 e 1974; estudos da comissão

[9] Levantamento realizado pelo autor a partir de documentos e projetos disponíveis nas bibliotecas do DAEE e do FCTH, ambas na Cidade Universitária.

criada pelo Governo do Estado de São Paulo, de 1976; e 'projeto de canalização do rio Tamanduateí', da PROMON Engenharia, de 1977, revisado em 1981 e executado ao longo desta década.

- Projeto HIBRACE

O convênio HIBRACE já realizava, desde 1963, o plano de 'Desenvolvimento Global do Recurso Hídrico das Bacias do Alto Tietê e Cubatão', conhecido como Plano HIBRACE[10]. Este plano visava um planejamento integrado da Bacia do Alto Tietê, fixando critérios sobre abastecimento d'água, controle de poluição, controle de enchentes, navegação, geração de energia e uso recreativo da água (DAEE, 1977). Desta forma, os engenheiros do convênio já tinham uma base consolidada para a realização do 'Projeto Pré-Construtivo de Canalização de Trecho do Rio Tamanduateí'[11], aqui denominado 'projeto HIBRACE', concluído em 1968. Tal estudo foi elaborado pela Hidroservice, uma das três empresas do convênio, que contava em sua equipe com o eng. Lysandro Pereira da Silva.

O principal objetivo do projeto HIBRACE era fornecer diretrizes para a eliminar as inundações no trecho do rio Tamanduateí compreendido entre sua foz e a confluência com o ribeirão dos Meninos. A partir de reuniões, realizadas na Comissão de Planejamento do Alto Tietê (COPLAT), entre o convênio HIBRACE e representantes do DAEE, da Prefeitura e das entidades encarregadas de serviços públicos (água, esgoto, luz, gás, telefone, Estrada de Ferro Santos-Jundiaí e telégrafo), foram adotados alguns critérios básicos para a elaboração dos projetos futuros, dentre os quais podemos destacar: (1) o canal resultante deveria ser aberto, com largura máxima de 26 metros; (2) deveria estar contido na Av. do Estado, respeitando ao máximo as vias marginais existentes; (3) as linhas de transmissão de energia elétrica ao longo do canal deveriam ser subterrâneas (HIBRACE, 1968).

Os engenheiros do convênio salientam que o projeto deveria ser estendido para além da foz do ribeirão Meninos, para que as obras de municípios a montante não fiquem desarticuladas das que seriam realizadas a jusante. Nas palavras dos autores, "é manifesto, pois, que o estudo dos problemas do rio Tamanduateí deva ser estendido à toda a bacia, com intuito de beneficiar toda a

---

[10] Sobre o 'Plano HIBRACE', ver subcapítulo 2.1.

[11] Contrato celebrado entre o Convênio HIBRACE e o DAEE em 17 de maio de 1966, tendo sido o estudo elaborado pela Hidroservice, uma das três empresas do convênio (HIBRACE, 1968).

comunidade por ele afetada, sem ater-se às fronteiras municipais ou interesses de caráter estritamente político ou local". Dessa forma, recomendam a realização de novos estudos das sub-bacias contribuintes, em um plano integrado a ser paulatinamente executado (op. cit).

Para o cálculo da vazão que o novo canal do Tamanduateí deveria suportar, os autores ressaltam a dificuldade em realizarem previsões precisas[12], uma vez que área de sua bacia estava em acentuado processo de urbanização, ainda existindo, em 1968, muitas áreas livres a serem ocupadas, o que resultaria em profundas mudanças futuras no hidrograma do trecho a jusante. Desta forma, como fator de segurança, adotaram um período de retorno de 500 anos para os picos de vazão, a partir dos dados disponíveis naquele momento, chegando assim às vazões máximas de projeto que cada trecho do canal deveria suportar (HIBRACE, 1968) (fig. 54).

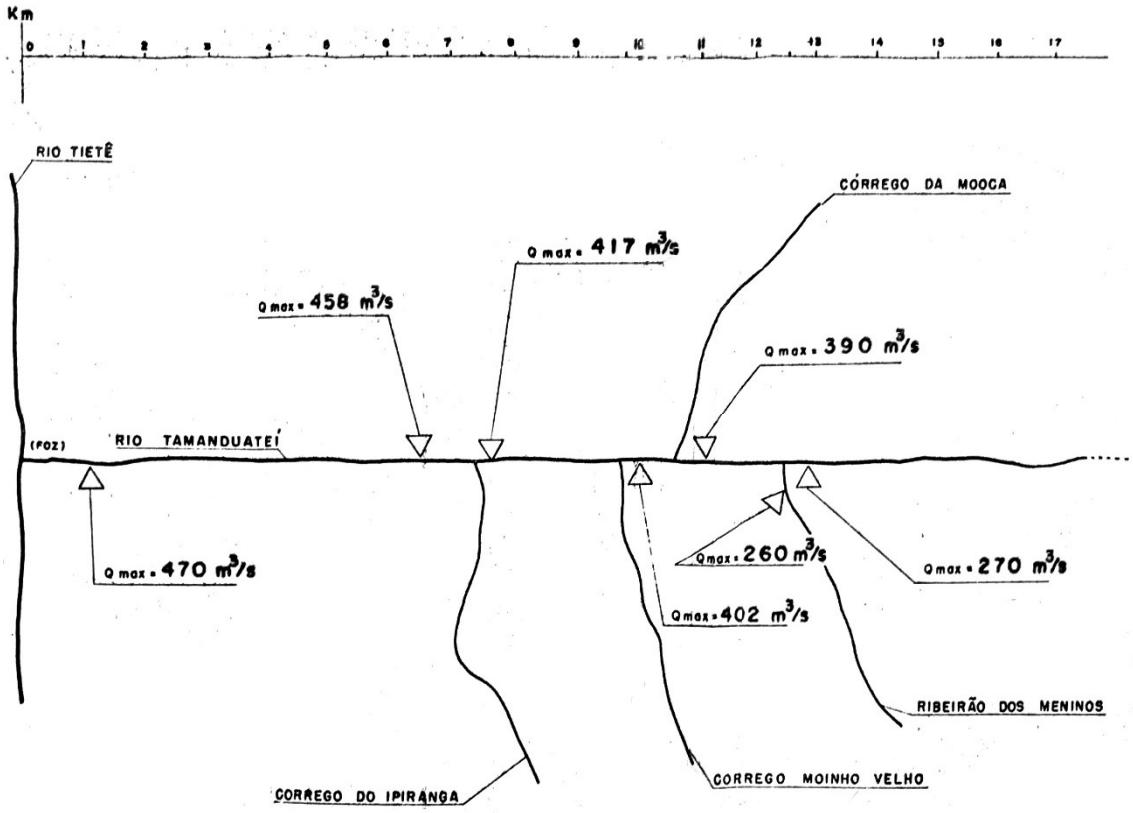


Fig. 54: Vazões máximas de projeto de cada trecho do rio Tamanduateí, calculadas em 1968 pelo Convênio Hibrace para um período de retorno de 500 anos. Fonte: PLANIDRO (1972).

[12] Sobre a dificuldade em realizar previsões precisas, os autores destacam que os engenheiros da Comissão de Saneamento do Estado, em 1894, previram uma seção que comportasse 120 m³/s acreditando que tal volume d'água jamais seria atingido, senão metade dele. Em 1966, na grande enchente do Parque Dom Pedro II, foram medidos 178 m³/s, correspondentes a um 'pico' de cerca de 220 m³/s (HIBRACE, 1968).

Segundo Palermo[13], para o cálculo da vazão máxima do Tamanduateí o eng. Lysandro Pereira realizou um estudo hidrológico bastante evoluído para a época, concebendo uma tormenta de projeto que tinha como epicentro a região central da cidade e se disseminava para o restante da bacia, gerando uma forma gráfica de elipse que ficou conhecida como 'pizza do Lysandro' (informação verbal) (fig. 55).

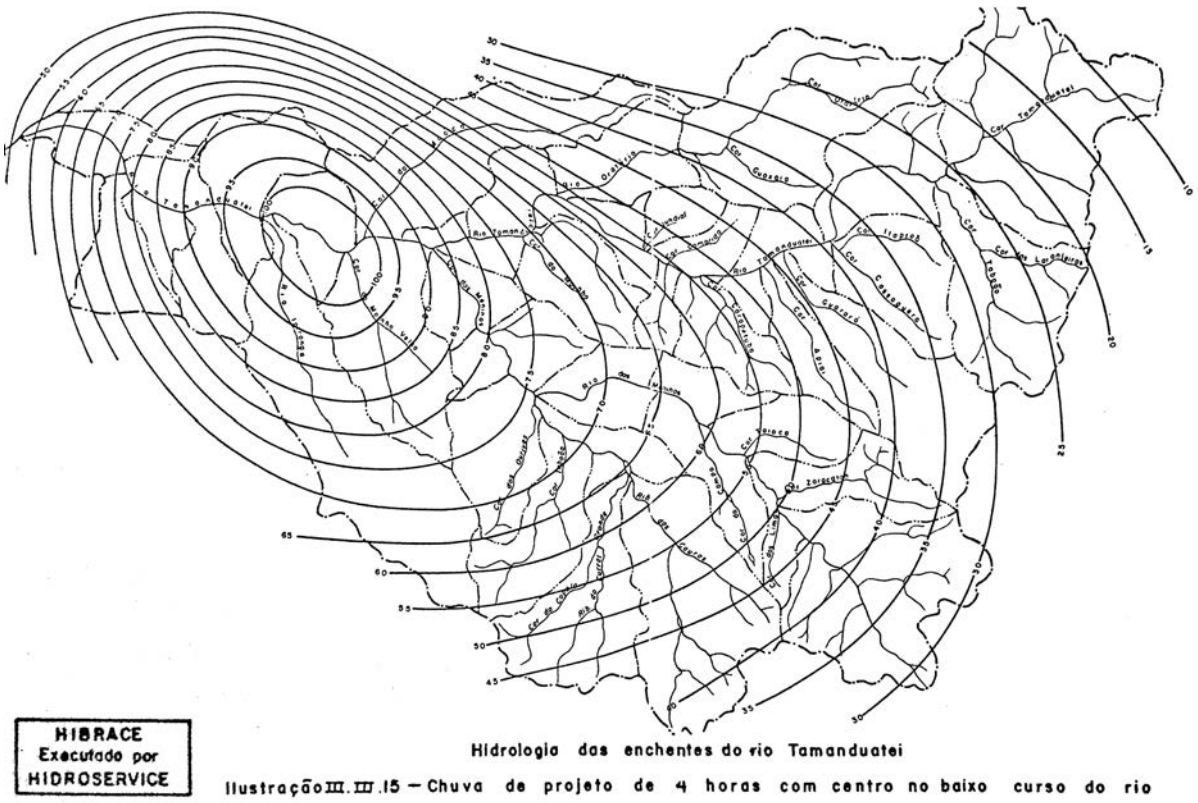


Fig. 55: Modelo de tormenta de projeto para cálculo da vazão máxima no Tamanduateí, elaborado por Lysandro Pereira da Silva. Fonte: HIBRACE (1968).

Foi definida então uma seção para o canal que suportasse a descarga máxima de 470 m³/s, correspondente à vazão de projeto do trecho próximo à foz do Tamanduateí. Deveria ser assegurado, para além deste volume máximo, um bordo livre de 0,25 a 0,50 m, cuja principal finalidade seria facilitar a entrada da água das áreas lindeiras, evitando refluxos através das galerias pluviais. A seção transversal proposta teria 7 metros de profundidade máxima e perfil tipo

[13] Informação fornecida pelo eng. Marco Antônio Palermo durante encontro com pesquisadores do Grupo Metrópole Fluvial na FAU USP, em outubro de 2017.

trapezoidal com o fundo em 'V' aberto, que dificultaria a sedimentação de detritos carreados pelo rio mesmo em condições de pouco escoamento de água. O limite da largura superior do canal, de 26 m, poderia ser ampliado na região próxima à foz no Tietê, onde a ausência de avenidas marginais possibilitaria o alargamento do canal até 50 m (HIBRACE, 1968) (fig. 56).

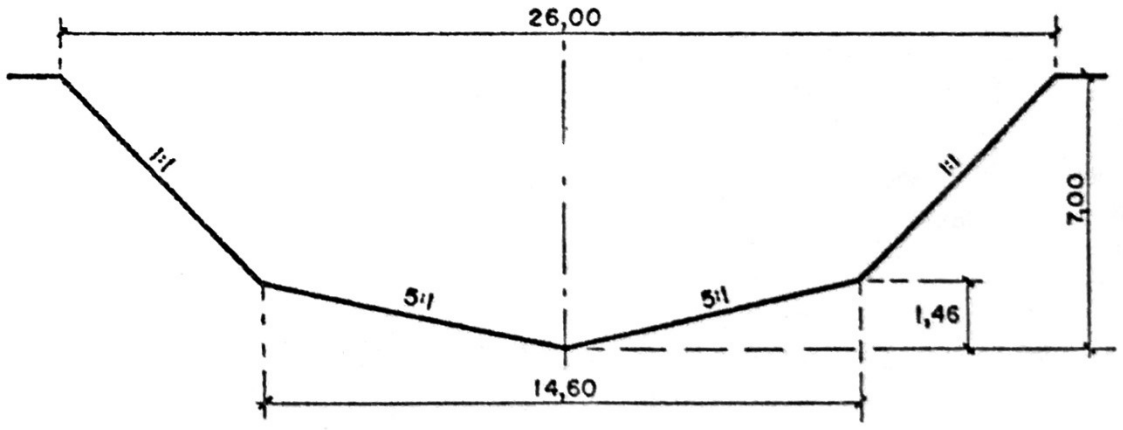


Fig. 56: Seção típica do canal do Tamanduateí, proposta pelo convênio HIBRACE. Fonte: HIBRACE, 1968.

- Projeto PLANIDRO

A convite do DAEE, a PLANIDRO Engenheiros iniciou, em 1972, estudos preliminares de soluções para os problemas de inundação do Tamanduateí, tomando como base as diretrizes estabelecidas pelo projeto HIBRACE. Para além de uma nova canalização, foram consideradas alternativas de desvio de parte das águas para outras bacias, através de túneis que ligariam o rio Tamanduateí, na altura da confluência com o córrego da Mooca[14], com a represa Billings, com o rio Pinheiros ou com o rio Juqueri (fig. 57). A ligação com o rio Juqueri seria a de maior dificuldade técnica, pois previa um túnel de longa distância, com 33 km de comprimento, para transportar águas até o reservatório de Pirapora. O desvio para o rio Pinheiros, por sua vez, previa um túnel de 8.000 m que levaria as águas até a foz do córrego do Cordeiro. Já o desvio para a represa Billings previa uma estação elevatória e um túnel de 8.400 m, com vazão de 200 m^3/s (PLANIDRO, 1972).

[14] Local onde hoje está construído o Piscinão Guamiranga.

Os autores também consideraram drenar as áreas mais baixas do vale com a utilização de canais laterais que adentrariam pelas ruas transversais ao canal principal do rio Tamanduateí. Salientaram, porém, que esta solução teria sérios problemas de interferência com futuros interceptores de esgoto. Em relação à canalização do Tamanduateí, foram estudados diversos desenhos de seções, com largura superior máxima de 26 m. As seções teriam área superior em cerca de 60% em relação à seção trapezoidal do projeto HIBRACE, por serem mais retangulares, possibilitando assim uma vazão máxima de 650 m³/s. Uma das seções apresentadas pela PLANIDRO previa galerias laterais ao longo do canal, que receberiam as águas provenientes da drenagem das áreas baixas, evitando o refluxo das águas do canal nas cheias (op. cit.) (fig. 58).

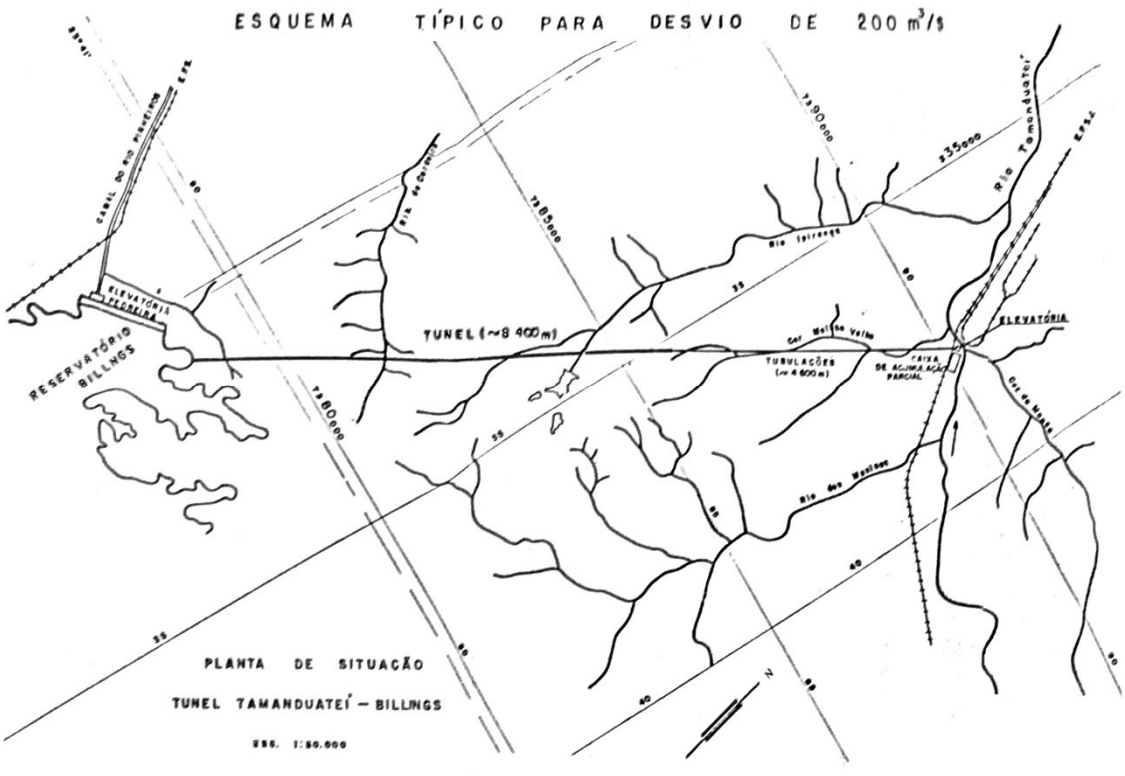


Fig. 57: Esquema típico para desvio de 200 m³/s através de túnel Tamanduateí – Billings. Fonte: PLANIDRO (1972).

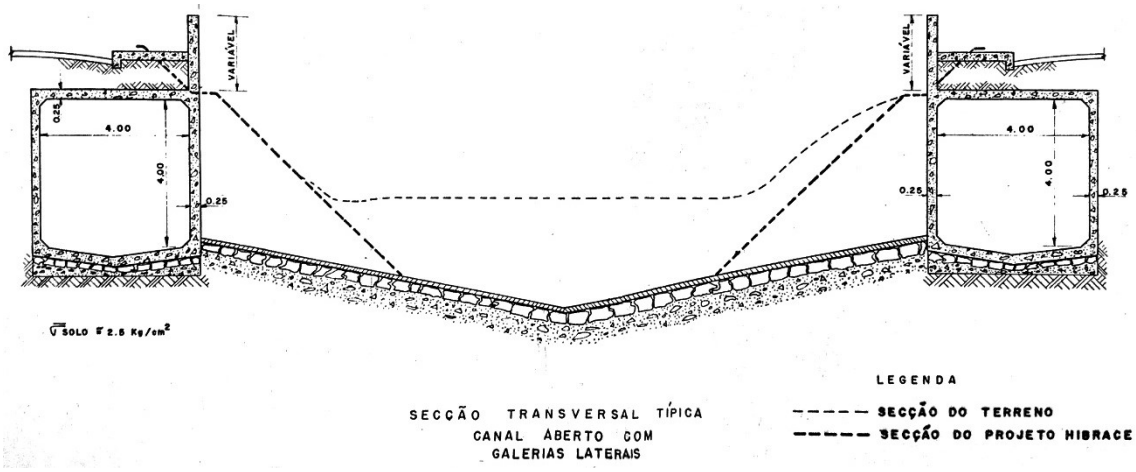


Fig. 58: Proposta de seção para o canal do Tamanduateí com galerias laterais para o recebimento das águas provenientes da drenagem urbana. Notar perfil do projeto HIBRACE em pontilhado grosso, como comparação. Fonte: PLANIDRO (1972).

Os estudos preliminares elaborados em 1972 serviram de base para o projeto apresentado pela PLANIDRO em 1974, elaborado em parceria com o Escritório Técnico J. C. de Figueiredo Ferraz. Foram descartadas as alternativas de reversão de água para outras bacias através de túneis, ou de construção de canais laterais, tendo sido escolhida como mais promissora a opção de realização do canal em seção retangular, com 28 m de largura e 8 m de altura, sem revestimento de fundo (PLANIDRO, 1974).

Para a escolha da estrutura do canal, que deveria cumprir também a função de arrimo das margens, verificou-se que a utilização de paredes atirantadas iria interferir com serviços públicos subterrâneos existentes nas margens, além do risco de mudança das características mecânicas do solo de ancoragem devido a eventuais vazamentos de tubulações. Desta forma, optou-se pelo escoramento interno das paredes laterais com vigas de concreto armado, com seção quadrada de 0,95 m, espaçadas entre si 7 m ao longo de todo o canal. O dimensionamento dessas vigas já previa a futura construção de uma via de tráfego sobre o rio (op. cit.) (fig. 59).

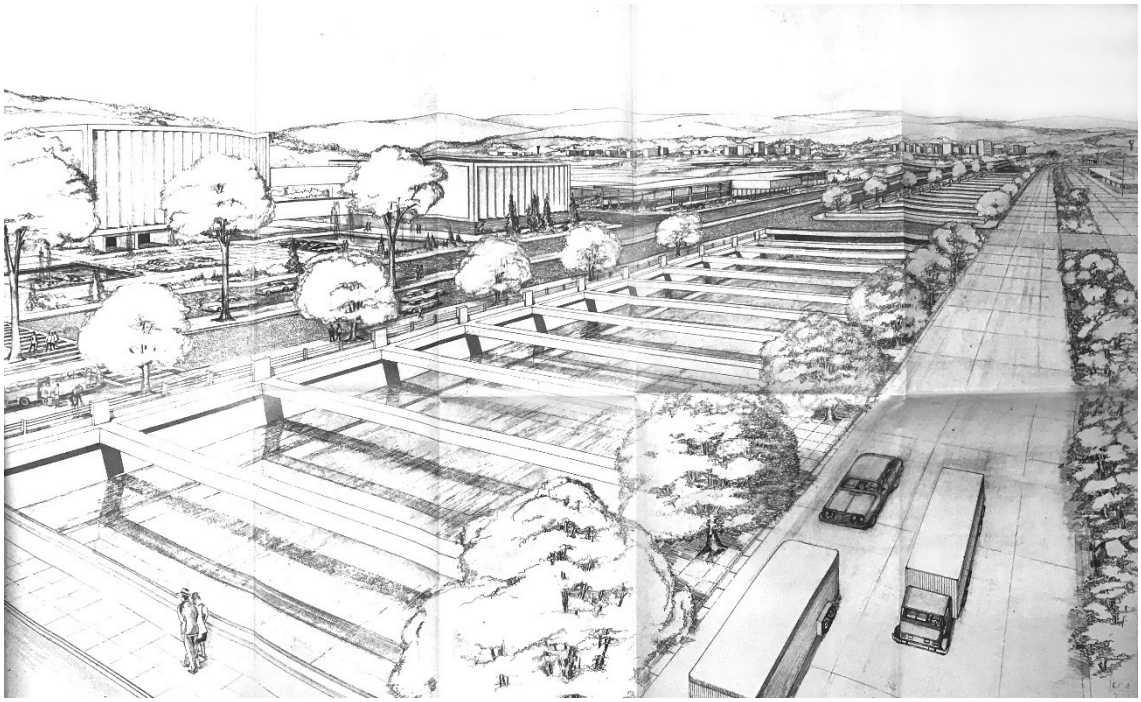


Fig. 59: Proposta para canalização do Tamanduateí em seção retangular, com 28 m de largura e 8 m de altura, com vigas internas de travamento. Fonte: PLANIDRO (1974).

- Estudos da comissão criada pelo Governo do Estado de São Paulo

Tomando como ponto de partida os estudos realizados anteriormente, em 1976 o Governo do Estado de São Paulo organizou, através do DAEE, uma comissão para estabelecer as premissas necessárias para a elaboração dos projetos executivos e a contratação das obras recomendadas para o canal do rio Tamanduateí. A partir do exame de várias alternativas de seções e estruturas de contenção, estudos técnico-econômicos indicaram a seção trapézio-retângulo, com paredes estruturais de contenção, como a mais indicada para o trecho entre a foz e o ribeirão dos Meninos (DAEE, 1977).

Com o objetivo de aumentar a seção hidráulica do canal sem ter que alargá-lo, o que causaria interferências com as vias de tráfego marginais e demais utilidades públicas paralelas ao rio, foi previsto o aprofundamento do canal. Tal aprofundamento também era recomendado para facilitar o escoamento das galerias pluviais das áreas baixas lindeiras ao canal, pertencentes ao antigo leito maior do rio, que sofriam com enchentes devido ao afogamento do sistema de drenagem (op. cit.)

Para a determinação da vazão de projeto do futuro canal, foram feitos novos estudos hidrológicos em posse de medições de descarga realizadas pelo DAEE em 1969, prevendo ainda

um índice de urbanização futuro da bacia hidrográfica da ordem de 80%. Desta forma, para o trecho do Tamanduateí compreendido entre sua foz e a confluência com o ribeirão dos Meninos, foi adotada a vazão de 324 m³/s, correspondente a um período de retorno de 50 anos, para a condição de não afogar as galerias de águas pluviais das áreas adjacentes ao canal. O período de retorno de 500 anos, proposto pelo projeto HIBRACE de 1968, foi adotado para o cálculo da vazão máxima que o canal deveria suportar, sem transbordamento, resultando em 484 m³/s (DAEE, 1977). A partir desses dados foram fixadas as seguintes condições para o traçado geométrico do canal:

- Da foz no rio Tietê (estaca 0[15]) até logo a montante da ponte Santos Dumont (estaca 65), o limite da largura superior do canal poderia ser maior do que 28 m, por não estar limitado pela av. do Estado.
- Da estaca 65 até logo a montante da ponte da rua dos Patriotas / viaduto Cap. Pacheco e Chaves, no Ipiranga (estaca 465), a largura do canal seria de 28 m.
- Da estaca 465 até a foz do ribeirão dos Meninos (estaca 615), a largura do canal seria de 26 m.
- Entre as estacas 65 e 615, o traçado do canal deveria ficar inscrito na faixa de domínio da avenida[16], respeitando os raios de curvatura da mesma.
- A largura mínima para cada faixa lateral da avenida seria de 16 m, definindo-se 'faixa lateral' a superfície compreendida entre a borda interna do canal e o alinhamento predial.
- O nível da linha d'água para a vazão de 484 m³/s deveria ser mantido no mínimo 20 cm abaixo do nível dos pontos mais baixos das avenidas marginais, e no nível da face inferior das pontes e travessias (op. cit.).

As pontes, passarelas e interferências transversais ao canal deveriam ser mantidas, desde que oferecessem vão livre para o escoamento das águas e não interferissem na largura mínima das faixas laterais. Caso não satisfizessem essas condições, haveria uma análise de custo para a remoção da interferência ou adaptações necessárias no canal a fim de se manter a interferência. Tal procedimento conduziu à redução do canal para 26 m no trecho entre as estacas 465 e 615[17] (DAEE, 1977).

---

[15] Numeração de estacas presente em PROMON (1977c) e DAEE (1985). Cada estaca equivale a 20 m.

[16] A largura da faixa de domínio disponível para a atual Av. do Estado, incluindo o canal, é de 60 m. Como faixa de domínio entende-se a superfície compreendida entre os alinhamentos prediais ao longo da avenida (DAEE, 1977).

[17] Pelo relatório do DAEE (1977) não fica claro qual interferência resultou na redução da largura canal, a partir da estaca 465, para 26 m. Nos outros documentos também não foi encontrada nenhuma menção às razões para essa redução.

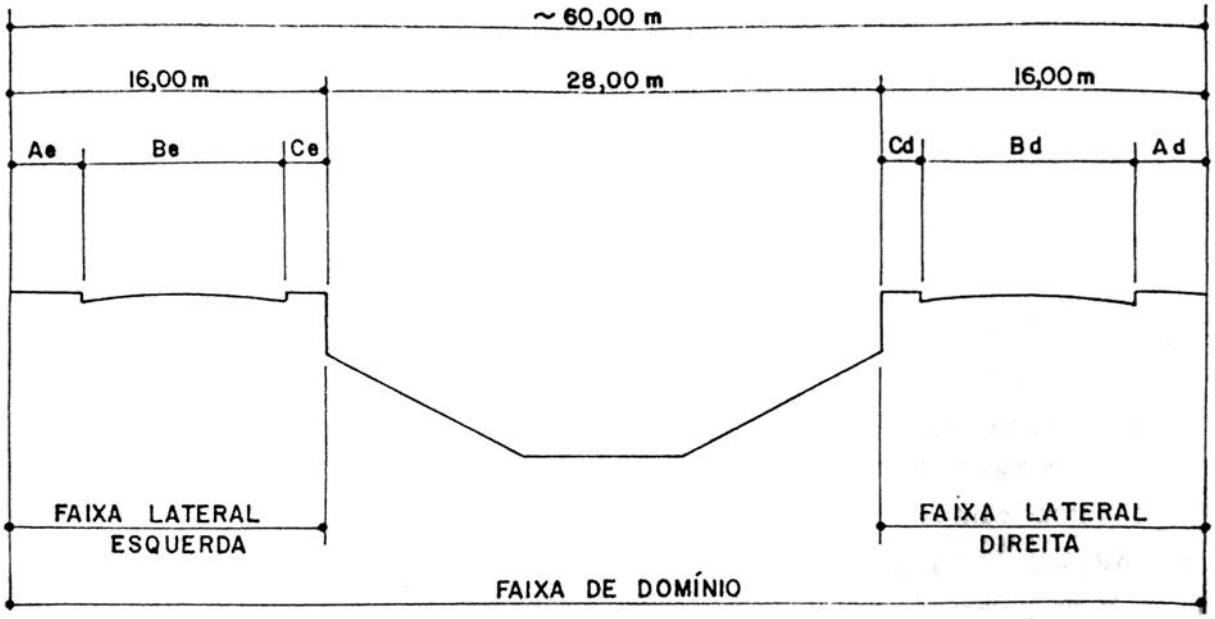


Fig. 60: Diretrizes estabelecidas pela Comissão do Governo do Estado de São Paulo para a largura máxima do canal do Tamanduateí e largura mínima das faixas laterais, dentro da faixa de domínio da avenida do Estado. Para o trecho em que o canal tivesse 26 m de largura, o critério para as faixas laterais seria mantido. Fonte: DAEE (1977).

- Projeto PROMON

A partir dos critérios estabelecidos pela comissão criada pelo Governo do Estado de São Paulo, citados acima, a PROMON Engenharia foi contratada para a elaboração do projeto executivo de canalização do rio Tamanduateí. Foram estudadas novamente diversas alternativas de geometrias para a seção do canal, e concluiu-se, no relatório apresentado em 1977, que a solução de trapézio-retângulo sugerida pela comissão era de fato a mais favorável em termos técnicos e econômicos, ao possibilitar a construção por etapas mediante várias frentes de trabalho (PROMON, 1977a) (fig. 61).

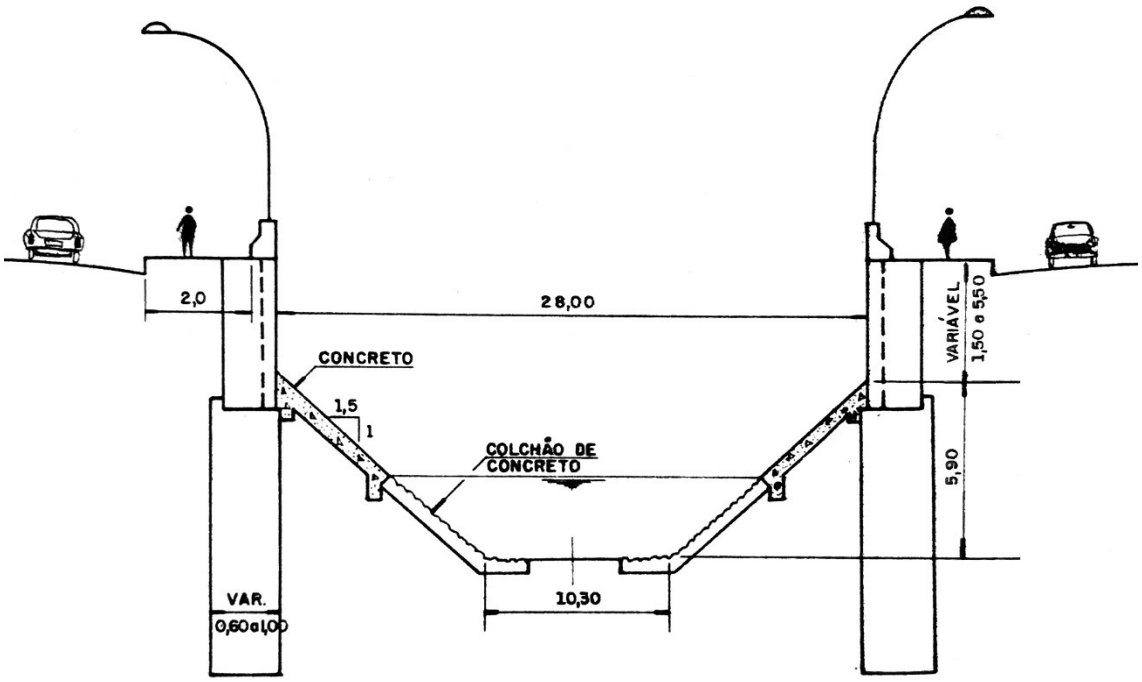


Fig. 61: Seção em trapézio-retângulo para o canal do Tamanduateí projetada pela PROMON em 1977. Fonte: PROMON (1977b).

Nos anos seguintes, a PROMON apresenta um novo projeto executivo, retificando a geometria inferior da seção do canal a fim de obter maior área para vazão da água. Chega-se assim ao desenho final do canal, com seção tronco-trapezoidal, que foi construído ao longo da década de 1980 (fig. 62).

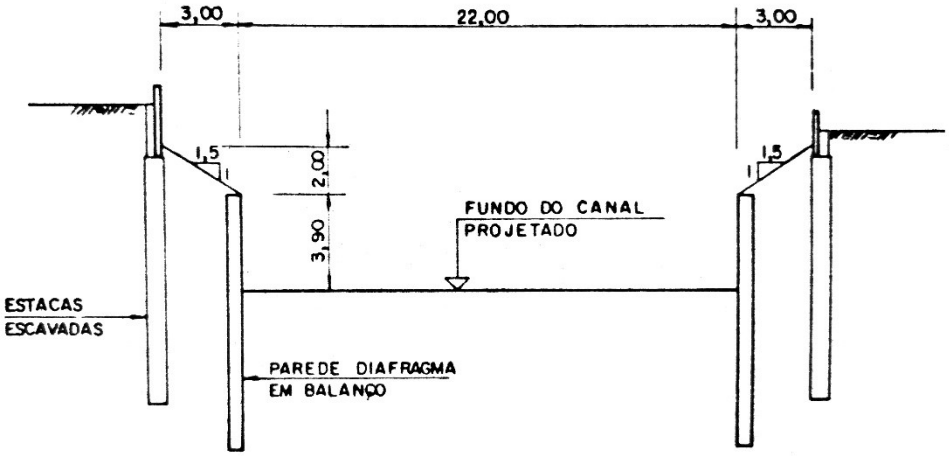


Fig. 62: Seção do canal do Tamanduateí projetada pela PROMON em 1981 e construída nos anos seguintes. Fonte: PROMON (1986).

A estrutura do canal, construído a partir do projeto da PROMON, é constituída por cortinas de contenção em concreto apoiadas sobre estacas, que delimitam a largura maior do canal, e paredes diafragmas em balanço, que delimitam a largura da seção menor. Uma laje inclinada na proporção 1,5 na horizontal para 1 na vertical faz a ligação entre a parede diafragma e a cortina de concreto. O fundo do canal não é revestido, e possui 3,90 m de profundidade a partir do topo da parede diafragma. A laje inclinada possui distância vertical de 2 m e distância horizontal de 3 m. Já a cortina de concreto possui altura variável, entre 1 e 5 m. Em terrenos de solo mais frágil, como próximo à foz do ribeirão dos Meninos, foi empregado o uso de tirantes ou realizada a ligação entre a parede diafragma em balanço e as estacas com vigas de ancoragem.

Esta geometria da seção do canal se repete ao longo de 12 km do trecho inicial do Tamanduateí[18], desde a ponte Santos Dumont, próximo à foz no Tietê, até a montante da confluência com o ribeirão dos Meninos, na ponte da rua Baía Grande. Em parte deste trecho o canal é coberto ao longo de 2 km por uma via de tráfego, entre o viaduto Leste-Oeste e a av. Dom Pedro I. A largura interna total do canal tem duas variações, sendo 28 m entre a ponte Santos Dumont e o viaduto Cap. Pacheco e Chaves, no Ipiranga, e 26 m entre este viaduto e a ponte da rua Baia Grande.

No trecho do Tamanduateí que vai da sua foz no Tietê até a ponte Santos Dumont, a geometria do canal é diferenciada, possuindo uma seção trapézio-retângulo cuja largura interna total vai aumentando progressivamente até chegar a cerca de 70 m na foz. Já no trecho a montante da rua Baía Grande até a foz do córrego do Oratório, na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, o canal possui seção retangular com paredes diafragma atirantadas (fig. 63).

As faixas laterais ao Tamanduateí, ocupadas pela av. do Estado, possuem em média 16 m entre a face interna do canal e o alinhamento dos edifícios, sendo apenas 1,5 m de largura para a calçada junto ao rio, 10,5 m para as 3 faixas de rolamento, e entre 3,5 e 4 metros para a calçada junto aos edifícios. Percebe-se pelo projeto que a calçada junto aos edifícios teve sua largura aumentada em relação à construída anteriormente, e que o raio de curvatura padrão estabelecido para as esquinas é de 6 m. Nesta calçada também estão instalados postes de energia[19].

---

[18] Em um trecho de cerca de 200 m, entre a ponte da av. Presidente Wilson e a ponte da Av. Prof. Luiz Ignácio Anhaia Mello, o canal assume forma retangular, com 26 m de largura entre paredes atirantadas.

[19] Dados obtidos a partir de análise do projeto executivo contido em PROMON (1981, 1982, 1984, 1986), observações de imagens de satélite do Google Maps e verificações *in loco* realizadas pelo autor.

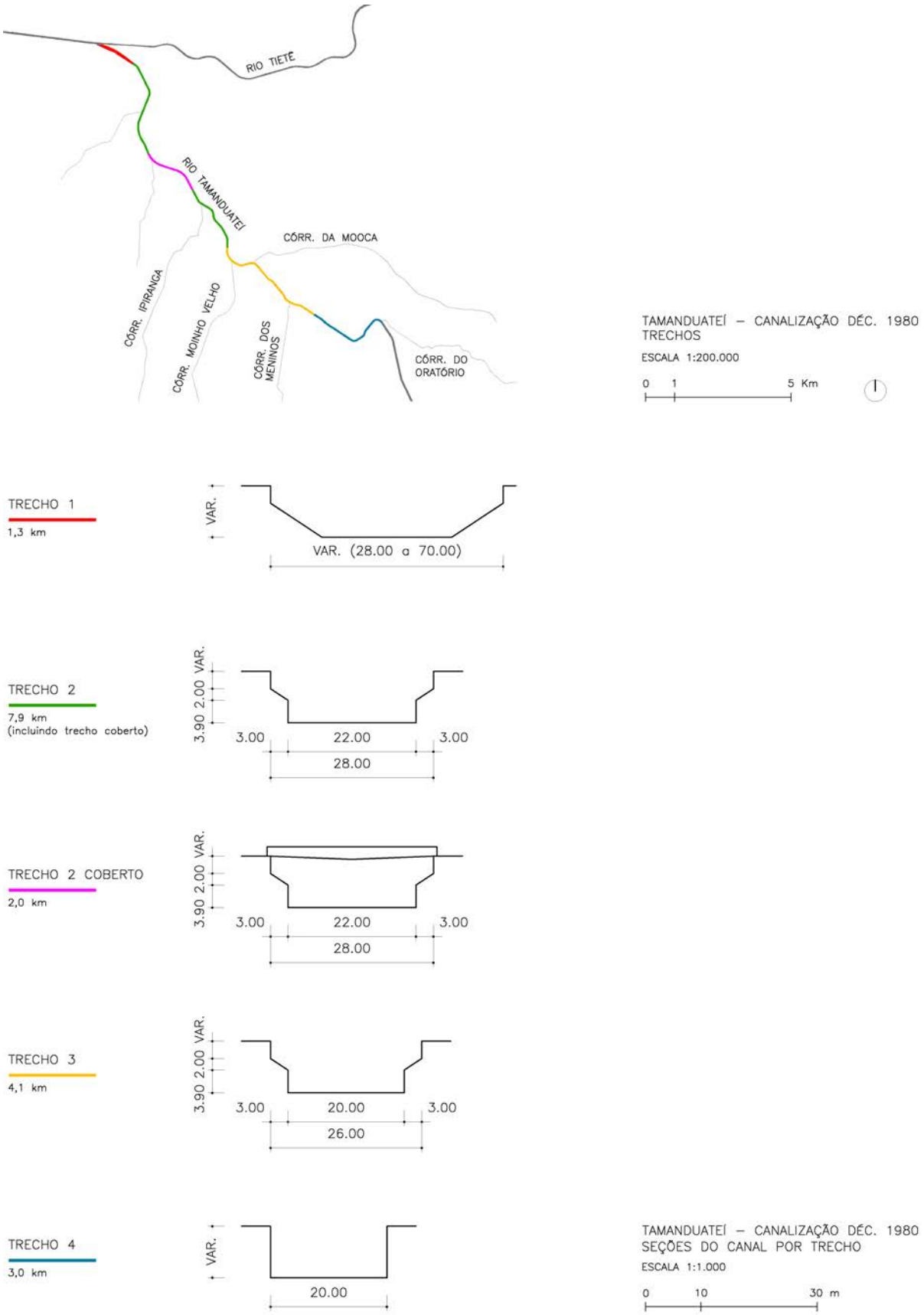


Fig. 63: Seções dos diferentes trechos da nova canalização do Tamanduateí na década de 1980. Fonte: elaborado pelo autor a partir de informações obtidas em PROMON (1981, 1982, 1984, 1986), observações de imagens de satélite do Google Earth e medições *in loco* realizadas pelo autor.

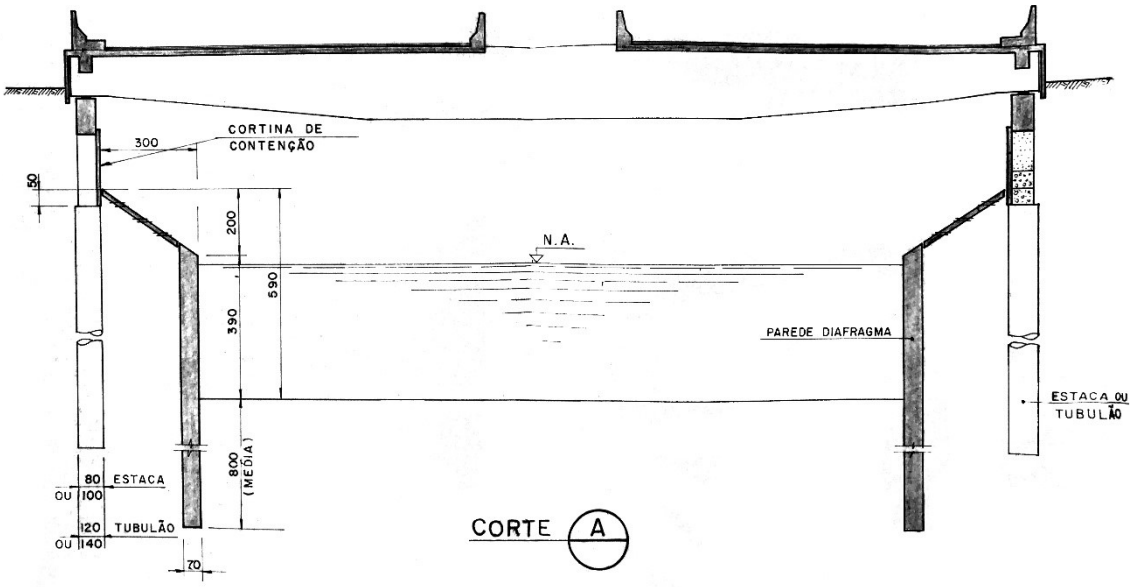


Fig. 64: Seção do canal do Tamanduateí com via de tráfego sobre o rio. Fonte: PROMON (1984).

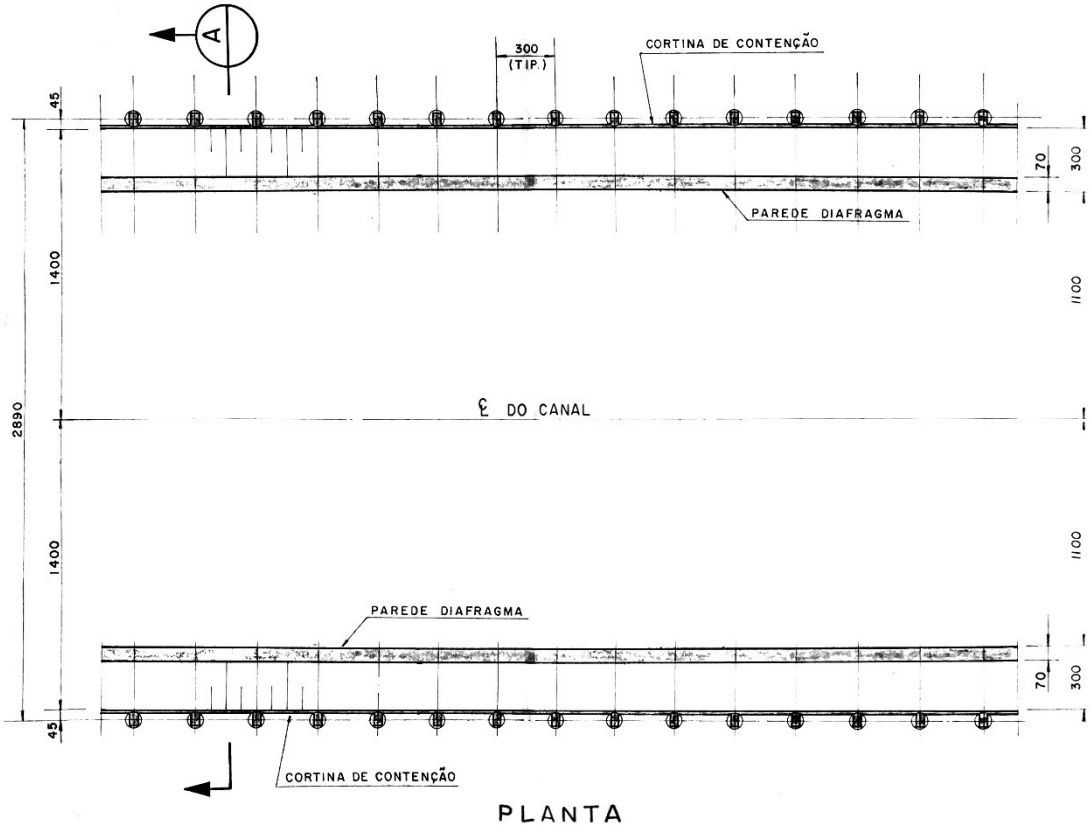


Fig. 65: Planta do canal do Tamanduateí. Fonte: PROMON (1984).

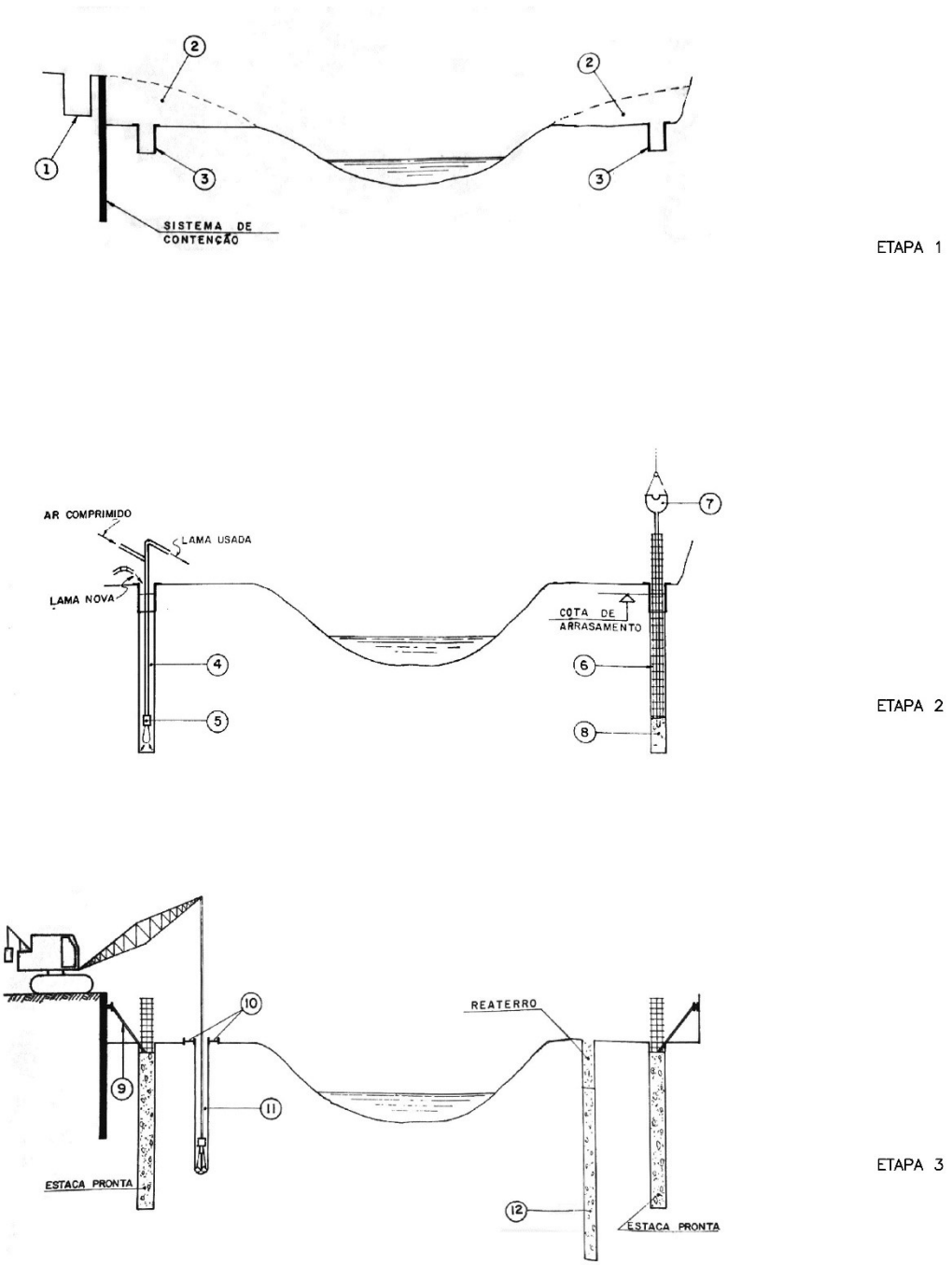


Fig. 66: Etapas 1, 2 e 3 das obras de canalização do rio Tamanduateí na década de 1980. Fonte: PROMON (1984).

ETAPA 1: (1) Identificação e eventual remanejamento das redes de utilidade pública que interferem com as obras. (2) Escavação do terreno para permitir a execução das estacas escavadas, se necessário com o emprego de sistema de contenção provisória. (3) Colocação do 'tubo guia'.

ETAPA 2: (4) Escavação do furo com auxílio de lama bentonitica. (5) Limpeza do fundo do furo com bomba de submersão. (6) Colocação da armação. (7) Colocação do tubo tremonha. (8) Execução da concretagem submersa até cerca de 50 cm.

ETAPA 3: (9) Execução de eventual escoramento do sistema de contenção. (10) Colocação de guia metálica. (11) Escavação para execução da parede diafragma. (12) Execução das etapas análogas aos itens 5, 6, 7 e 8.

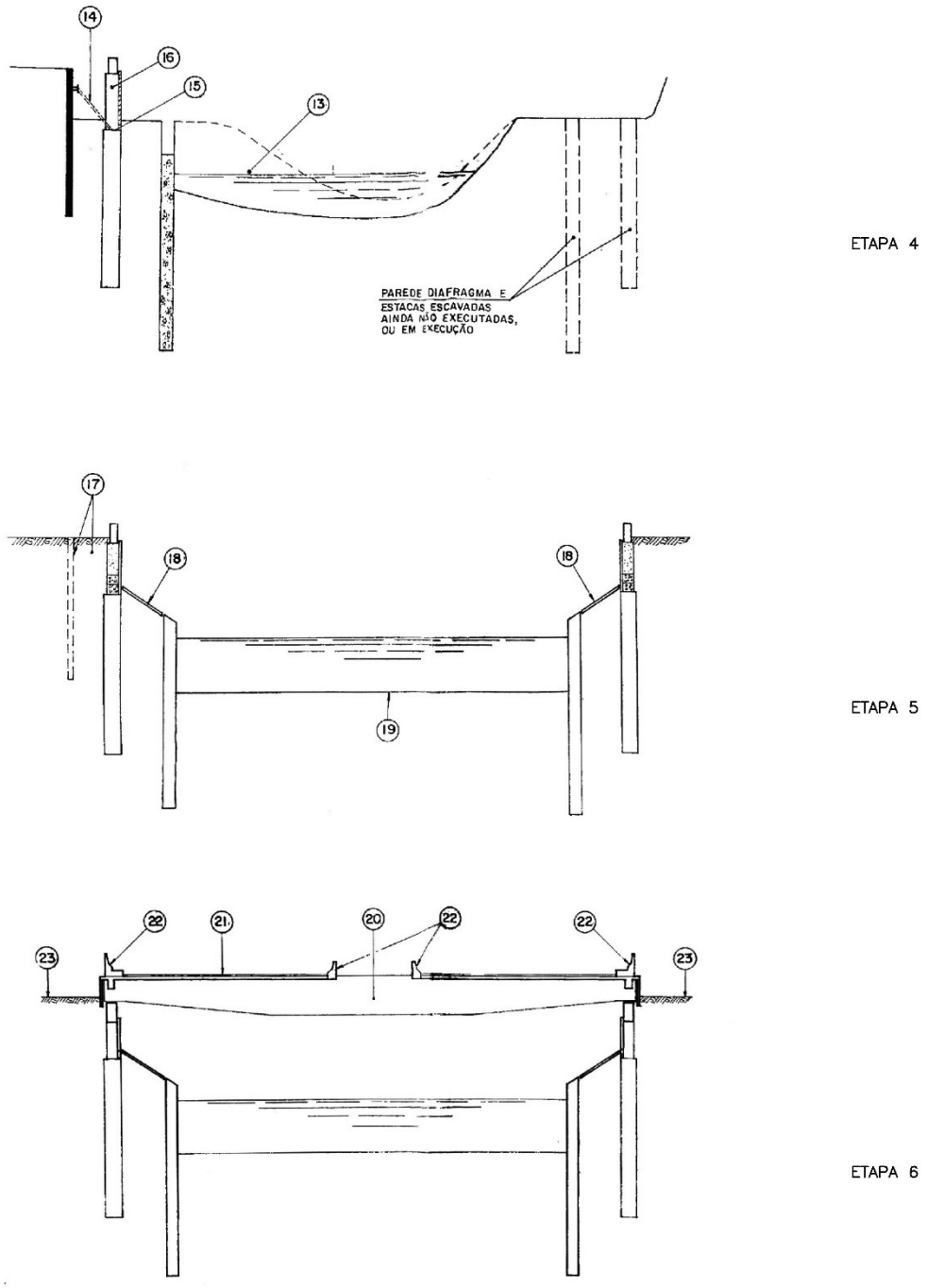


Fig. 67: Etapas 4, 5 e 6 das obras de canalização do rio Tamanduateí na década de 1980. Fonte: PROMON (1984).

ETAPA 4: (13) Escavação parcial do canal. (14) Retirada do escoramento eventual. (15) Corte e preparo da cabeça da estaca escavada. (16) Confecção dos pilares sobre as estacas, cortina de contenção e viga superior (a viga superior só é construída onde haverá via de tráfego).

ETAPA 5: (17) Reaterro do trecho atrás da cortina de contenção e retirada do sistema de contenção provisória. (18) Preparo do talude entre a parede diafragma e a cortina de contenção. (19) Escavação final do canal.

ETAPA 6 (nos locais onde há via de tráfego): (20) Colocação das vigas transversais. (21) Construção da laje e da parede de bordo. (22) Construção do guarda rodas. (23) pavimentação da rua e da via.

Fig. 68: Etapa inicial da construção da nova canalização do Tamanduateí na década de 1980, sob viaduto Leste-Oeste. Fonte: acervo Estadão.

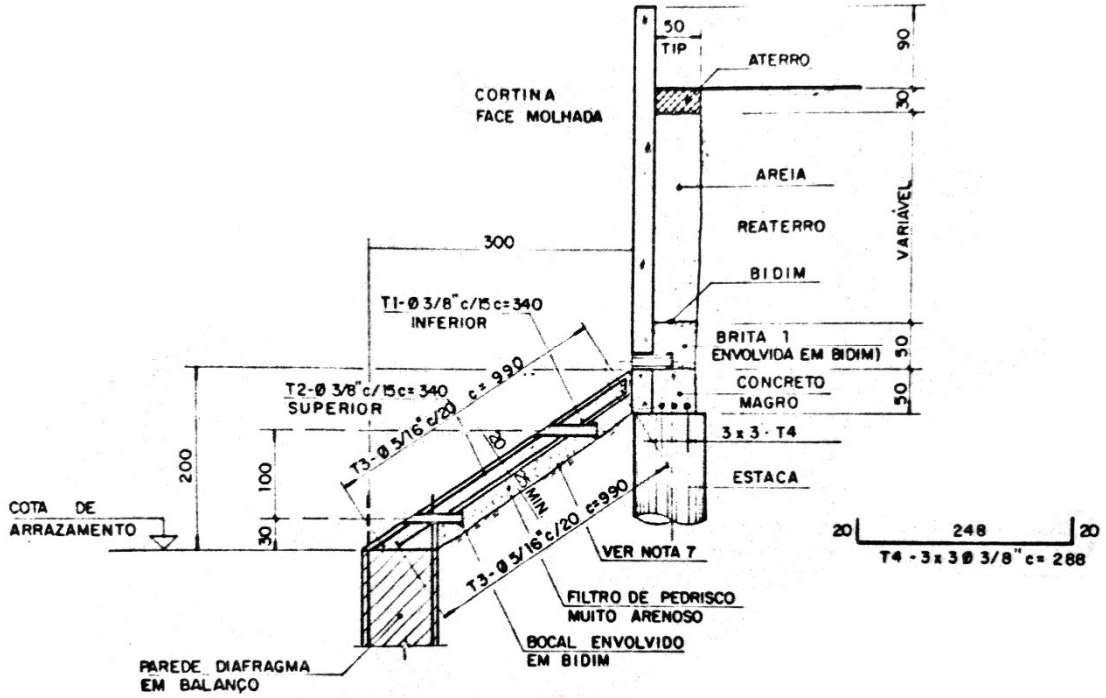


Fig. 69: Detalhe da laje inclinada no canal do Tamanduateí, conectando a parede diafragma em balanço com a cortina de contenção sobre estacas. Fonte: PROMON (1986).

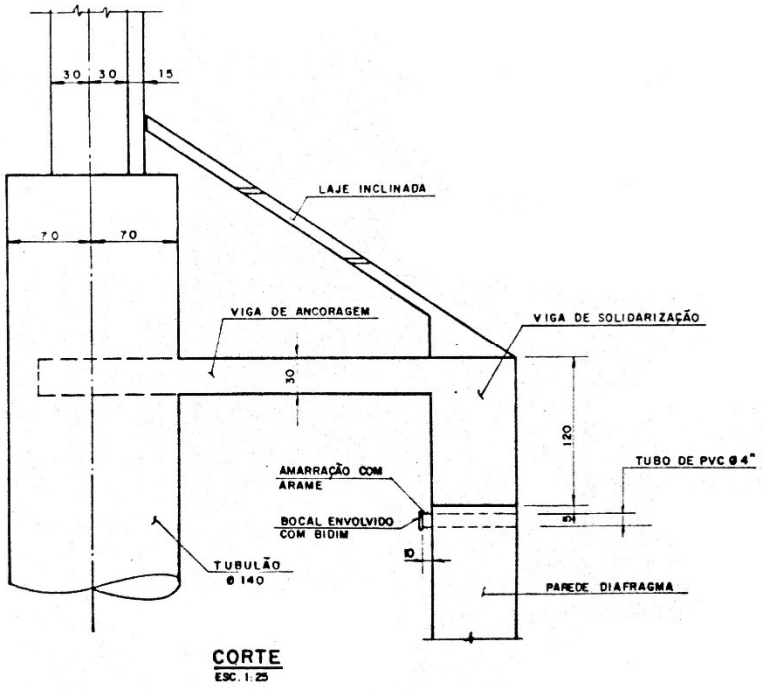


Fig. 70: Detalhe da ligação entre a parede diafragma e estaca através de viga de ancoragem, necessária somente em situações excepcionais, como na região próxima à foz do ribeirão dos Meninos. Fonte: PROMON (1986).

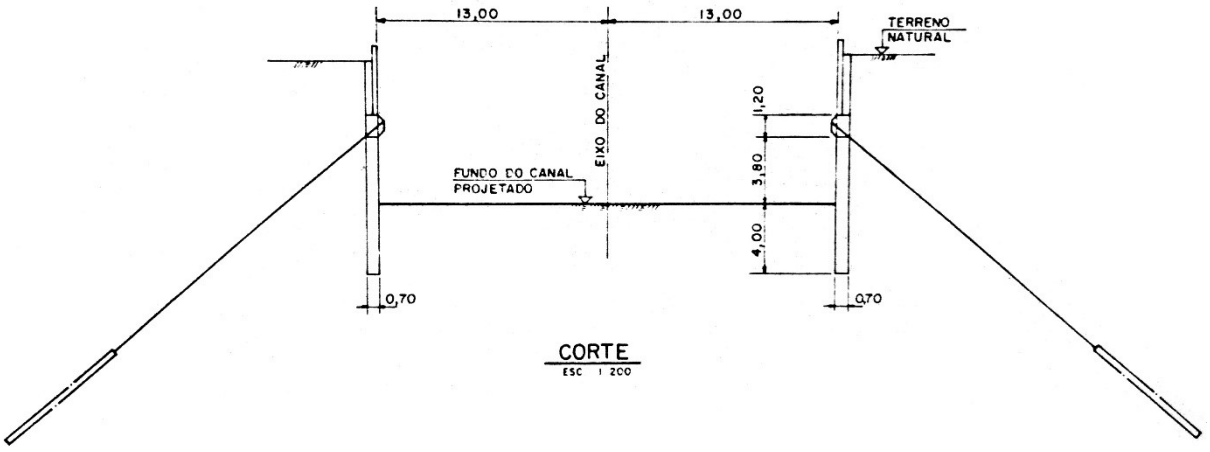


Fig. 71: Corte transversal do canal do Tamanduateí no trecho entre a ponte da rua Baía Grande e a foz do córrego do Oratório, na divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul, onde o canal possui seção retangular com paredes diafragma atirantadas. Apesar de o projeto indicar 26 m de largura interna, foram feitas algumas medições 'in loco' pelo autor que indicaram entre 20 e 22 m de largura. Fonte: PROMON (1986).

Ao longo dos 12 km onde a seção do canal possui a laje inclinada entre a cortina de contenção e a parede diafragma, as saídas das galerias de águas pluviais que drenam as ruas transversais ao rio, bem como a embocadura dos córregos afluentes de menor porte, estão em sua maioria localizadas na altura da laje inclinada ao longo do canal, acima, portanto, da linha d'água normal do Tamanduateí. Isso ocorre devido ao rebaixamento do leito do rio, feito, entre outros motivos, para facilitar o escoamento das águas drenadas de sua antiga área de várzea. Desta forma, os córregos da Mooca, Anhangabaú, Ipiranga e Moinho Velho têm o nível d'água na foz mais elevado do que o nível d'água do rio principal, afluindo suas águas na forma de quedas d'água.

As águas pluviais da av. do Estado, por sua vez, são lançadas diretamente no canal a partir de bocas de lobo localizadas nas calçadas para pedestres. Neste caso, a saída da tubulação de concreto, com 40 cm de diâmetro, se dá na altura da cortina de contenção, estando a face superior da tubulação 65 cm abaixo do nível da avenida. Em alguns trechos da avenida a drenagem pluvial é feita de outra maneira, através de uma galeria longitudinal ao canal, sob a faixa de rolamento da avenida, que recolhe as águas vindas das bocas de lobo lançando-as no canal em locais específicos.

Fig. 72: Foz do córrego Anhangabaú no canal do Tamanduateí. Fonte: foto do autor, fevereiro de 2015.

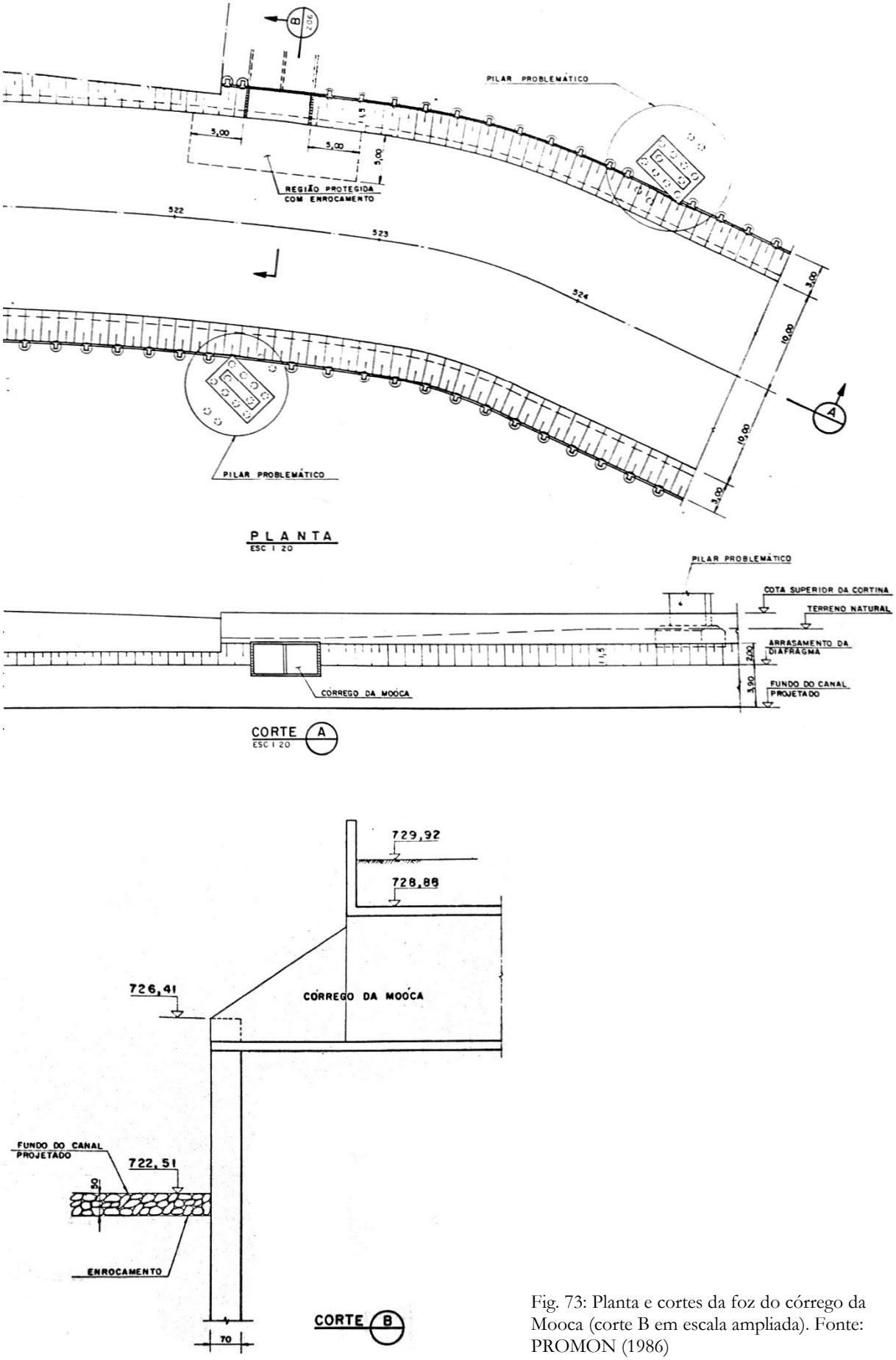


Fig. 73: Planta e cortes da foz do córrego da Mooca (corte B em escala ampliada). Fonte: PROMON (1986)

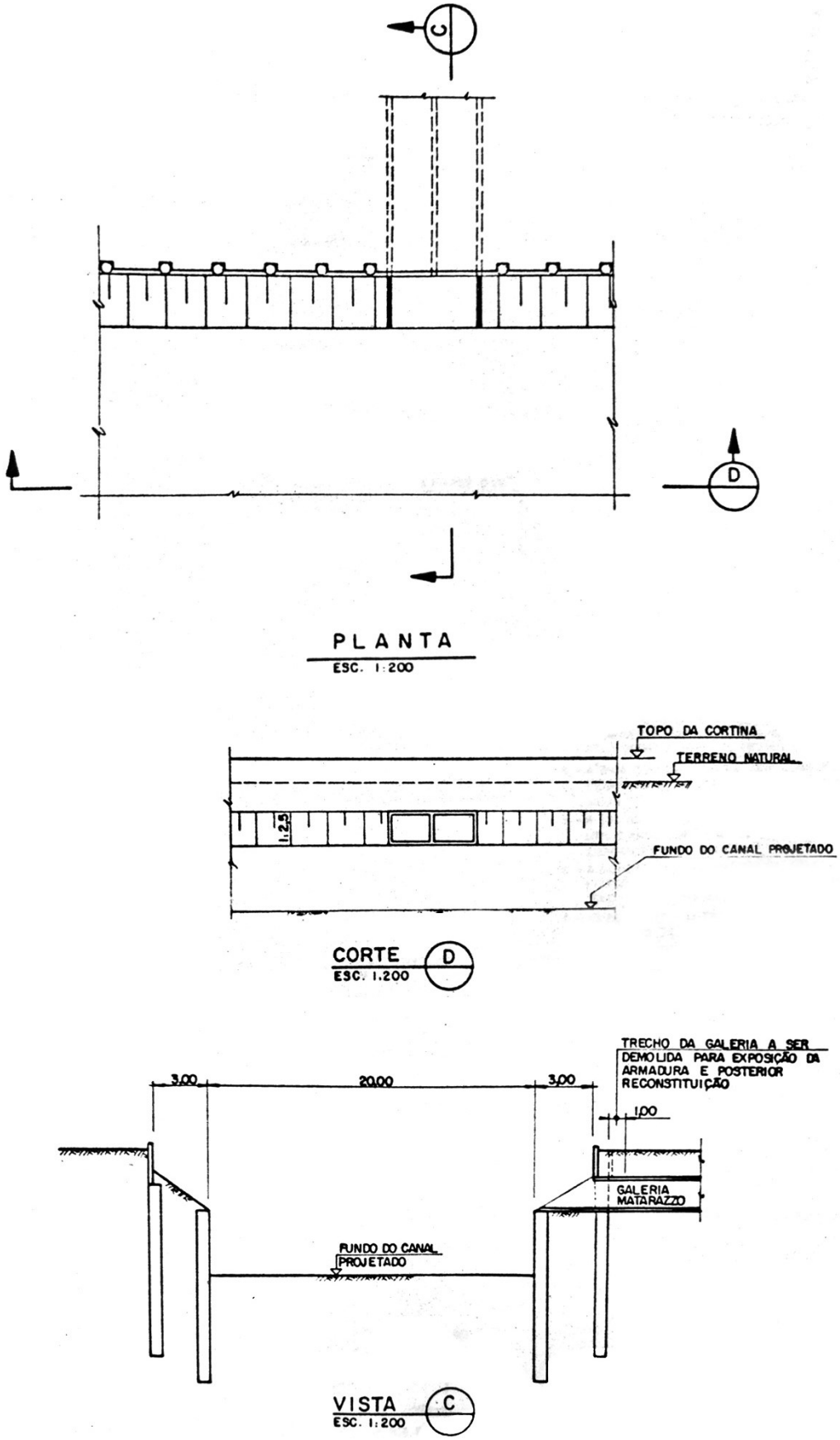


Fig. 74: Planta e cortes da galeria de águas pluviais 'Matarazzo'. Notar a saída da galeria na altura da laje inclinada. Fonte: PROMON (1986).

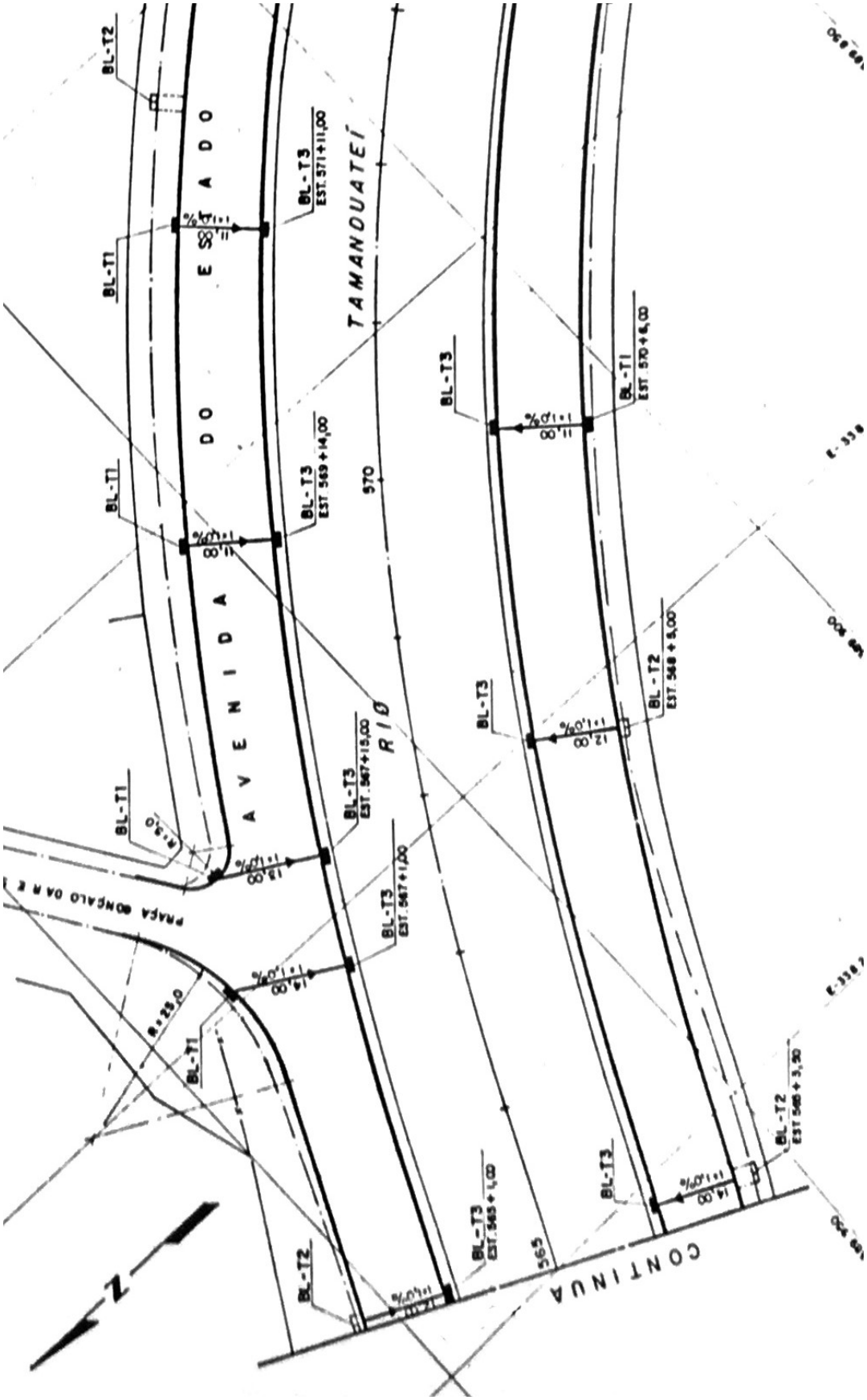
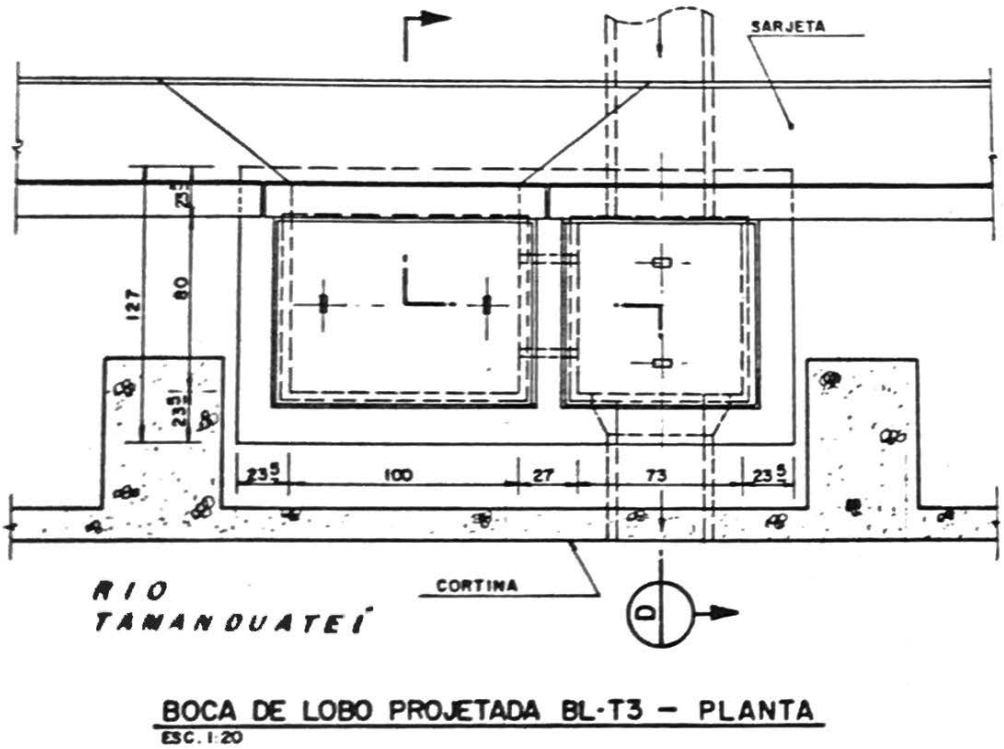


Fig. 75: Planta do projeto de drenagem da av. do Estado. Notar boca de lobo no passeio junto aos edifícios (tipo BL-T1 ou BL-T2) conectada por tubulação sob a avenida com boca de lobo junto ao canal (tipo BL-T3) que por sua vez lança as águas pluviais diretamente ao rio Tamanduateí. Fonte: PROMON (1986).



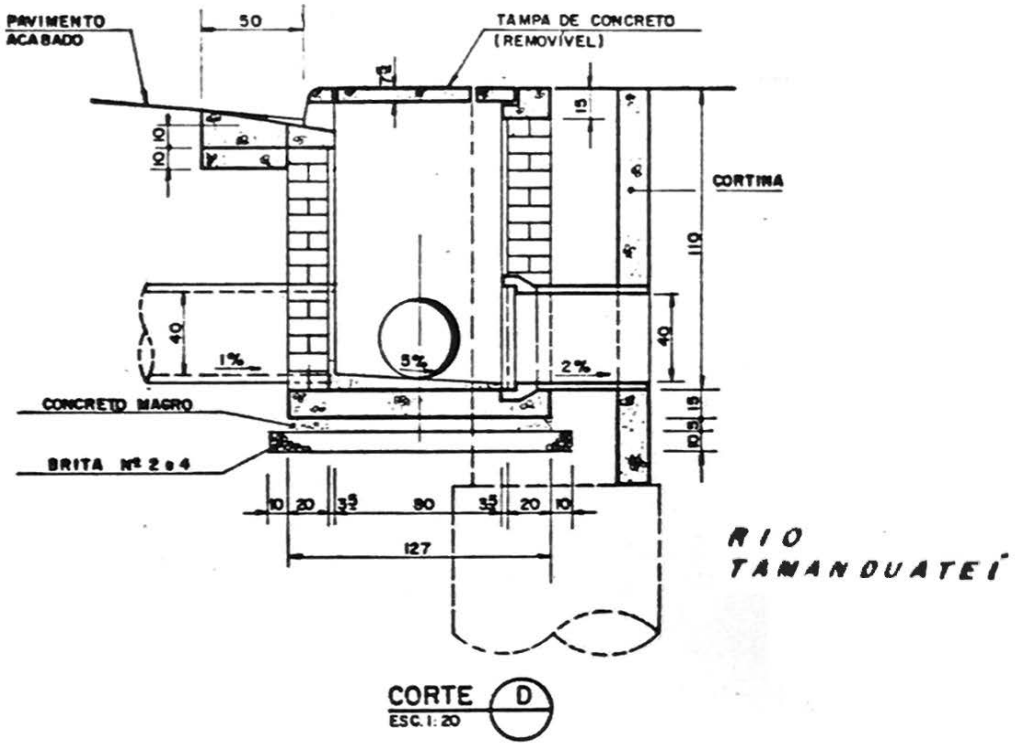


Fig. 76: Boca de lobo do tipo BL-T3, que recebe as águas das bocas de lobo do lado oposto da avenida e as lança diretamente no canal do Tamanduateí. Fonte: PROMON (1986).

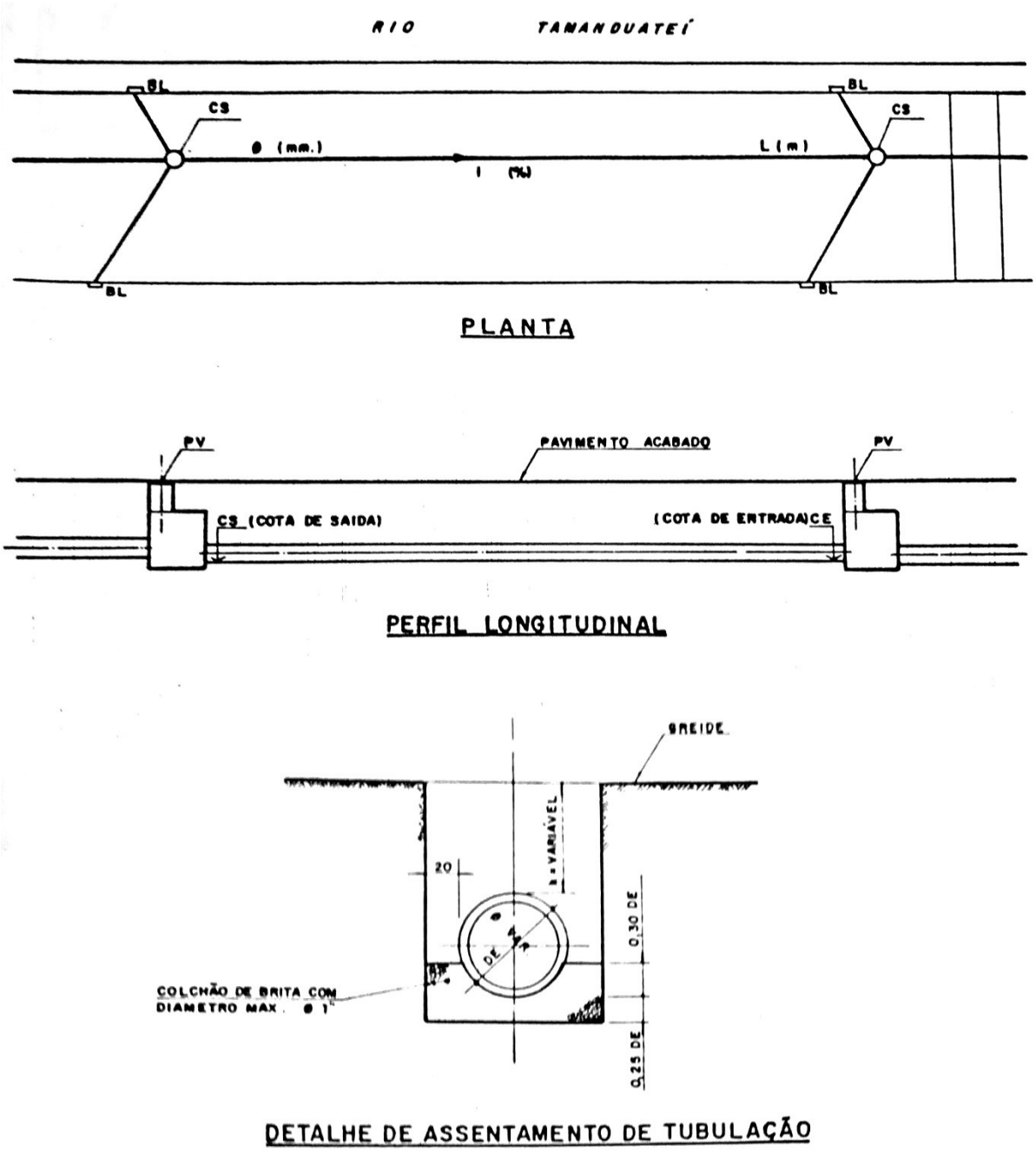


Fig. 77: Planta e cortes da drenagem das vias marginais ao Tamanduateí no trecho próximo à foz no Tietê, onde existem galerias de água pluvial longitudinais ao canal. A profundidade da face superior da tubulação em relação ao pavimento acabado varia de 20 a 70 cm. Fonte: PROMON (1986).

Fig. 78: Rio Tamanduateí ladeado pela Av. do Estado, em frente ao Mercado Municipal. Foto do autor, 2016.

Em relação à inclinação do fundo do canal, o projeto de 1977 apresenta perfis longitudinais com diferentes inclinações, que variam de 0,6 m/km entre a ponte da av. Santos Dumont e a foz do córrego Ipiranga, aumentando para 1,55 m/km da foz do córrego Ipiranga até a foz do córrego da Mooca, seguido de um trecho plano até a foz do ribeirão dos Meninos (PROMON, 1977a).

Já o projeto da década de 1980 apresenta perfis longitudinais com inclinações do fundo do canal mais regulares, com 0,6 m/km no trecho inicial do canal e 1,25 m/km entre a foz do córrego Ipiranga e a confluência com o ribeirão dos Meninos. Para a construção do novo leito do canal foi necessário o aprofundamento de cerca de 3 metros do canal anterior, resultando em uma distância vertical entre o fundo do canal projetado e as margens que varia de 7 a 11 m[20] (PROMON, 1986). O trecho do canal que vai da ponte Santos Dumont até a foz no Tietê, cuja seção transversal trapézio-retângulo vai se alargando até atingir cerca de 70 m, foi menos aprofundado que os demais a fim de facilitar o escoamento das águas para o Tietê.

[20] Medidas calculadas a partir do projeto executivo do trecho entre a foz do córrego Ipiranga e a foz do ribeirão dos Meninos. Faz-se necessária a análise do projeto dos demais trechos para uma visão mais abrangente.

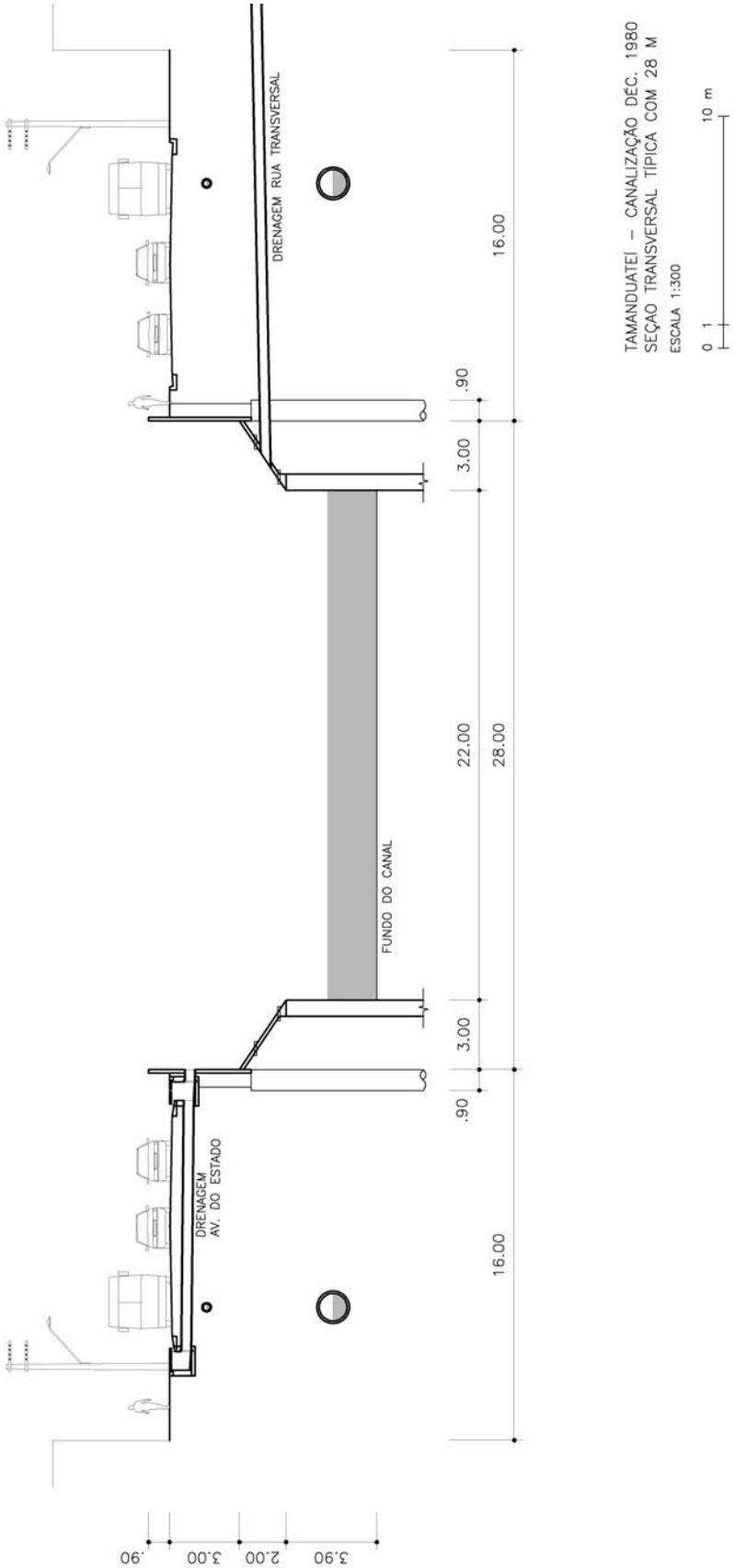


Fig. 79: Seção transversal típica do canal do Tamanduateí, com 28 m de largura. Fonte: desenhado pelo autor a partir de informações do projeto executivo e medições 'in loco'. Obs.: as dimensões e localização dos coletores troncos e adutoras são aproximadas, uma vez que a SABESP não fornece tais informações.

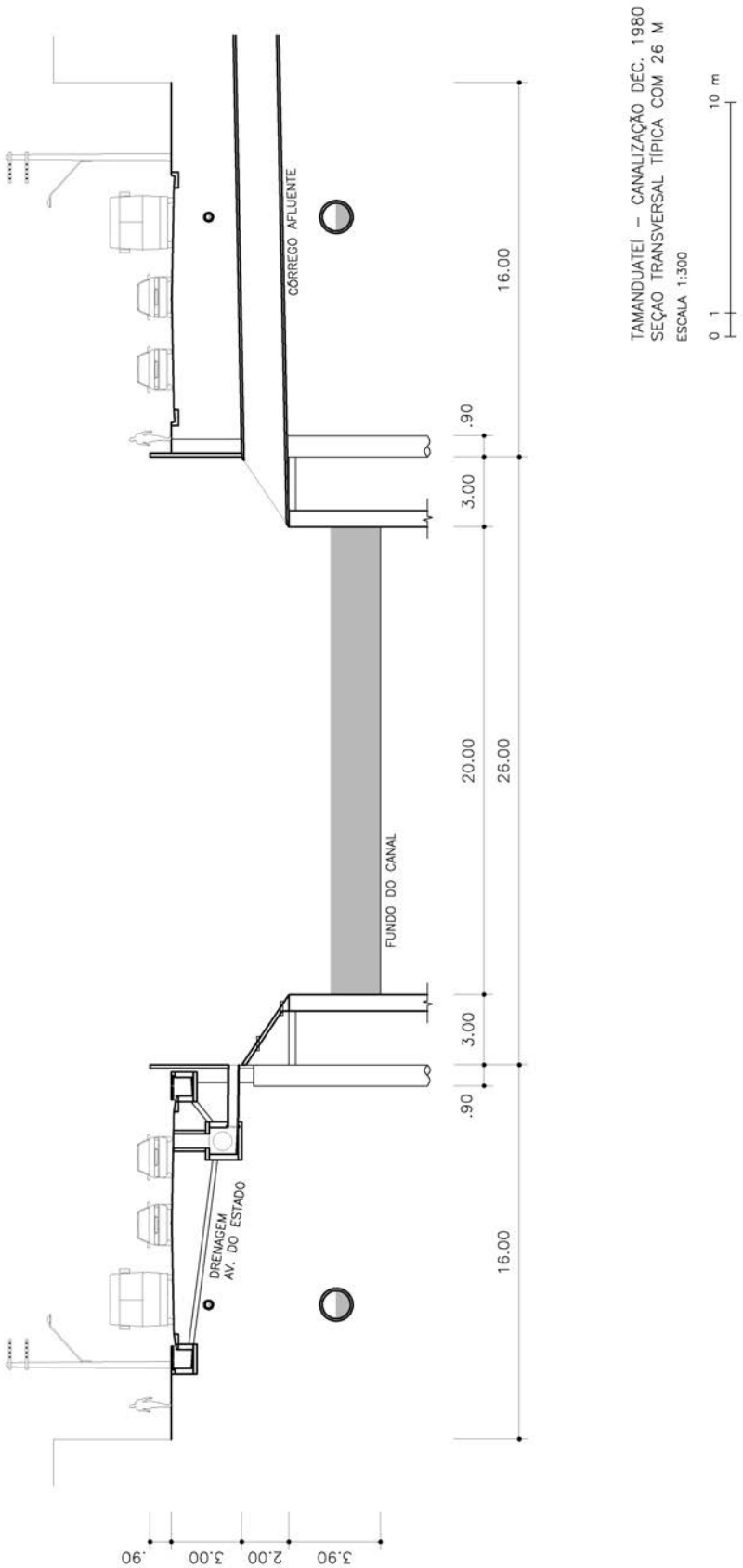


Fig. 80: Seção transversal típica do canal do Tamanduateí, com 26 m de largura. Fonte: desenhado pelo autor a partir de informações do projeto executivo e medições 'in loco'.

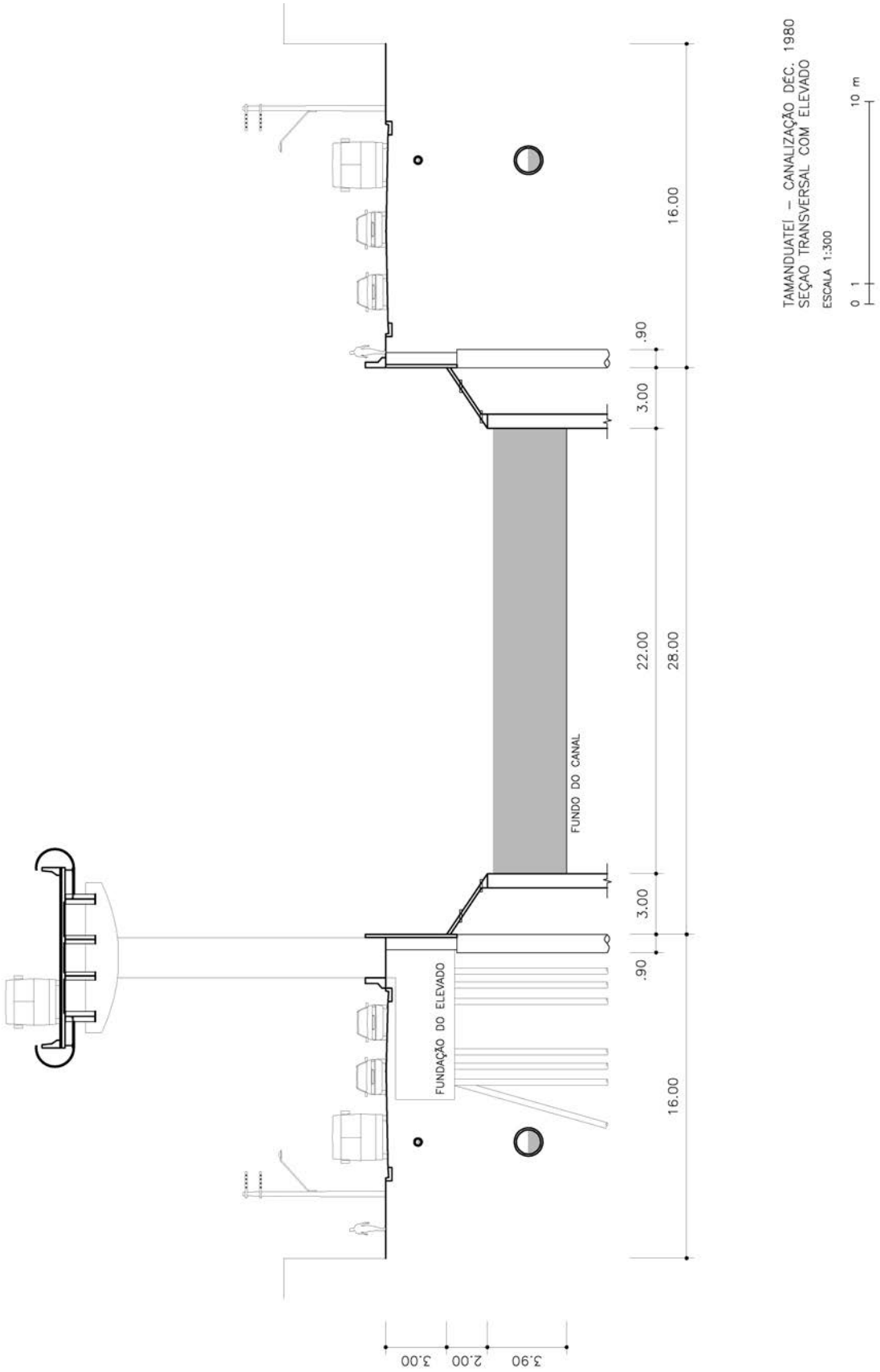


Fig. 81: Seção transversal típica do canal do Tamanduateí, com estrutura do 'Expresso Tiradentes' em uma das margens. Fonte: desenhado pelo autor a partir de informações do projeto executivo e medições 'in loco'. Desenho do 'Expresso Tiradentes' gentilmente cedido por Rodrigo Ohtake.

1.2.4. Revisão dos estudos hidrológicos da bacia do rio Tamanduateí

Como vimos no histórico de projetos para o Tamanduateí apresentados anteriormente, a vazão de projeto do canal foi estabelecida com base em uma série de estudos, chegando-se à vazão de 484 m³/s adotada no projeto finalmente construído. Tal vazão considerava um período de retorno de 500 anos, sendo vista como a solução definitiva para os escoamentos da bacia. Pouco tempo após a conclusão de alguns trechos da obra, entretanto, uma grande cheia ocorrida no início de fevereiro de 1982 quase levou ao transbordamento das águas do canal, o que fez com que o DAEE encomendasse ao Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) uma revisão dos estudos hidrológicos da bacia do rio Tamanduateí, cujo relatório final foi entregue em maio de 1983 (CTH, 1983)[21].

O objetivo do relatório era a revisão da vazão de projeto do rio Tamanduateí, uma vez que se dispunha de maior quantidade de dados hidrológicos, e considerando também o desenvolvimento e avanço das técnicas de modelagem hidrológica e a possibilidade do uso de computadores para aplicá-las. Foram usados como base para os novos cálculos os hidrogramas de cheia da série de três tormentas registradas no período de 5 a 7 de fevereiro de 1982, consideradas como um dos mais adversos eventos máximos já registrados, pois além da intensidade das chuvas a bacia já se encontrava saturada em virtude das chuvas anteriores. Para efeito de comparação, o novo modelo matemático utilizado, denominado 'Rorb', também foi aplicado considerando a tormenta de projeto concebida pelo 'Projeto HIBRACE' em 1967 (op. cit.).

O estudo concluiu que os estudos de vazão realizados anteriormente basearam-se em dados insuficientes e em metodologias mais simplificadas, de forma que a vazão de projeto praticamente fosse alcançada nas chuvas de fevereiro de 1982 sem que essas pudessem ser julgadas de carácter excepcional, correspondendo à períodos de retorno entre 20 e 40 anos. Utilizando novos modelos matemáticos e os dados das novas tormentas, o estudo calculou a vazão de pico do Tamanduateí em 640 m³/s, muito acima, portanto, da vazão de projeto do canal que ainda estava com as obras por finalizar (op. cit.).

---

[21] O responsável pelo estudo de 'Revisão dos estudos hidrológicos da bacia do rio Tamanduateí' foi o eng. Marco Antonio Palermo (CTH, 1983).

1.2.5. Adequações da bacia do Tamanduateí ao aumento de vazões

Nas últimas décadas, com a continuidade da impermeabilização da bacia e canalização dos demais córregos da bacia, a vazão suportada pelo trecho inferior do Tamanduateí, de 484 m³/s, foi em muito superada, causando problemas não só na bacia do Tamanduateí, mas também no rio Tietê, que recebe as águas sem possuir uma área de várzea para amortecê-las. Segundo o PDMAT3 (DAEE, 2014), a contribuição máxima do rio Tamanduateí chega a representar cerca de 40% da vazão máxima na calha do Tietê, restringindo a fluidez das águas do rio principal.

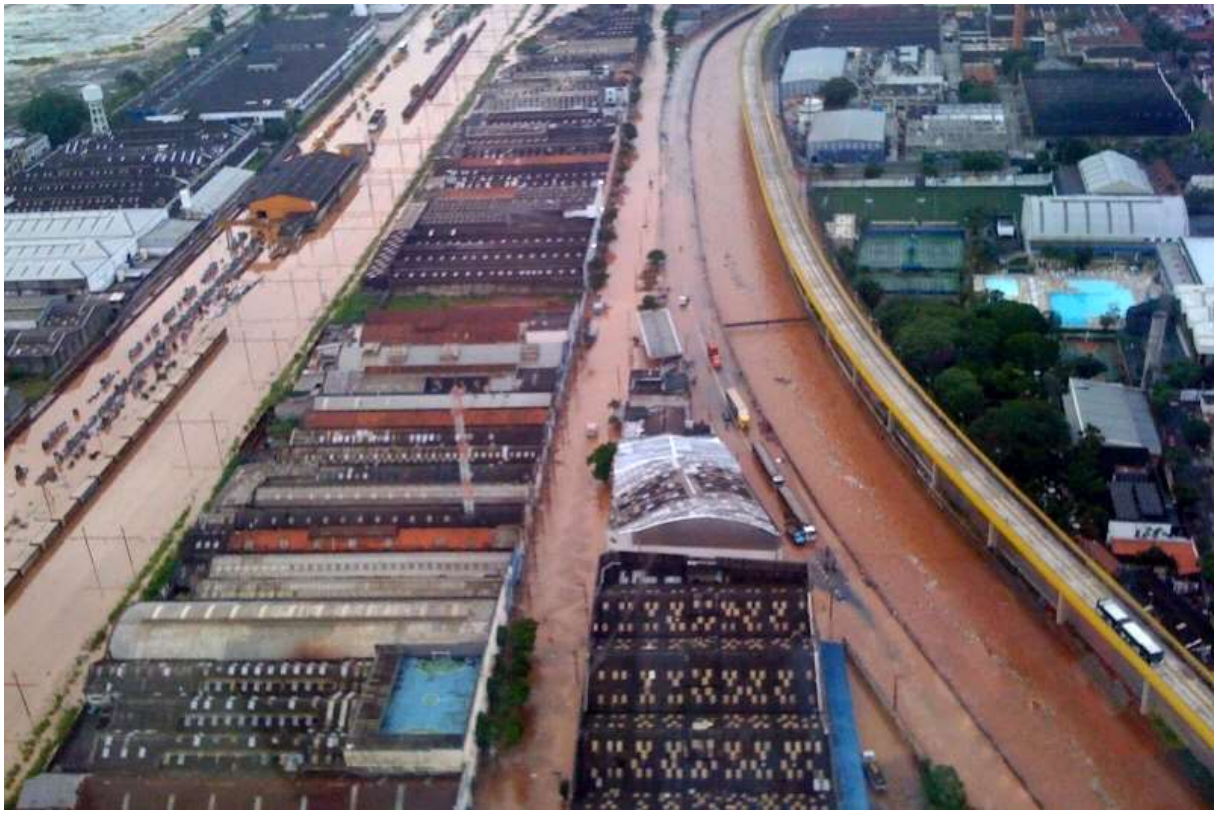


Fig. 82: Cheia do rio Tamanduateí causando inundação no bairro da Mooca, em São Paulo, durante o verão de 2010. Fonte: foto de Petria Chaves (CBN), de 21 de janeiro de 2010.

Desde que a nova canalização do Tamanduateí foi concluída na década de 1980, no trecho inferior do Tamanduateí, um aumento de seção do canal para suportar as novas vazões é uma alternativa descartada pelo governo, uma vez que um alargamento do canal interferiria no tecido urbano consolidado ao redor, e um aprofundamento de sua calha dificultaria o escoamento das águas para o rio Tietê. Desta forma, considerando a canalização do Tamanduateí como definitiva, diversos estudos analisaram a possibilidade de reversão ou reservação das águas da bacia ao longo dos anos seguintes.

Os primeiros estudos do fim da década de 1980 consideraram a possibilidade de reversão de parte das águas da porção superior da bacia do Tamanduateí, através de túneis, para outras bacias, aliviando assim a vazão do trecho inferior. Realizado pelo DAEE através da empresa CCN, o 'Projeto básico de canalização e reversão por túneis na bacia do ribeirão dos Couros / Represa Billings', concluído em 1992, apontou como uma solução tecnicamente viável a reversão de parte das vazões geradas na bacia dos Couros, afluente do ribeirão dos Meninos, e sua transposição para a Represa Billings através de túneis funcionando como condutos livres. Seriam construídos dois túneis: um que captaria água diretamente do ribeirão dos Couros, com capacidade máxima de vazão de 39 m^3/s, e outro que captaria as águas do córrego Curral Grande, afluente do Couros, com capacidade máxima de vazão de 29 m^3/s. Os túneis teriam comprimento de aproximadamente 5 km e correriam paralelos até o braço Grota Funda da Represa Billings (DAEE; CCN, 1992) (figs. 83 e 84).

A ideia de reversão das águas do Couros perdeu força com a proibição da inversão do rio Pinheiros para a represa Billings, pela Constituição Estadual de 1989, devido à alta carga poluente deste rio, sendo permitida somente em casos emergenciais para evitar inundações nas avenidas marginais. Tal proibição poderia ser estendida à reversão da bacia do Couros, cujos córregos também são poluídos. Porém, a ideia de reverter água das cabeceiras do Tamanduateí pode ser considerada ainda válida como alternativa menos prejudicial do que as reversões emergenciais do Pinheiros. Os córregos da bacia dos Couros, por estarem próximos às nascentes, são menos poluídos do que o Pinheiros, sendo ainda possível a instalação de mecanismos de controle nas galerias de emboque que permitiriam desviar a vazão para os túneis somente após o escoamento das primeiras águas das chuvas, que carregam a maior parte da carga poluidora. Com uma futura universalização do saneamento e aplicação de medidas de contenção da poluição difusa, a reversão poderia ser permanente, contribuindo para o abastecimento de água potável da RMSP.

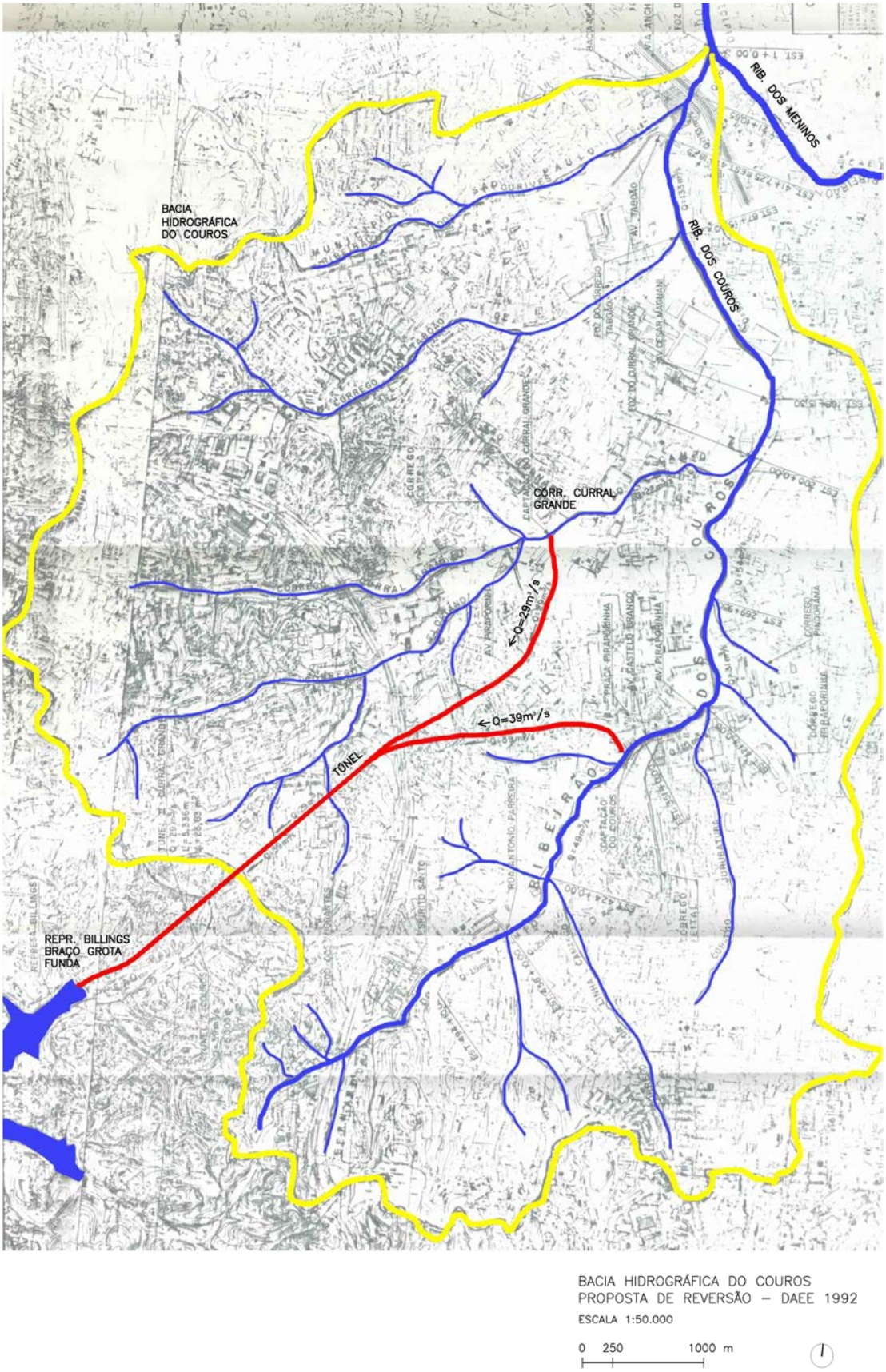


Fig. 83: Túneis (em vermelho) para reversão das águas da bacia do ribeirão dos Couros, afluente do Meninos, para a represa Billings. Fonte: adaptado pelo autor a partir de base do DAEE; CCN, 1992.

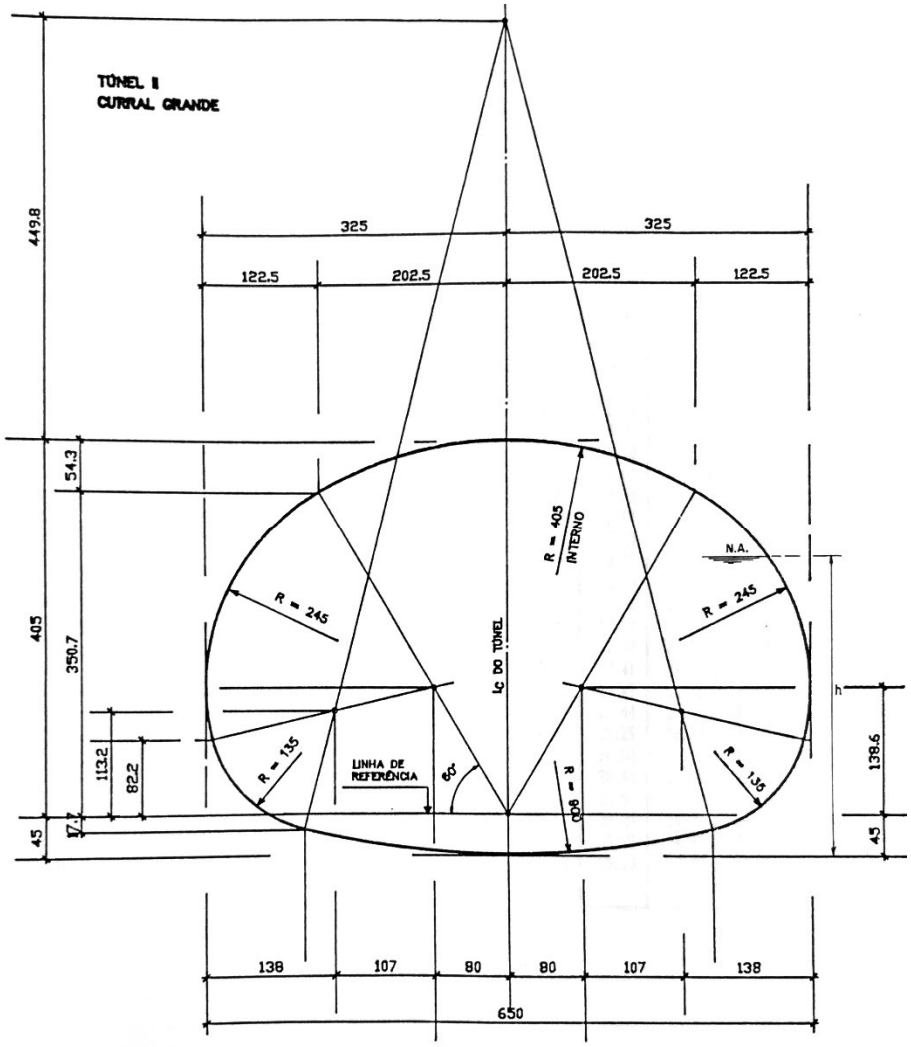


Fig. 84: Seção transversal do túnel para reversão das águas do córrego Curral Grande, afluente do Couros, para a represa Billings. Fonte: DAEE; CCN, 1992.

Em 1995, o 'Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista', encomendado pelo DAEE e executado pelo consórcio HIDROPLAN, propôs a implantação de um túnel extravasor de excedentes de cheias da bacia do rio Tamanduateí com desemboque no rio Perequê, na vertente marítima. O plano considerava que as reversões de cabeceiras propostas anteriormente pelo DAEE ainda não propiciariam vazões compatíveis com a capacidade atual da calha do Tamanduateí, de forma que a solução proposta como alternativa extrema no futuro, eficaz, mas de alto custo, seria a destinação de vazões excedentes de cheias para a Baixada Santista[22]. Tal proposta, porém, deveria ser reavaliada no futuro (MAKIBARA, 1998).

[22] Não foi identificado no estudo o local de emboque do túnel Perequê-Tamanduateí na Bacia do Tamanduateí. Supõe-se, por se tratar de uma alternativa às reversões de cabeceiras, que a captação seria feita próxima à confluência entre o Tamanduateí e o ribeirão dos Meninos, como proposto pela PLANIDRO em 1972.

Deixadas de lado as possibilidades de reversão das águas do Tamanduateí, as soluções aplicadas a partir da década de 1990 foram no sentido de reservar as águas dentro da própria bacia. O projeto atualmente em curso visa a construção de inúmeros reservatórios de amortecimento, os piscinões, ao longo da bacia hidrográfica do Tamanduateí, de forma a diminuir os picos de vazão a jusante. Previstos na primeira e na segunda versão do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tiete (PDMAT), de 1998 e 2008, já foram construídos 19 piscinões na bacia do Alto Tamanduateí, incluindo as bacias do Meninos/Couros e do Oratório, com capacidade para reservar 3.765 mil m³ de água, a um custo total de R$ 179,4 milhões. Também foi concluído em 2017 o piscinão Guamiranga, o maior da RMSP com capacidade para 850 mil m³ de água, localizado próximo à foz do córrego da Mooca, que custou R$ 160 milhões (DAEE, 2017). Mesmo com a construção dos 20 piscinões, os problemas de inundação não foram resolvidos, tendo a região sofrido com inúmeros pontos de inundação logo após a inauguração do piscinão Guamiranga[23].

No PDMAT 3, concluído em 2014, novos estudos foram realizados para o controle de cheias na bacia do Tamanduateí, tendo sido apresentadas duas alternativas. A primeira seria a implantação de mais 38 reservatórios de detenção que já haviam sido propostos nos PDMATs anteriores, que incluiriam os afluentes do Tamanduateí inferior, com capacidade total de armazenamento de cerca de 6.200.000 m³ (fig. 85). Com a implantação desses novos piscinões o modelo de simulação indicou uma diminuição de 35% no pico de vazão na foz do Tamanduateí, passando dos atuais 780 m³/s para 510 m³/s, valor próximo à capacidade de projeto da calha. A segunda alternativa seria a construção de um reservatório subterrâneo único para abatimento dos picos de vazão na margem esquerda do Tamanduateí, próximo à confluência com o ribeirão dos Meninos, com volume de armazenamento de 5.100.000 m³, e estação elevatória com uma capacidade de bombeamento de 50 m³/s. Para esta alternativa, identificou-se no mapa geológico uma área com embasamento cristalino, característica necessária para implantação dessa tipologia de obra (DAEE, 2014).

[23] Reportagem de 25/02/2017, "Após alagamento, Doria aponta mau funcionamento de piscinão inaugurado neste mês", disponível em <https://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/apos-alagamento-na-zona-leste-doria-culpa-mau-funcionamento-de-piscinao.ghtml>.

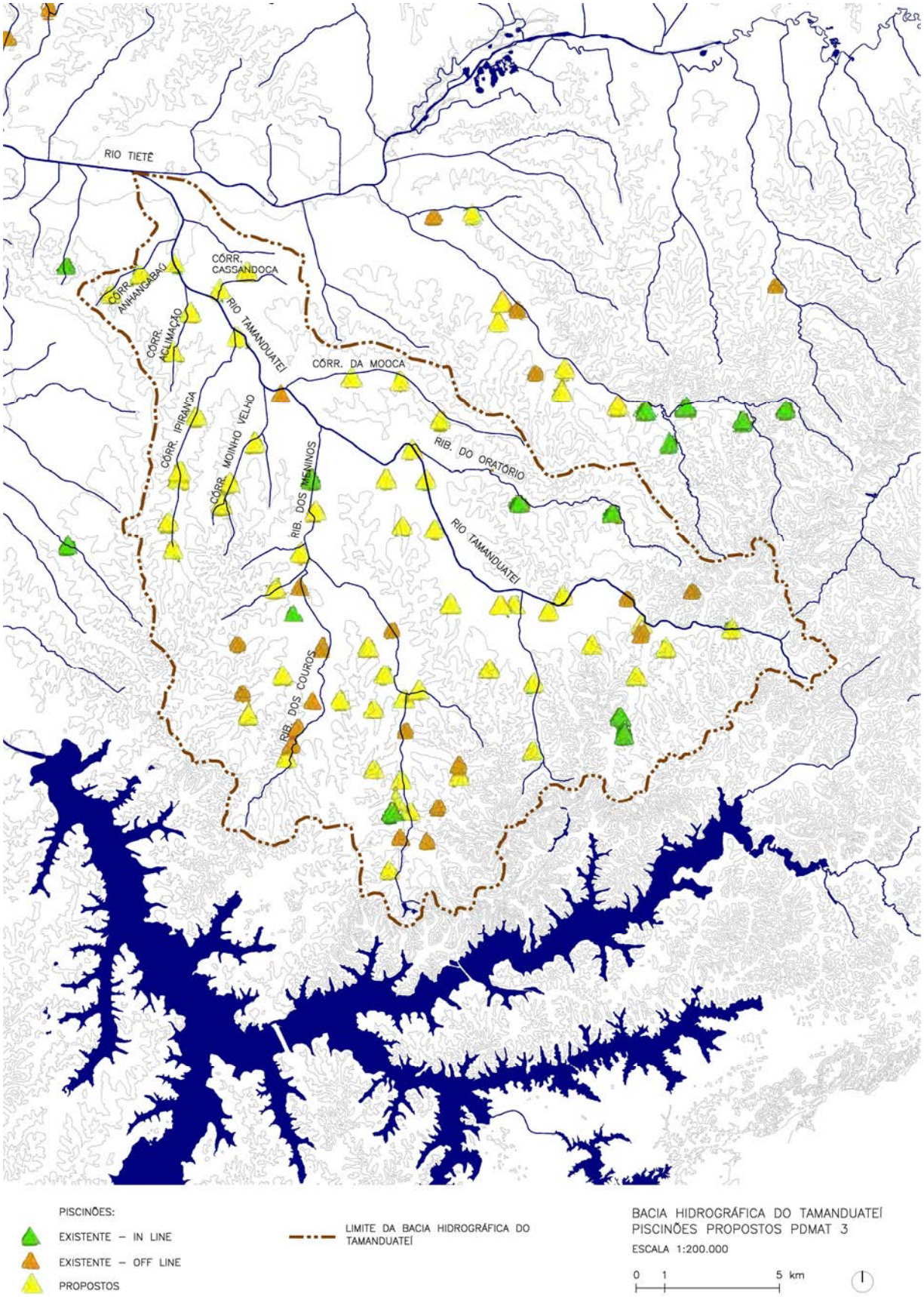


Fig. 85: Bacia Hidrográfica do Tamanduateí, piscinões existentes e propostos pelo PDMAT3. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica da EMPLASA (rios, curvas de nível e bacia do Tamanduateí) e de dados do PDMAT3 (piscinões).

Fig. 86: Rio Tamanduateí (à esquerda) e piscinão Guamiranga (à direita). Fonte: foto do autor, 2018.

Fig. 87: Piscinão Guamiranga, próximo à foz do córrego da Mooca. Fonte: foto do autor, 2018.

As soluções propostas pelo PDMAT 3, para além dos altos custos de construção e manutenção[24], criam enormes vazios urbanos na cidade, em áreas já carentes de equipamentos públicos e locais de lazer. Os 20 piscinões já construídos são a prova de como esta infraestrutura é indesejada pela população, devido ao acúmulo de lixo e a proliferação de ratos e insetos. O piscinão Guamiranga (figs. 86 e 87), o maior de RMSP, foi implantado a menos de 200 m da recém-construída estação Tamanduateí da linha verde do metrô, que também dá acesso à linha 10 da CPTM. Trata-se de uma enorme área com potencial para adensamento populacional, próxima à mais custosa infraestrutura da metrópole que é o transporte, mas que serve unicamente para reserva das águas das chuvas durante alguns dias dos meses de verão.

[24] Em conversa com o eng. Silvio Giudice, do DAEE, durante visita à eclusa da Penha em 6/10/2017, ele destacou que a cada 5 anos gasta-se na manutenção de um piscinão o mesmo montante que foi gasto para sua construção.

Além disso, ações simples como limpeza e desassoreamento dos canais, que não são realizadas, poderiam trazer melhorias significativas ao sistema de macrodrenagem. Palermo[25] ressalta que desde sua construção o canal do Tamanduateí nunca foi limpo, o que levou ao acúmulo de grande quantidade de sedimentos no trecho próximo à sua foz. Pelos seus cálculos, haveria de 3 a 4 metros de profundidade com sedimentos no trecho de foz, totalizando 450.000 m³ de material a ser dragado a um custo estimado de R$ 30 milhões, valor inferior à construção de um piscinão e com ganhos mais significativos de capacidade de volume d'água nas cheias (informação verbal). Tal fato também justificaria obras para possibilitar a navegação nos rios principais da bacia do Tamanduateí, ao permitir que barcos realizem a dragagem e transporte de sedimentos e a manutenção dos canais.

Faz-se urgente, portanto, a busca por alternativas que possibilitem o controle de inundações, mas que visem o uso múltiplo das águas do Tamanduateí, enxergando o potencial das águas dos rios e córregos como elementos transformadores da vida urbana e não como algo a ser escondido em buracos e valas profundas.

[25] Informação fornecida pelo eng. Marco Antônio Palermo durante encontro com pesquisadores do Grupo Metrópole Fluvial na FAU USP, em outubro de 2017.

1.3. Histórico dos projetos para as hidrovias da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

> Nos séculos XVI e XVII, quando o transporte se fazia todo por via fluvial, o Tietê era como uma grande avenida e, os outros rios, ruas, avenidas secundárias, vilas e becos. Chegava-se à vila pelo Tietê e pelo Tamanduateí. As aldeias de índios e as grandes casas rurais dispunham-se sempre nas proximidades dessas vias de acesso: Itaquaquecetuba, Guarulhos, São Miguel, Barueri e Pinheiros [...]. As principais construções de São Paulo – as igrejas dos jesuítas, do Carmo e São Bento -, na borda da colina, olhavam para a Várzea do Carmo, que era como uma porta de entrada [...] (GOULART, Nestor. In: IAB-SP, 1991).

A navegação nos rios de São Paulo sempre existiu, seja por canoas usadas pelos índios para transporte e pesca, seja para o trânsito de mercadorias ao longo do processo de desenvolvimento da cidade. No início do século XX o rio Tietê era navegado por pequenas embarcações, impulsionadas a remo, vara, ou, eventualmente, rebocadas por pequenas lanchas com motor (INTERNAVE, 1984, p. 4). Os maiores barcos não excediam 18 metros de comprimento, 3 a 4 metros de largura e 80 centímetros de calado, em plena carga, com capacidade de 30 a 50 toneladas, usados principalmente para o transporte de areia (BRITO, 1926, p. 205).

Ao se falar em navegação fluvial, é importante salientarmos a diferença entre termos como hidrovia, via navegável ou caminho fluvial, que normalmente são considerados sinônimos, porém existem especificidades associadas ao conteúdo do que define cada um deles. Hidrovia designa as vias navegáveis interiores que foram balizadas e sinalizadas para uma determinada embarcação tipo, isto é, aquelas que oferecem boas condições de segurança às embarcações, suas cargas e passageiros ou tripulantes e que dispõe de cartas de navegação (ANA, 2005). Em São Paulo, até a década de 1950, podemos dizer que existiam vias navegáveis amplamente utilizadas na capital, sem existir, porém, um sistema hidroviário pautado em um projeto para navegação, com certa tipologia e características técnicas de suas vias e de suas embarcações (RIBEIRO, 2014).

Cabe ressaltarmos a peculiaridade dos rios e córregos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Diferentemente da maioria das grandes metrópoles em outras partes do mundo, situadas na foz de um grande rio, como Nova Iorque, ou junto a um rio de grande porte, como Londres e Paris, São Paulo está situada próximo às nascentes dos rios, em uma região onde os corpos hídricos tem pouca vazão de base e são sujeitos a grandes variações de volume d'água na época das chuvas, o que torna maior o desafio da criação de um sistema hidroviário.

Com o crescimento urbano de São Paulo, surgiram no fim do século XIX e início do século XX diversos planos de regularização do traçado dos rios da cidade. Alguns desses planos buscavam conciliar questões de saneamento e drenagem com a navegação, outros deixavam a navegação de lado, priorizando outras utilidades como geração de energia, circulação de automóveis e ocupação das áreas de várzea. Muitas das intervenções realizadas acabaram por criar barreiras físicas e geometrias de canais incompatíveis com o tráfego de embarcações, como no caso do rio Tamanduateí, onde a navegação foi extinta ao longo do século XX. Dentre os diversos projetos[1] que abordaram o tema da navegação fluvial, destacaremos nas próximas páginas aqueles que buscaram definir características técnicas dos canais e de suas embarcações, servindo, assim, de referência para pensarmos no desenho da orla fluvial e de seus componentes infraestruturais.

1.3.1. Primeiros projetos de navegação em São Paulo

O projeto de retificação do rio Tietê da Comissão de Saneamento do Estado, de 1894, é um dos primeiros planos que faz referência à navegação fluvial, prevendo um traçado retilíneo e uma seção tipo em dois níveis, com um canal de navegação com 0,50 metros de profundidade e 20 metros de largura, e um leito de inundação com 50 metros de largura (fig. 88). O perfil do canal com dois leitos permitiria a navegação mesmo em épocas de estiagem, sendo apropriado, portanto, à grande variação de vazão observada nos rios de planície da cidade (BRITO, 1926, p. 133). Tal projeto não foi concretizado, tendo a comissão realizado somente o 'canal do Anastácio' e o 'canal do Inhaúma', retificando meandros do Tietê entre a foz do Tamanduateí e a foz do Pinheiros (SEABRA, 1987).

Em 1913, o eng. Pacheco e Silva apresenta uma ampla proposta de intervenção no leito do Tietê, que incluía, além da retificação do rio, parques laterais e uma linha de bonde, levando em conta também a navegação fluvial. Em seus estudos foi proposto um porto fluvial no rio Tamanduateí, entre a Ponte Pequena e o Tietê, para a carga e descarga de mercadorias como areia, tijolo e telha,

---

[1] O relatório da fase 1 do 'Projeto de racionalização do sistema de manutenção de profundidades para uso da navegação no Alto Tietê' (INTERNAVE, 1984), coordenado pelo Eng. Carlos Eduardo de Almeida, professor aposentado de navegação interior e portos marítimos na Escola Politécnica da USP, traz um resumo dos principais estudos, planos e projetos relacionados à navegação no Alto Tietê a partir de 1890. O Plano SANESP (CNEC, 1982) também apresenta um resumo de alguns estudos anteriores da área de interesse da Hidrovia Metropolitana. Mais recentemente, o 'Estudo Preliminar de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana' (FAT, 2004), encomendado pelo Departamento Hidroviário, retoma o histórico elaborado em 1984 pela INTERNAVE, atualizando-o com novos projetos e acrescentando estudos anteriores que não haviam sido citados.

incluindo também uma eclusa nessa localidade, que criaria condições de navegabilidade pelo Tamanduateí até a zona industrial da Mooca (DELIJAICOV, 1998).

Em 1922 é elaborado um novo estudo pelo eng. Fonseca Rodrigues[2], a pedido da Diretoria de Obras Municipais. Sua proposta retomava o traçado retilíneo proposto pela Comissão de Saneamento em 1894, mas prevendo o levantamento de dois diques paralelos ao longo do rio Tietê, distantes entre si 108 metros na base e com altura de 4,5 metros, sobre os quais correriam duas avenidas de 20 metros de largura. Tais diques, com formato trapezoidal, formariam o novo 'leito maior' do rio. Dentro desse 'leito maior' seria escavado outro canal também trapezoidal, denominado 'leito menor', de 1,40 metros de profundidade por 30 metros de largura. Este 'leito menor' seria a via navegável durante os oito ou nove meses do ano em que as águas aí correriam deixando seco o 'leito maior', que por sua vez seria uma dilatação para as enchentes. Tais obras reduziriam a extensão do rio à metade, e resultariam em uma inclinação do canal de 0,25 cm/km no trecho entre a Ponte Grande[3] e a ponte da São Paulo Railway, permitindo a navegação dos 'barcos como os atuais', sendo necessária futuramente a construção de barragens móveis e eclusas para o tráfego de barcos mais velozes e de maior calado (BRITO, 1926, p. 138). Nos estudos de Fonseca Rodrigues estava previsto um açude móvel para regularização da vazão do rio na altura da Ponte Grande (DELIJAICOV, 1998).

Victor da Silva Freire[4] (1923 apud BRITO, 1926, p. 140), diretor da Diretoria de Obras Municipais, ao comentar os estudos de Fonseca Rodrigues, pensa para além do trecho do rio em questão, vislumbrando a era de aproveitamento do Tietê, como via navegável, deste Parnaíba até Mogi das Cruzes: "a montante da Capital constitui o rio via de comunicação preciosa para o abastecimento de um centro populoso que contará, não muito longe, mais de um milhão de habitantes. Abastecimento em gêneros de alimentação e em materiais de construção de todas as categorias". Freire também faz críticas ao projeto de Fonseca Rodrigues, por não contribuir para o aformoseamento da cidade principalmente por seu traçado exageradamente retilíneo, sendo mais favorável ao posterior projeto de Ulhôa Cintra, com diques laterais mais baixos que trariam "maior valorização das terras edificáveis contíguas à obra de arte" (figs. 89 e 97). Brito (1926, p.

---

[2] Em 1921, a Diretoria de Obras Municipais, dirigida pelo engenheiro Victor da Silva Freire, foi encarregada de julgar os projetos para canalização do Tietê que haviam dado entrada na Câmara, e julgou pertinente destacar um especialista no assunto para redigir um relatório, escolhendo para este fim o engenheiro e professor da escola Polythecnica J. A. Fonseca Rodrigues. Este relatório, entregue no ano seguinte, adquiriu contornos de um plano (TRAVASSOS, 2004).

[3] Atual Ponte das Bandeiras

[4] Boletim do Instituto de Engenharia, n. 19. São Paulo, janeiro de 1923.

142) ressalta, porém, que o projeto de Cintra era desfavorável à navegação, salvo com o uso de grandes barragens móveis que elevassem o nível d'água do largo leito menor proposto.

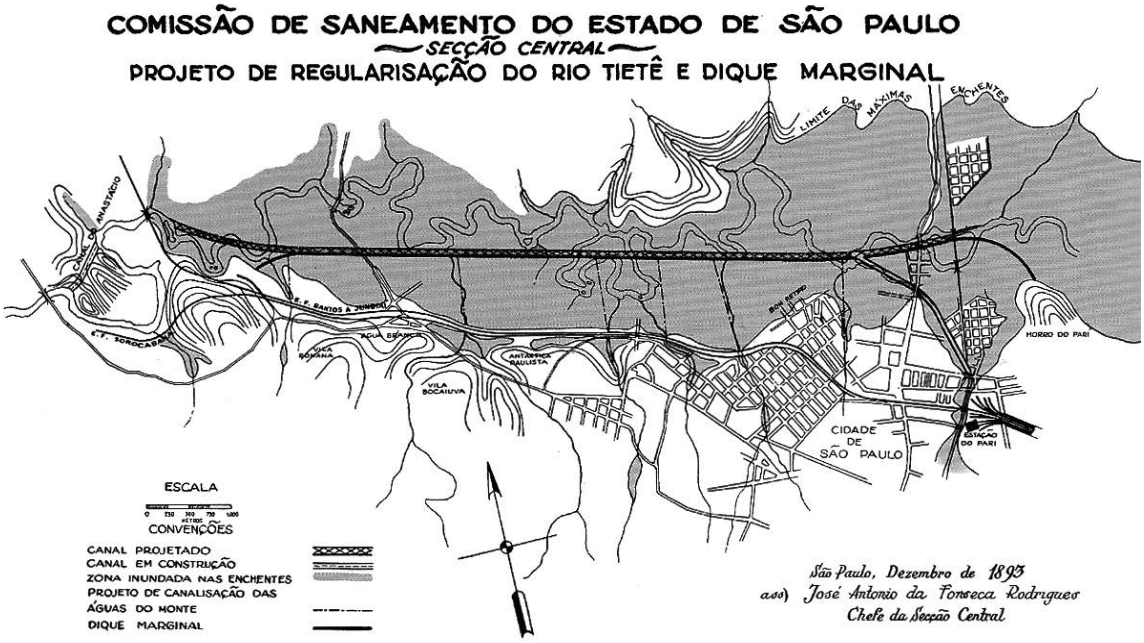


Fig. 88. Traçado da retificação do rio Tietê proposto pela Comissão de Saneamento em 1894. Fonte: SILVA (1950).

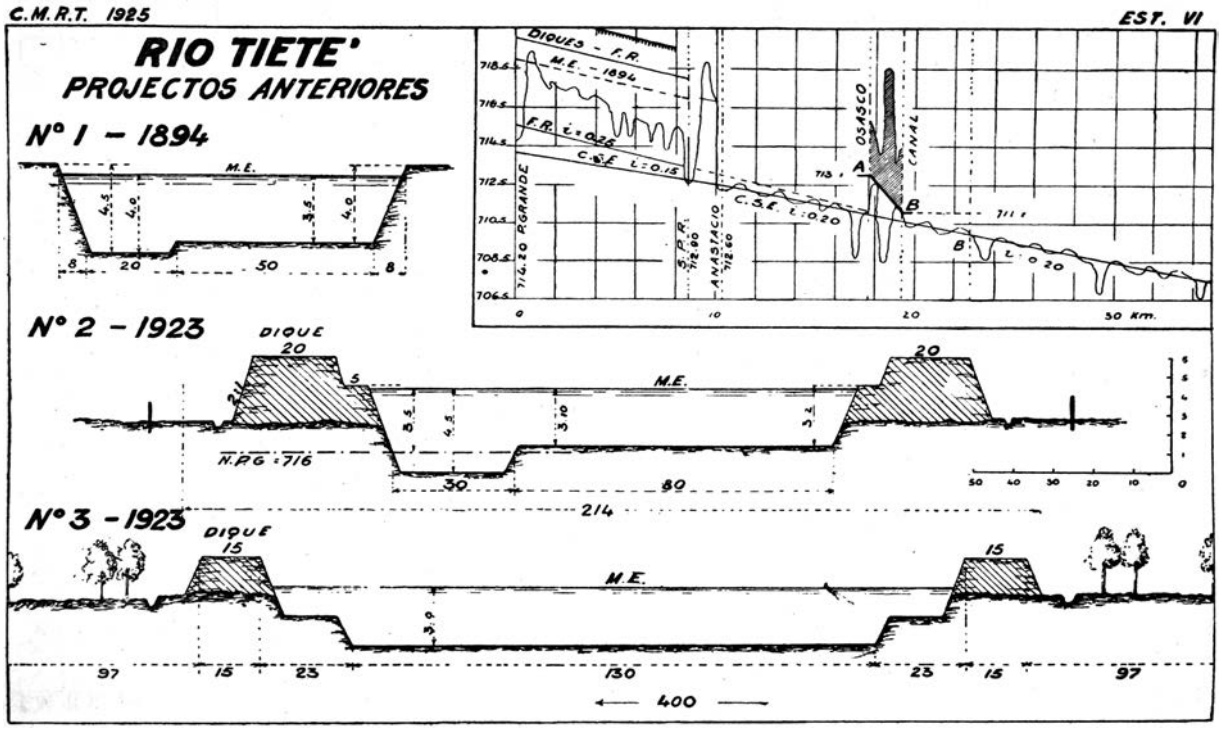


Fig. 89. Projetos anteriores à Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê, sendo: nº1: projeto da Comissão de Saneamento do Estado; nº 2: projeto de Fonseca Rodrigues; n° 3: projeto de Ulhôa Cintra. Fonte: BRITO, 1926.

1.3.2. Projetos da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê

Em 1925, Saturnino de Brito completa seu plano para melhoramento do rio Tietê, cujo principal desenho pode ser visto no subcapítulo 1.1 (fig. 14). No relatório apresentado pela Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê (CMRT) em 1925, Brito (1926, p. 152) apresenta duas possíveis seções para o rio Tietê, denominadas 'tipo A', 'tipo B', ambas compatíveis com a navegação (figs. 92 e 93). A seção 'tipo A' é caracterizada por um leito único, tendo como vantagem um largo lençol para navegação, com largura de fundo entre 76 e 120 m. Para garantir a profundidade mínima da água de 1 metro para a navegação seria necessária a construção de uma série de barragens com eclusas, que represariam as águas em períodos de estiagem, em que a vazão do rio fosse inferior a 40 metros cúbicos por segundo. A seção 'tipo B' é caracterizada por 3 leitos: o canal da margem esquerda, para navegação, o canal da margem direita, dreno coletor dos afluentes da margem direita e navegável em situações de maior vazão, e o leito de inundação, entre os dois canais, tendo a soma da largura dos três leitos entre 160 e 180 m[5]. A vantagem desta alternativa é a possibilidade de navegação com menor número de barramentos, bastando a construção de 3 das 5 barragens necessárias para a seção 'tipo A', uma vez que a vazão de base do Tietê seria concentrada no leito da margem esquerda (fig. 94). Sobre o desenho da seção com dois leitos, Brito (1926, p. 65) argumenta que:

> Por várias vezes temos visto que na regularização dos rios entram em conflito as utilidades da navegação e dos interesses a proteger contra as inundações; um dos meios possíveis de conciliar os dois objetivos é estabelecer, quando possível, um leito menor para a navegação e uma dilatação do leito para inundações.

As barragens propostas são do tipo 'tambor', com comportas que se movimentam no eixo vertical. Quando abertas, o vão livre permitiria a passagem de embarcações nas mesmas condições dos vãos livres deixados nas pontes, de forma que a passagem das embarcações pelas eclusas não seria necessária nos períodos de alta vazão do rio. Para o dimensionamento das eclusas, Brito sugere que elas tenham 30 metros de comprimento entre portas, 6 metros de largura e profundidade mínima de água de 1,2 a 2,0 metros, dimensões essas que poderiam ser revistas futuramente quando houvesse uma regulamentação para o tamanho das embarcações (fig. 95). As três principais barragens e eclusas previstas em ambas as alternativas de seção seriam

[5] Foi proposta também uma terceira alternativa, a seção 'tipo C', que seria uma variante entre os tipos A e B, no qual uma parte da seção do canal, com largura de 20 a 30 metros, ficaria separada do leito de inundação por um dique submersível (BRITO, 1926).

as de Osasco, da Penha, e uma intermediária, junto à Ponte Grande[6] e aos lagos ali projetados, na foz do Tamanduateí. A barragem e eclusa da Penha, localizada na divisa entre São Paulo e Guarulhos, teria importante função para reter as ondas de cheia a montante da capital, tendo sua eclusa projetada em um canal lateral ao curso principal do Tietê (BRITO, 1926, p. 156) (fig. 91). Já a eclusa de Osasco foi prevista para vencer o desnível de cerca de 1,8 m entre as extremidades do 'canal de Osasco', aberto a partir de 1893 para encurtar uma curva de quase sete quilômetros do rio Tietê (SILVA, 1950, p. 221).

Brito (1926, p. 207) também considera a possibilidade de navegação a montante de São Paulo até Mogi das Cruzes, o que elevaria consideravelmente o tráfego de embarcações. Para tanto, acredita que a represa de Mogi das Cruzes, atual represa de Ponte Nova, em Salesópolis (identificada com a letra 'D' na figura 90), poderia ter importante papel na regularização do regime do rio, permitindo a navegação mesmo nas rigorosas estiagens. Tal operação não prejudicaria a exploração hidrelétrica da barragem, uma vez que tanto para navegação quando para a geração de energia é comum o interesse em se ter cheia a represa, aproveitando todas as chuvas para dispor de água armazenada. Em suas observações sobre São Paulo, Brito (op. cit., p. 128) descreve o trecho inicial do rio Tietê como pouco inclinado, e, portanto, potencialmente navegável com obras simples de regularização:

> São geralmente muito baixas as declividades correspondentes aos 90 km de percurso sinuoso do rio; elas descem a 0,12 e menos, às vezes, por quilômetro; a retificação, sem exageros, poderia elevá-la a 0,20 ou 0,25 por km. É o que se verifica, numa extensão de 130 km do curso principal, entre uma cachoeira, próxima a Salesópolis [...] e a queda de Parnaíba[7] [...] (BRITO, 1926, p. 128).

[6] Atual ponte das Bandeiras.

[7] Atual Barragem Edgard de Souza, em Santana do Parnaíba.

Fig. 90: Possibilidade de navegação em 130 km do rio Tietê, entre a barragem de Ponte Nova ('D') e a barragem de Edgard de Souza ('A'). Fonte: BRITO, 1926.

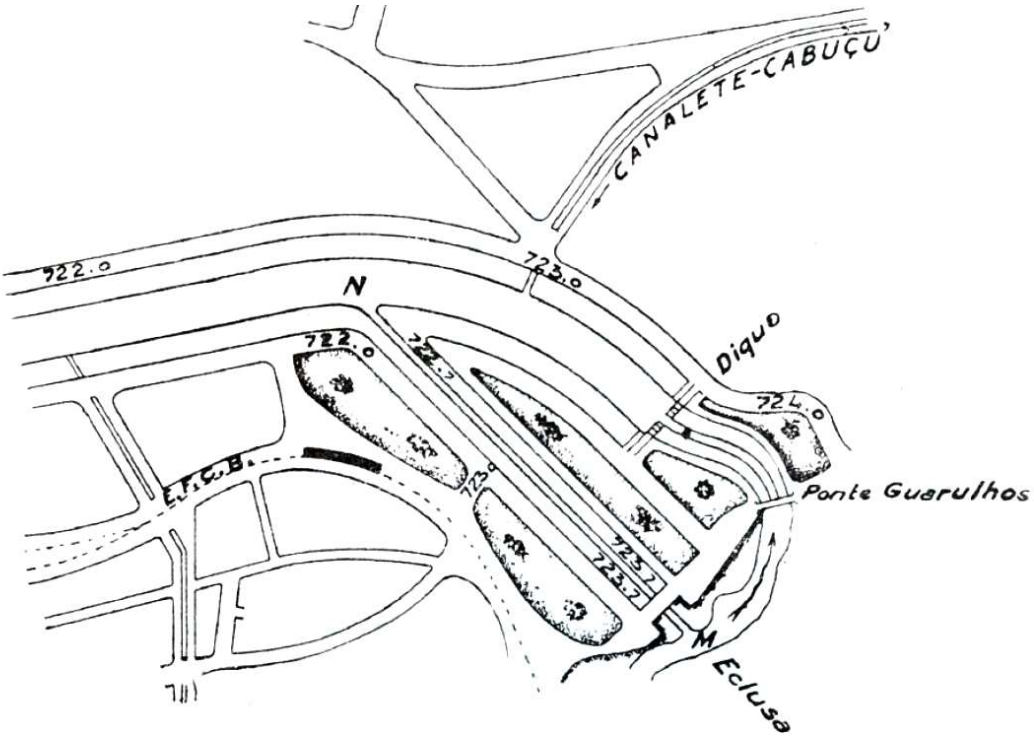


Fig. 91: Proposta para barragem da Penha, no rio Tietê, e eclusa de navegação em canal lateral. Fonte: BRITO, 1926.

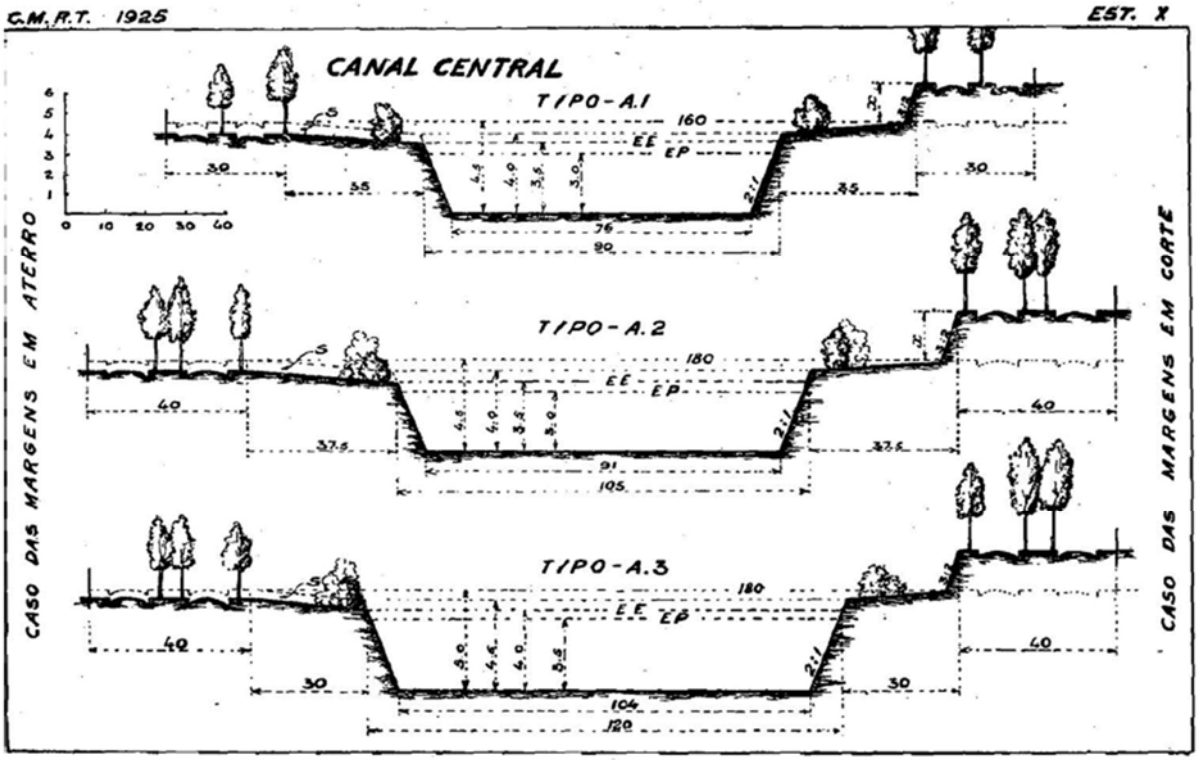


Fig. 92: Seção 'tipo A' para o rio Tietê, proposta pela CMRT. Fonte: BRITO, 1926.

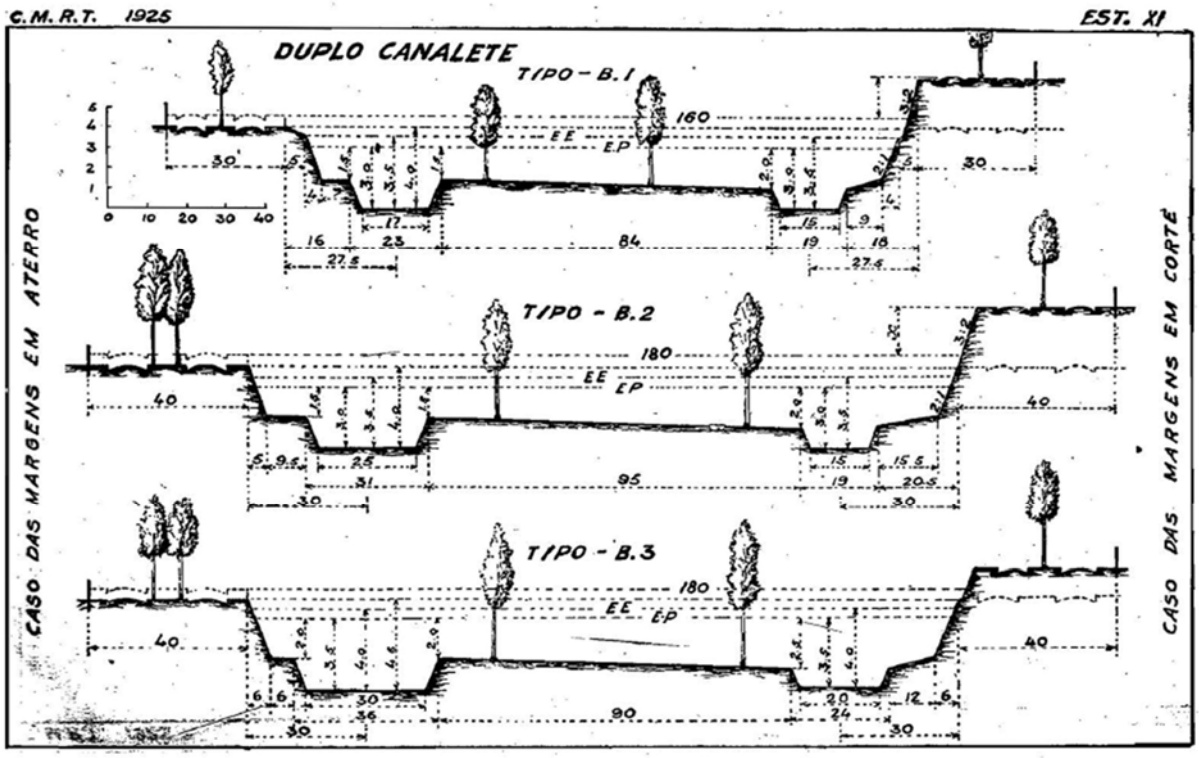


Fig. 93: Seção 'tipo B' para o rio Tietê, proposta pela CMRT. Fonte: BRITO, 1926.

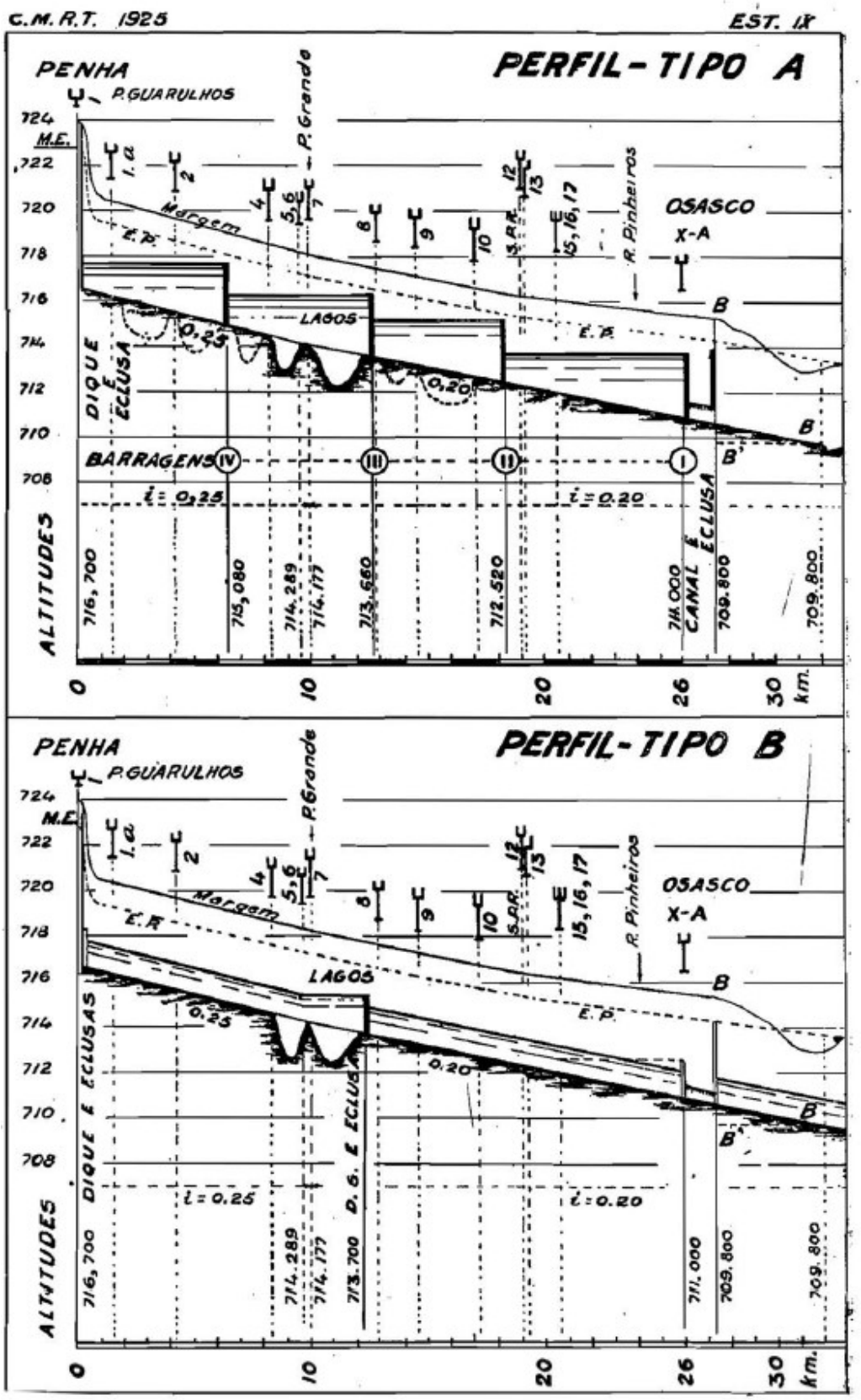


Fig. 94: Perfil longitudinal das seções 'A' e 'B' para o rio Tietê, proposto pela CMRT. Fonte: BRITO, 1926.

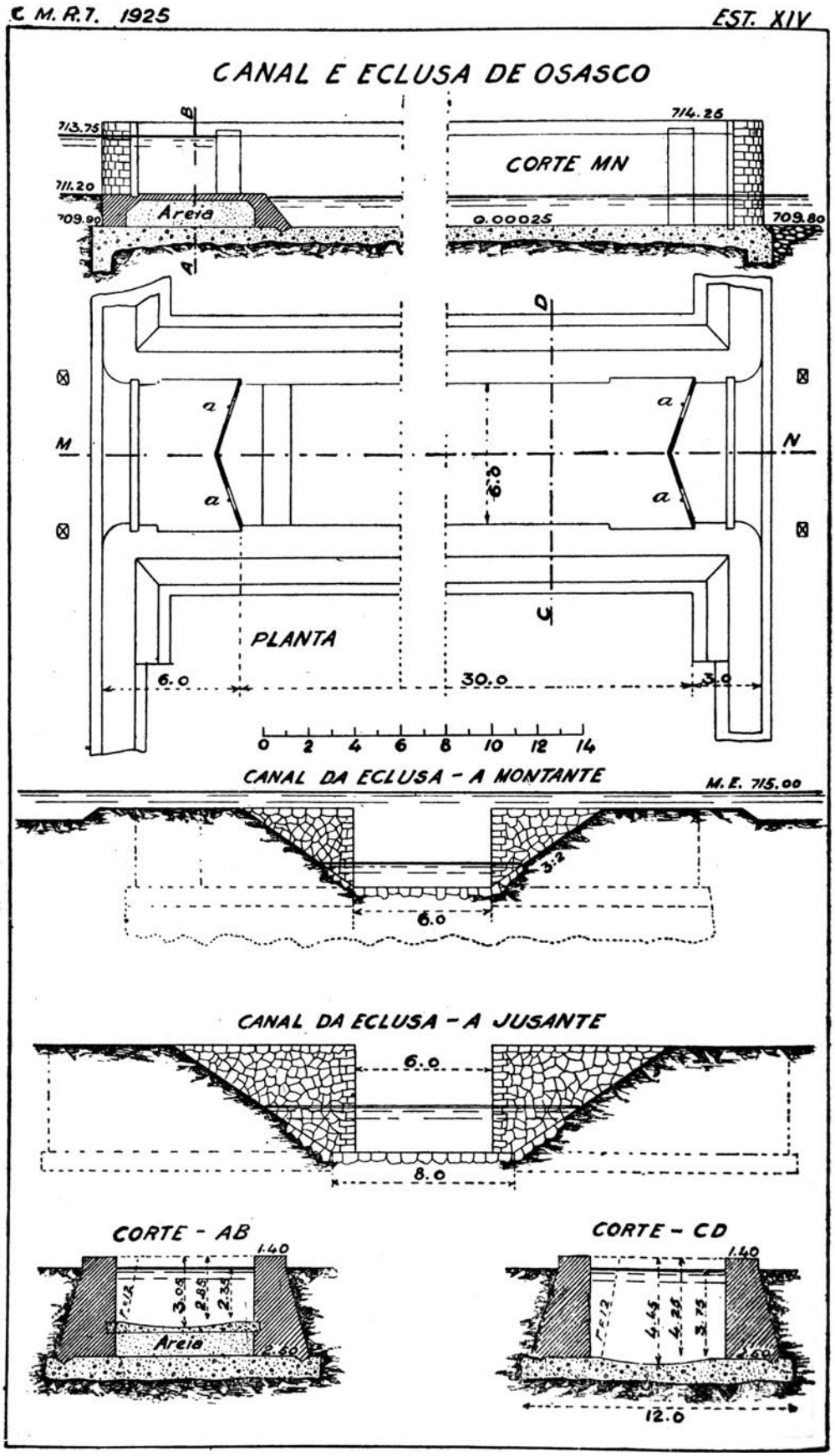


Fig. 95: Eclusa proposta pela CMRT para a barragem de Osasco, no rio Tietê, com câmara de 30 por 6 m. Fonte: BRITO, 1926.

Em 1928 a CMRT é restabelecida sob a chefia do eng. Ulhôa Cintra, sendo desenvolvidos novos estudos hidrológicos para a fixação definitiva das seções transversais do canal do rio Tietê, retomando assim os trabalhos realizados anteriormente por Saturnino de Brito. Ulhôa Cintra, procurando colaborar na iniciativa do prefeito Pires do Rio e organizar o 'Plano de Avenidas' para a cidade de São Paulo, refez o plano geral de urbanização da várzea do Tietê, sendo as principais modificações em relação aos estudos de Brito a supressão dos lagos propostos na altura da Ponte Grande, bem como da barragem de regularização de nível prevista sob esta ponte, a significativa diminuição da seção de vazão do canal e o não aterramento das várzeas, substituído pelo aprofundamento do canal. Os principais objetivos para tais mudanças foram a diminuição do vulto das desapropriações e do movimento de terra a ser realizado e a obtenção de mais terrenos passíveis de urbanização, além da maior facilidade para implantação das vias marginais (SILVA, 1950, p. 242).

Frente à crise financeira de 1929, a comissão foi dissolvida em 1930, sendo reestabelecida somente em 1937 pelo prefeito Fabio Prado, ainda sob a chefia de Ulhôa Cintra. Em novembro do mesmo ano Lysandro Pereira da Silva substitui Cintra na chefia da CMRT, iniciando as obras de retificação do rio Tietê em 1938, com a aquisição, dentre outros equipamentos, de uma draga de 16" encomendada dos Estados Unidos, que recebeu o nome "Pires do Rio" (fig. 98). As obras foram concluídas somente em 1950, e resultaram em um canal de 26 km de extensão, entre a Penha e Osasco, e declividade uniforme[8] de 0,15 m/km. A seção do canal construído era trapezoidal, com taludes de inclinação 2:1, e possuía 45 metros de largura de fundo entre Guarulhos e a foz do Tamanduateí e 56 metros de largura de fundo entre a foz do Tamanduateí e a ponte de Osasco[9], possuindo curvas com raios não inferiores a 500 m (op. cit., p. 246) (fig. 96).

O perfil projetado para o fundo do canal tinha início a jusante da 'curva de Osasco' e seguia com declividade uniforme até Guarulhos, ficando, em geral, em nível mais baixo que a maior parte dos terrenos da várzea, reduzindo assim o volume de aterro necessário nas margens e facilitando a implantação de redes de drenagem urbana e esgotamento sanitário. O canal construído ia se aprofundando progressivamente em relação aos terrenos adjacentes até atingir Guarulhos, onde formava-se um desnível pronunciado, de cerca de 4 m, entre o fundo do canal e o fundo do rio a

[8] Originalmente o rio Tietê apresentava declividades diferentes e variáveis, da ordem de 0,20 m/km, entre Guarulhos e a ponte Grande, 0,12 m/km entre a ponte Grande e a Lapa, e 0,10 m/km entre a Lapa e Osasco, com algumas quedas bruscas (SILVA, 1950, p. 221).

[9] Supõe-se que a ponte de Osasco era localizada onde hoje existe o viaduto Pres. Dr. Tancredo de Almeida Neves, imediatamente a jusante da antiga 'curva de Osasco' do rio Tietê.

montante. A barragem e eclusa da Penha, prevista para esta localidade, teria então a função de fazer a concordância entre os níveis d'água (SILVA, 1950, p. 221).

Em relação à navegabilidade, tendo em vista a maior seção do canal comparada à seção original do rio, foi necessário prever barragens regularizadoras de nível para se garantir uma profundidade mínima para o tráfego de embarcações, uma vez que durante estiagens haveria pouca altura de água no canal. No lugar da barragem e eclusa de Osasco, prevista por Saturnino de Brito, foi sugerida pela Cia. Light & Power o alteamento da barragem de Parnaíba, atual barragem de Edgard de Souza, o que possibilitaria desviar o volume de água armazenado no Tietê em Osasco para ser recalcado para a represa do Rio Grande, atual represa Billings. O alteamento deveria assegurar a cota mínima de 714,50 a montante da barragem de Edgard de Souza, que seria suficiente para garantir uma profundidade mínima de 0,5 a 1 m em Guarulhos (SILVA, 1950, p. 224). Aceita a sugestão da Light, as obras na barragem foram concluídas em 1939 (PROMON, 1978b).

Com o novo nível d'água estabelecido pela barragem de Edgard de Souza já seria possível, a princípio, a navegação até o pé da barragem da Penha. Silva (1950, p. 224) ressalta, porém, os desafios impostos pelo assoreamento, que poderiam dificultar a navegação em trechos com pouca profundidade. A sedimentação medida no trecho retificado do Tietê, aberto em 1940, era da ordem de 10.000 m³ mensais, e se distribuía ao longo de todo o canal, sendo mais expressiva nas proximidades das embocaduras dos cursos d'água. Em suas palavras, "a remoção desse volume de material, que vai constituir o objeto principal do serviço de conservação do canal da retificação, é trabalho grande e, por conseguinte, fará com que tenhamos de manter, em serviço permanente, dragas de limpeza de relativamente grande porte".

Prevendo a dificuldade, em certas ocasiões, na manutenção da seção do canal, devido ao aparecimento de bancos de lodo ou de depósitos sedimentados, foi proposta a construção de uma barragem intermediária, junto à ponte do Limão, que asseguraria, nas estiagens, uma profundidade mínima de 3 metros em Guarulhos. A ponte teria uma estrutura diferente das demais, possuindo pilares prismáticos, entre os quais seriam instaladas quatro comportas móveis, cilíndricas. Num dos vãos contíguos à margem do canal seriam instaladas eclusas para navegação, para garantir a passagem de embarcações quando as comportas estivessem abaixadas (SILVA, 1950, p. 225) (fig. 99). Tal ponte foi construída em 1953, porém a barragem não chegou a ser completada.

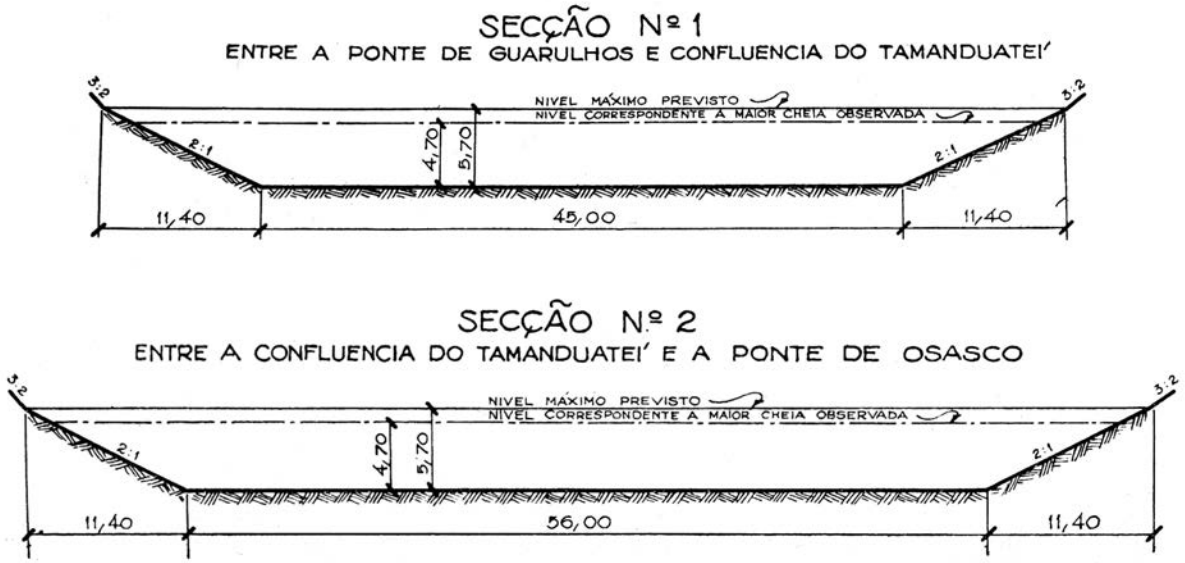


Fig. 96: Seções transversais propostas para o rio Tietê. Fonte: SILVA, 1950.

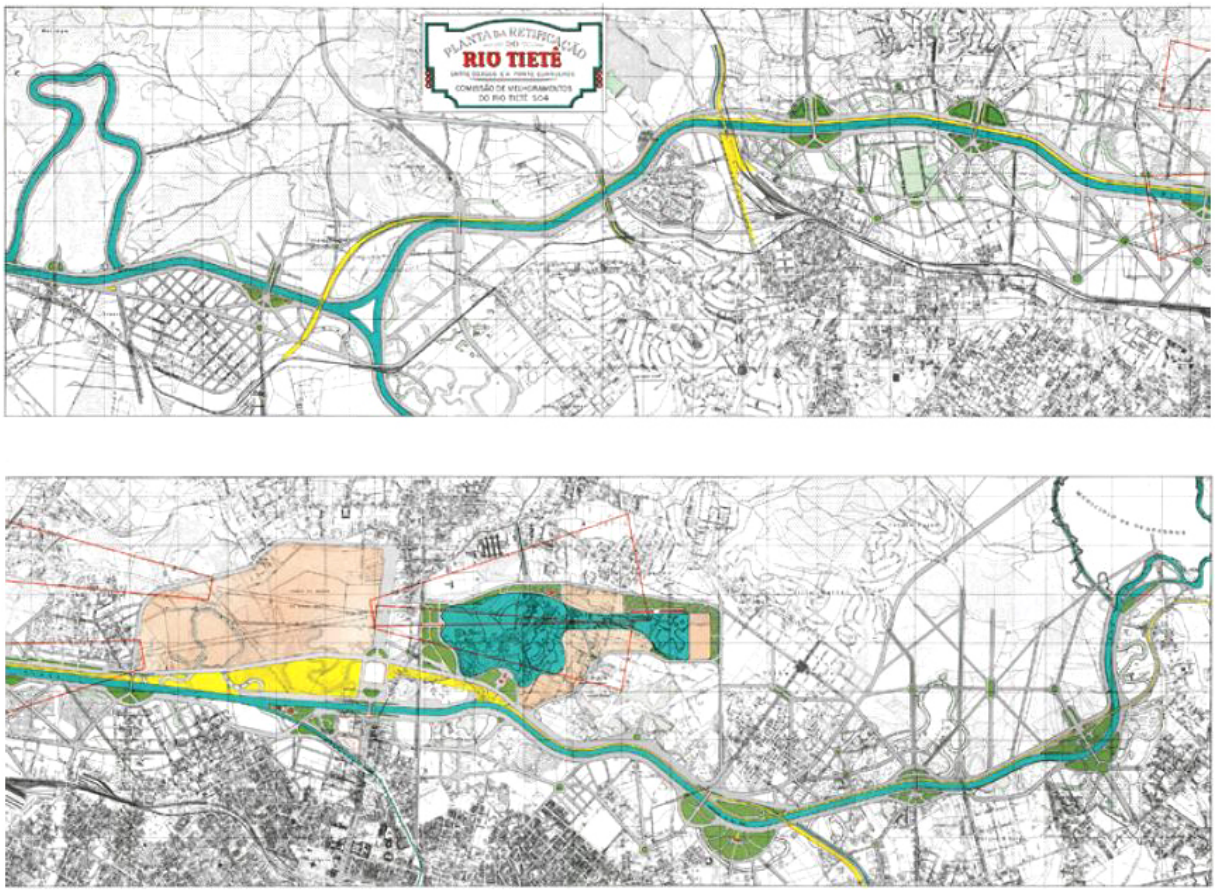


Fig. 97: Plano geral de urbanização da várzea do Tietê proposto por Ulhôa Cintra. Fonte: SILVA, 1950.

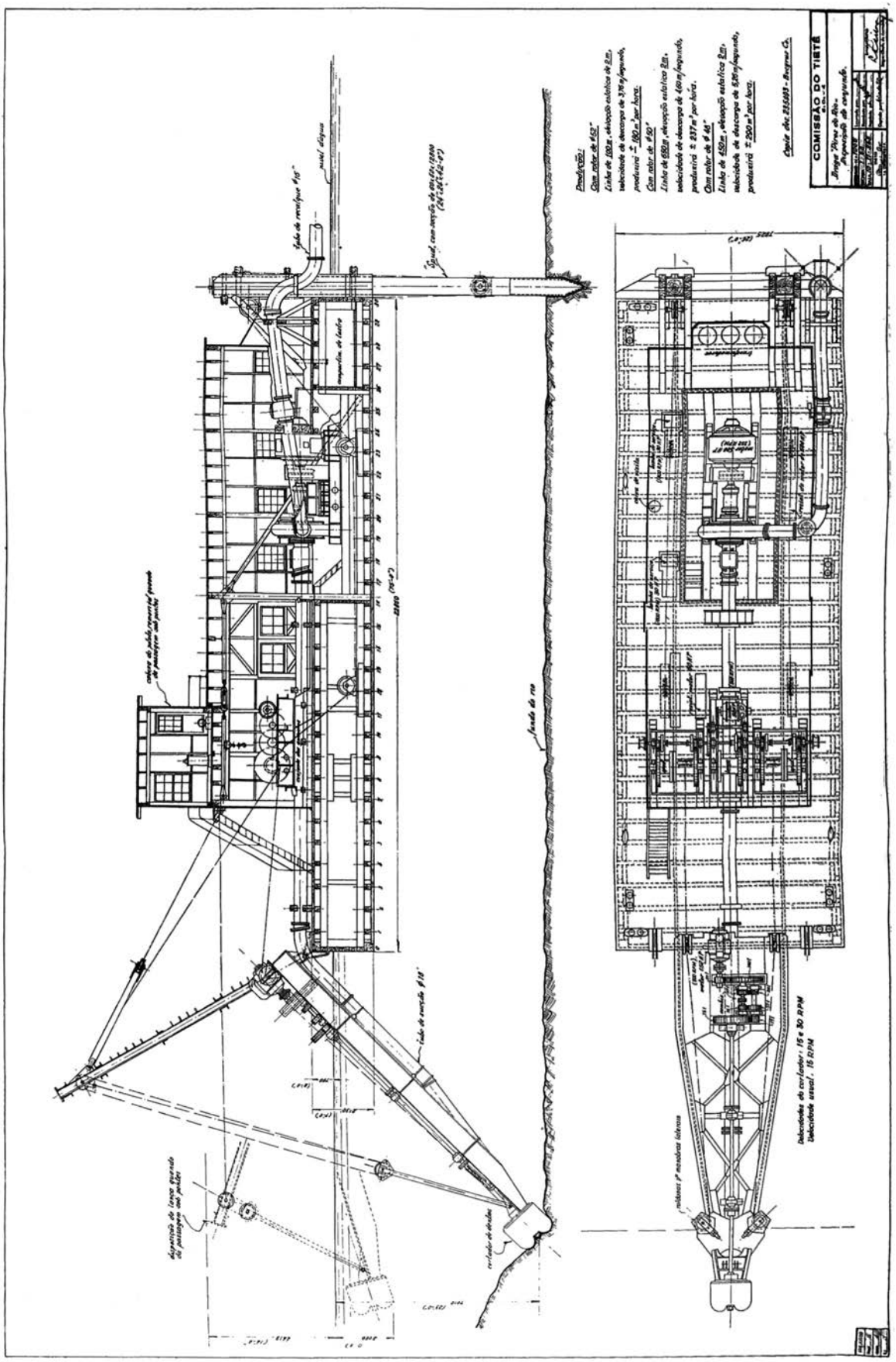


Fig. 98: 'Draga Pires do Rio', encomendada nos Estados Unidos e utilizada nas obras de retificação do rio Tietê empreendidas pela CMRT. Fonte: SILVA, 1950, p. 247.

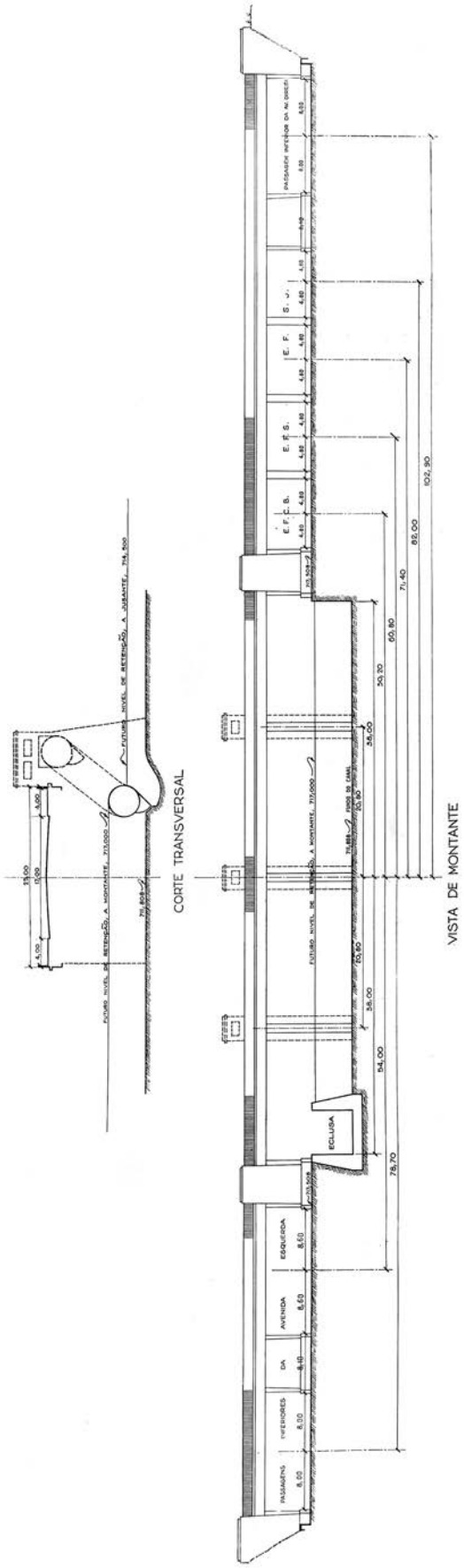


Fig. 99: Corte transversal e vista de montante da barragem sob a ponte do Limão. Fonte: SILVA, 1950.

1.3.3. Projetos da Companhia Light para o rio Pinheiros

Quando da aprovação, em 1926, do contrato de concessão com a Companhia Light para a execução do 'Projeto da Serra', que previa a reversão do rio Pinheiros para geração de energia na usina de Henry Borden, ficou acordado que a Light gozaria do direito de transporte de cargas e passageiros por embarcações nos reservatórios e cursos d'água criados ou beneficiados por efeito dessas obras, bem como da ligação por meio de um sistema de transporte não-ferroviário até o Porto de Santos. Segundo Filardo (1999, p. 100), na década de 1920 o Porto de Santos passava por uma forte crise de congestionamento cuja causa mais imediata era a insuficiência do transporte ferroviário até o planalto, devido à dificuldade imposta pela subida da Serra do Mar. Foi concebido então pela Light um sistema que previa a navegação entre o rio Pinheiros e a crista da serra, e a descida das cargas até a baixada santista por meio de um teleférico de carga, com capacidade para 3.200 t/dia. As estruturas prevendo a navegação foram parcialmente construídas nas barragens da Light, sem terem sido, contudo, concluídas, uma vez que o plano de navegação foi abandonado por ter sido considerado antieconômico, em função da construção da ferrovia Sorocabana, em 1928, e da via Anchieta em 1947 (op. cit.).

Como parte do 'Projeto da Serra', o rio Pinheiros foi retificado na forma de um canal com 25,5 km de extensão, desde a foz no rio Tietê até a barragem de Pedreira, de seção trapezoidal com taludes 2:1, largura no fundo de 45 m e profundidade mínima de 5 m (fig. 100). O canal possui boas condições para navegação, possuindo 6 curvas mais pronunciadas, todas com raios de curvatura de 1.000 m, e pontes rodoviárias e ferroviárias que não representam impedimentos à passagem de embarcações (CNEC, 1982, p. 1.12).

Próximo à confluência com o rio Tietê encontra-se a Estrutura de Retiro, uma barragem móvel destinada a isolar o vale do Pinheiros das cheias do Tietê (fig. 101). Para Filardo (1999, p. 92) essa obra permitiu à Light a venda de terrenos não inundáveis no baixo curso do Pinheiros, tendo como consequência o agravamento das condições de vazão das cheias do Tietê, que deixariam de ter o vale do Pinheiros como área de espraiamento das águas. A Estrutura de Retiro é constituída por uma série de pilares no rio, formando 10 vãos iguais com 7,48 m de largura livre. Os dois vãos centrais destinavam-se à passagem de embarcações, não possuindo grades como os demais. Nos períodos de cheias, contudo, painéis de concreto eram colocados encaixados nas ranhuras dos pilares, interrompendo a navegação (CNEC, 1982, p. 1.10). Segundo Moliterno (2017)[10], na

[10] Informação fornecida pelo eng. Fernando Moliterno, da EMAE, durante conversa por telefone em 8/11/2017.

década de 1990 foram instalados em três dos vãos laterais comportas tipo segmento, para uma maior agilidade nas ações de combate às enchentes[11]. Um dos vãos centrais foi ocupado pela central de controle das comportas, sendo que o outro está vedado com 'stop-logs', permitindo a eventual passagem de embarcações (informação verbal) (figs. 102 a 104). Porém, segundo relatório da FAT (2004, p. 41), a atual condição da Estrutura de Retiro é incompatível com o tráfego regular por embarcações comerciais.

Questionado sobre uma possível demolição da estrutura, que seria vantajosa à navegação, Moliterno considera inviável, uma vez que, sem o isolamento do trecho inferior do Pinheiros, a Usina Elevatória de Traição não teria potência suficiente para reverter as águas em uma eventual cheia do rio Tietê, o que resultaria em inundações nas áreas urbanizadas. Caso fosse instalada uma quinta unidade de bombeamento em Traição, ocupando o local da atual eclusa, talvez tal demolição pudesse ser estudada (informação verbal). Seria relativamente simples, porém, a construção de uma eclusa na Estrutura de Retiro, nas mesmas dimensões da eclusa de Traição, aproveitando os pilares dos vãos centrais (CNEC, 1982, p. 1.13). Nesse caso, a central de controle das comportas tipo segmento, que ocupa um dos vãos centrais, poderia ser transferida para a torre de controle da eclusa, que seria construída em uma das margens do canal, ou poderia ser estudada a operação à distância tanto das comportas quanto da eclusa (figs. 115 e 116).

A Usina Elevatória de Traição, a 9,8 km a montante da estrutura de retiro, possui a função de elevar as águas do trecho inferior do Pinheiros para o trecho superior, criando um desnível de 4,0 m no canal, com níveis normais a montante e a jusante, podendo atingir 7,5 m de desnível em condições excepcionais (3,0 m de profundidade mínima no canal a jusante e nível máximo a montante). Ao lado da elevatória, na margem direita do rio, foi construída uma eclusa com 7,5 m de largura, 29,0 m de comprimento útil[12], profundidade mínima de 3,0 m[13] e altura livre sobre o máximo nível d'água a jusante de 4,0 m. As obras civis desta eclusa estão completadas, inclusive muros-guia de acesso, circuito de alimentação e restituição, faltando somente a instalação de suas comportas. Apesar disso, funciona precariamente com a utilização dos 'stop logs' da câmara

---

[11] A instalação das comportas motorizadas diminuiu o tempo de abertura e fechamento das comportas para 6 e 12 minutos, respectivamente, sendo possível o comando das comportas à distância a partir da Usina Elevatória de Traição (FAT, 2004).

[12] O comprimento entre comportas é de 29,80 m, medidos a partir de dimensões projeto original da eclusa (fig. 106).

[13] No estudo do 'Anel Hidroviário de São Paulo' (GIRALDO; RIVA, 1978), a eclusa de Traição é descrita como possuindo um calado permissível de 1,6 m.

como portas provisórias[14] (figs. 105 a 110). Ao lado desta eclusa foi prevista uma segunda eclusa com as mesmas dimensões, que compartilha o muro central por onde passam os circuitos hidráulicos. Porém, um pilar da ponte Eng. Ari Torres, logo a jusante da usina, provavelmente impossibilitará a utilização desta segunda eclusa, não criando, porém, impedimento à eclusa existente (CNEC, 1982, p. 1.11). Na eclusa operante, segundo relatório da FAT (2004, p. 45), a falta de automação das comportas dificulta o tráfego comercial de embarcações, mesmo para usos menos exigentes, como o transporte de resíduos sólidos por embarcações menores.

A Usina Elevatória de Pedreira, ao lado da barragem que forma a represa Billings, possui a função de elevar as águas do trecho superior do Pinheiros para a represa, criando um desnível de 25,5 m no canal, com níveis normais a montante e a jusante, podendo atingir 27,0 m de desnível em condições excepcionais (3,0 m de profundidade mínima no canal a jusante e nível d'água máximo na represa). Também foram previstas duas eclusas, provavelmente nas mesmas dimensões das eclusas de Traição, porém estas não tiveram suas obras civis concluídas, tendo sido construídas somente as cabeças de montante e jusante (op. cit., p. 1.12). Na década de 1990, no entanto, uma oitava unidade de bombeamento somou-se às sete existentes originalmente, ocupando o espaço deixado de espera para uma das câmaras de eclusa. Além disso, uma adição ao edifício foi feita sobre o espaço destinado às eclusas, com o objetivo de abrigar uma ponte-rolante, dificultando ainda mais uma futura recuperação da função original da estrutura (MARTINS, 2012) (figs. 111 a 114). Apesar dos desafios envolvidos, Moliterno (2017) acredita que seja possível estudar a recuperação do espaço original previsto para uma das eclusas de Pedreira, uma vez que os planos para instalação de uma nona unidade de bombeamento, que ocuparia o lugar desta eclusa, têm sido deixados de lado (informação verbal).

As dimensões da atual eclusa de Traição restringem o tamanho das embarcações do rio Pinheiros, que teriam capacidade máxima de 300 t, valor considerado pequeno em termos hidroviários, apesar de já equivaler à capacidade de carga de 10 caminhões grandes (FAT, 2004). Como alternativa para maior eficiência do sistema hidroviário, os recentes estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011) propõem a unificação do padrão de eclusas para os rios Tietê (trecho urbano) e Pinheiros, o que exigiria, no caso do rio Pinheiros, a construção de novas eclusas ao lado das barragens e estruturas existentes (figs. 117 e 118).

[14] Segundo a EMAE, o ciclo de operação da eclusa consome 7 horas para ser completado (FAT, 2004, p. 45).

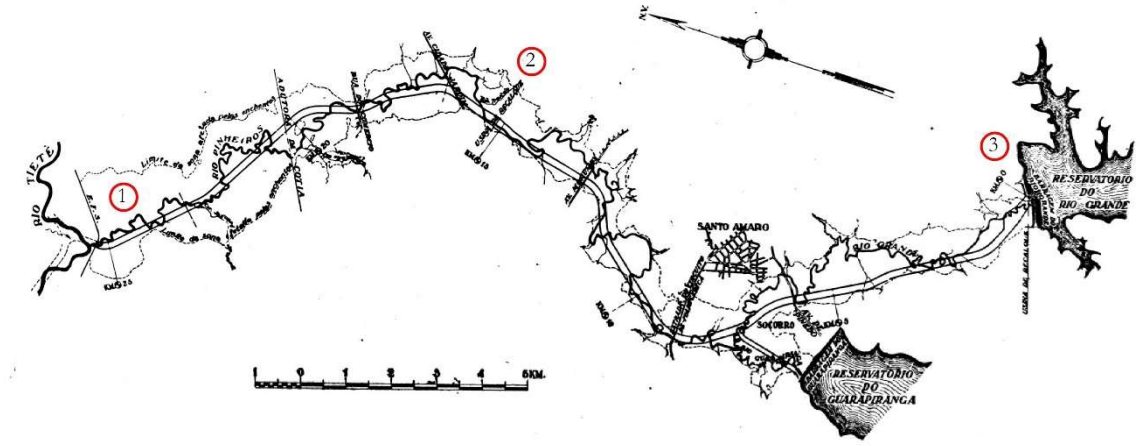


Fig. 100: Planta da retificação do rio Pinheiros, entre rio Tietê e represa Billings, com indicação da localização das principais estruturas de reversão das águas: (1) Estrutura de Retiro; (2) Usina Elevatória de Traição; (3) Usina Elevatória de Pedreira. Fonte: Seabra, 1987.

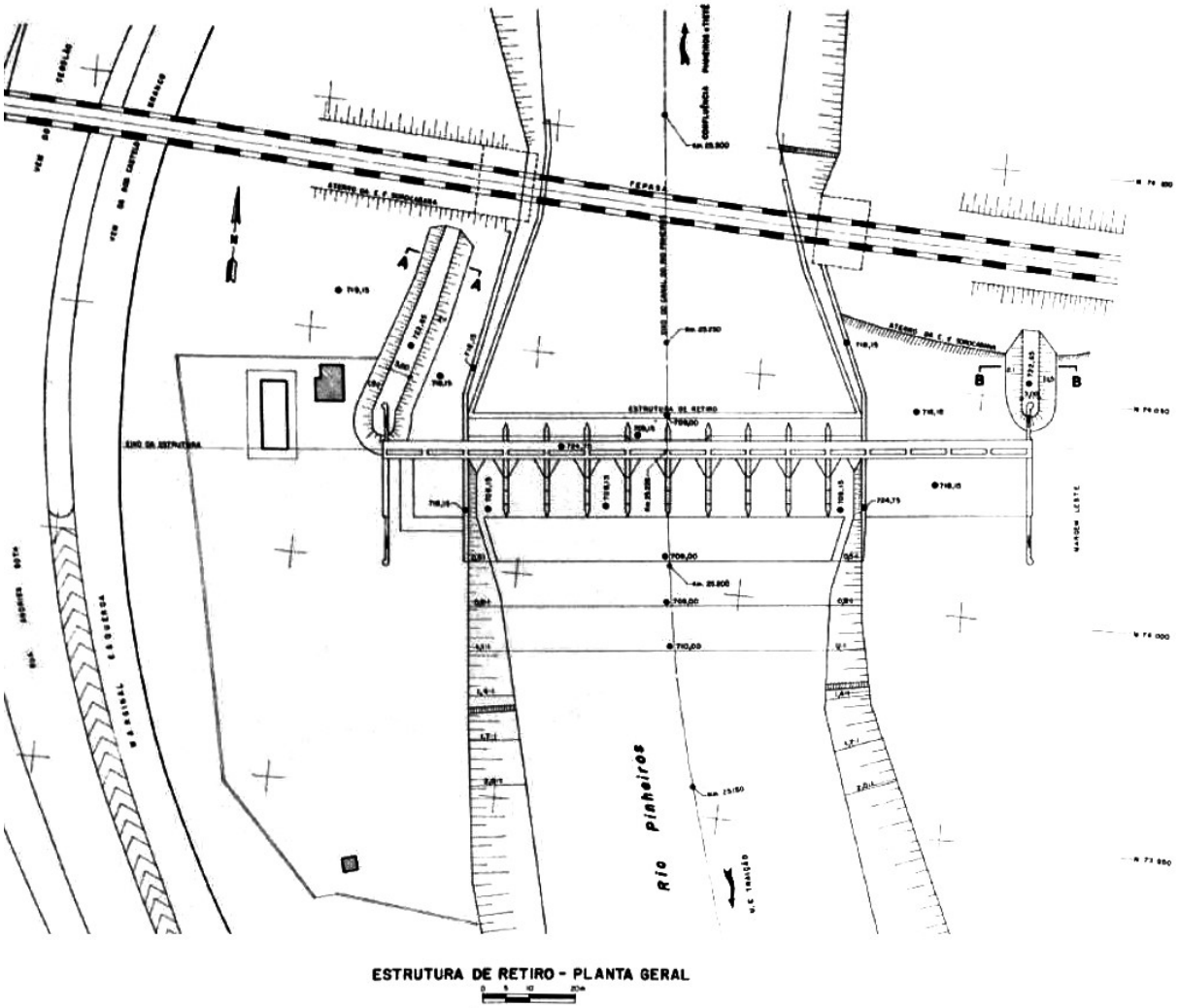


Fig. 101: Planta do projeto original da Estrutura de Retiro. Os dois vãos centrais permitiam a passagem de embarcações. Fonte: Plano SANESP – Cadastro de Obras Hidráulicas – 'Data Hidro'. Disponível na biblioteca da CETESB (In: RIBEIRO, 2014).

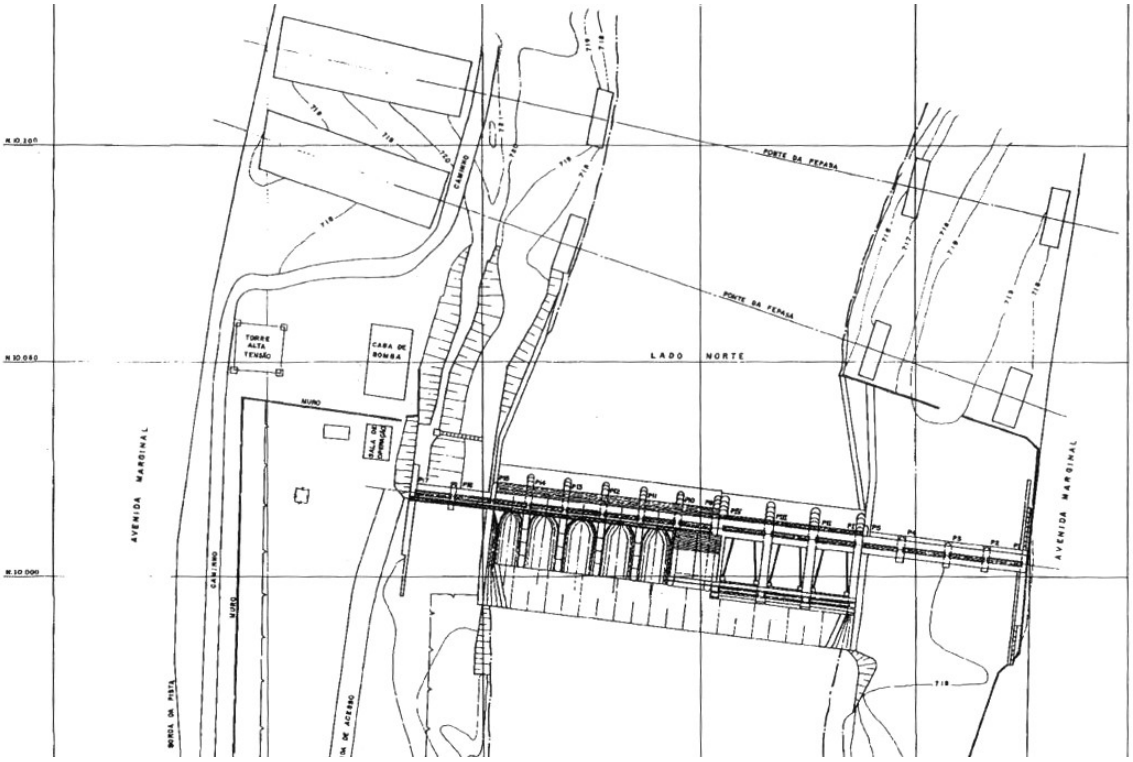


Fig. 102: Planta da reforma da Estrutura de Retiro, em 1992, para instalação de 3 comportas tipo segmento, representadas à direita na imagem. Fonte: EMAE / ENGEVIX Engenharia e Projetos S/A.

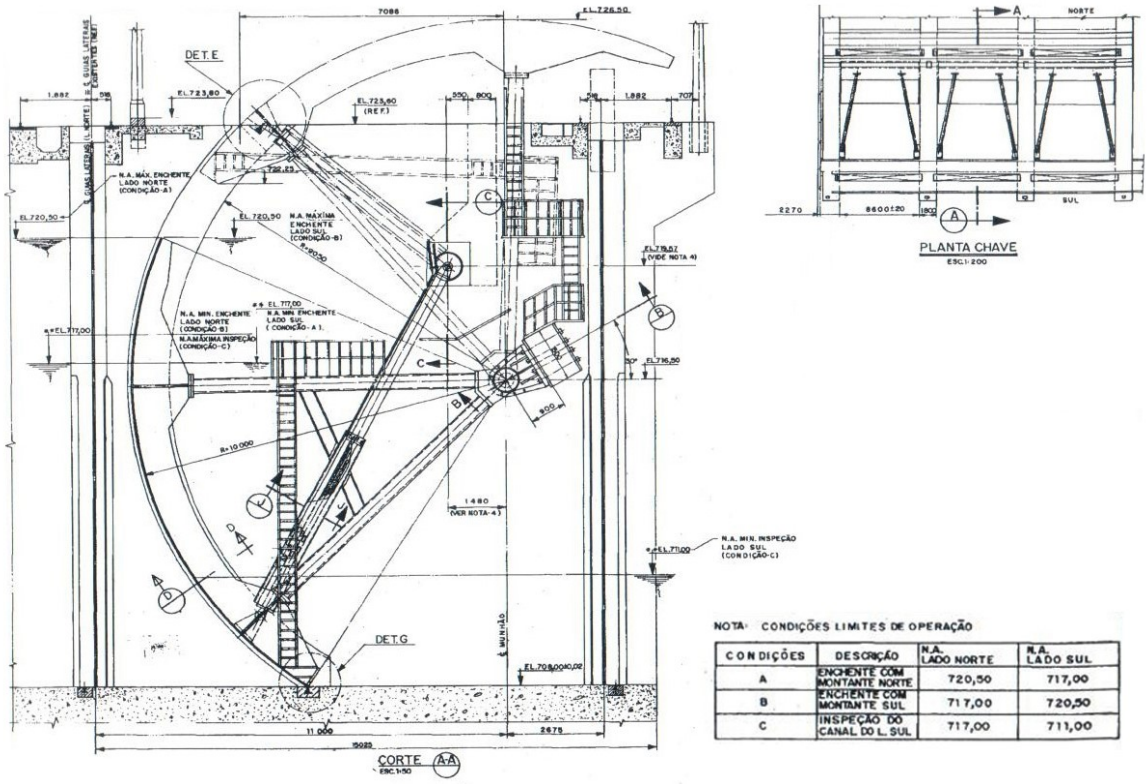


Fig. 103: Corte transversal da comporta tipo segmento da reforma da Estrutura de Retiro, em 1992. Fonte: EMAE / ENGEVIX Engenharia e Projetos S/A

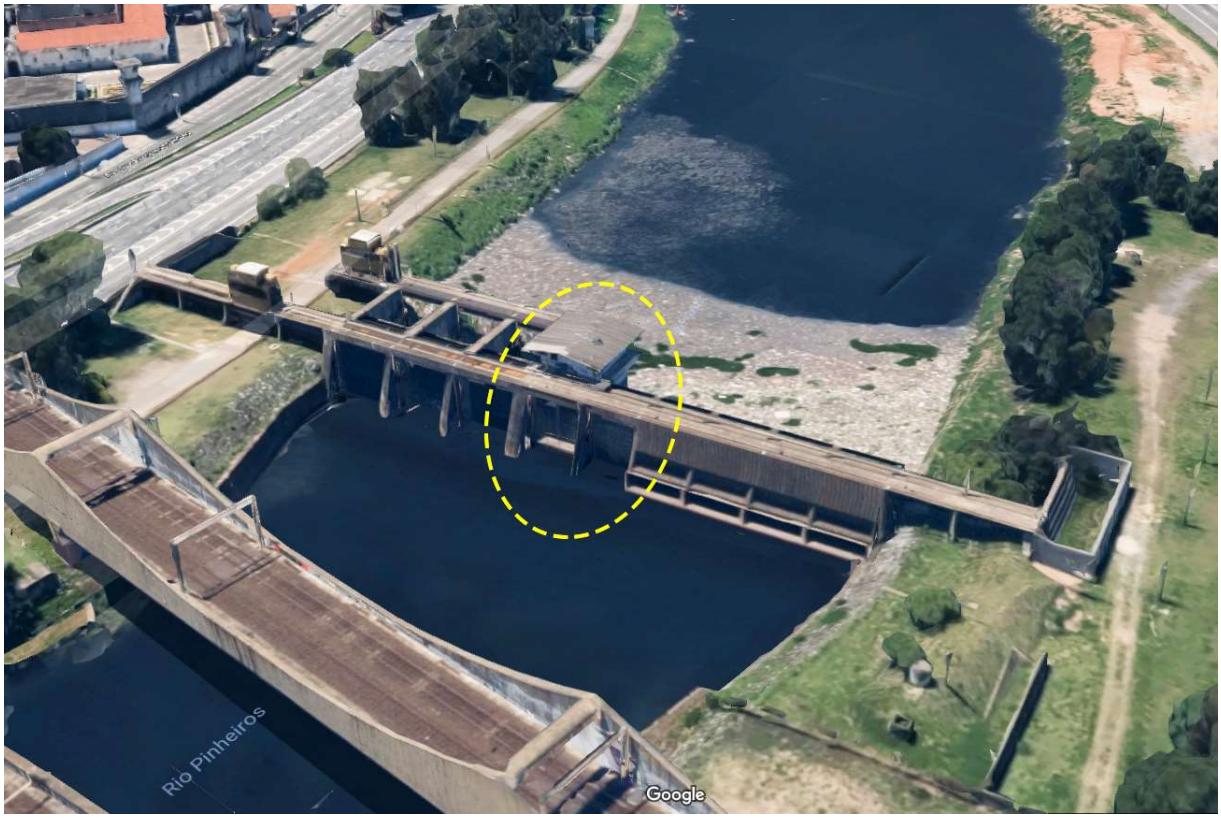


Fig. 104: Estrutura do retiro, com destaque para os dois vãos centrais que permitiam a passagem de embarcações, estando um deles atualmente obstruído por uma nova construção de controle das comportas segmento. Fonte: Google Maps <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em 27/09/2017.

Fig. 105: Usina Elevatória de Traição. Notar câmara da eclusa, à esquerda na imagem. Fonte: EMAE, disponível em <http://www.emae.sp.gov.br>.

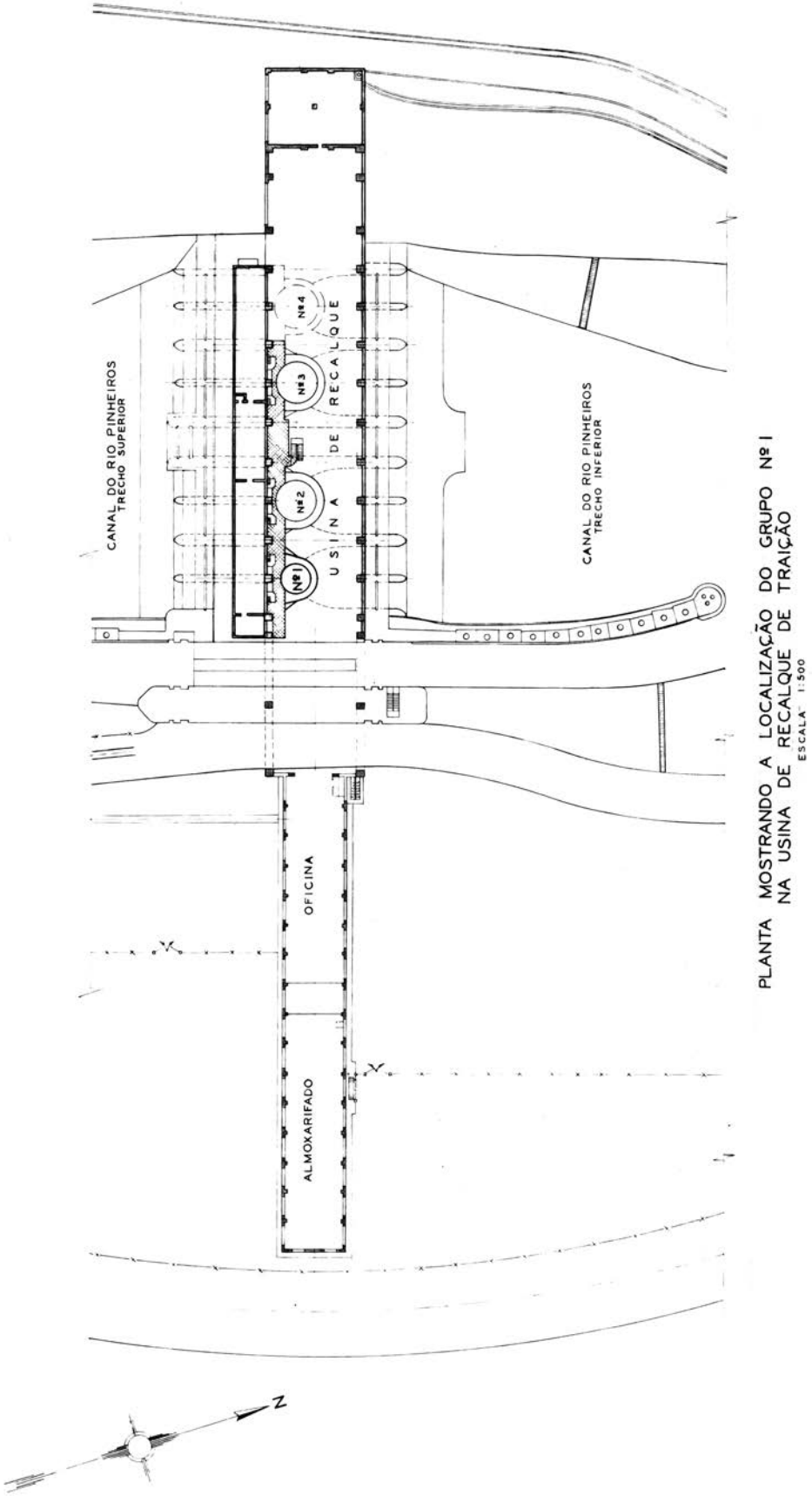


Fig. 106: Planta geral da Usina Elevatória de Traição. Fonte: projeto de reforma da unidade de bombeamento nº 1, Companhia Light, de 04/06/1958.

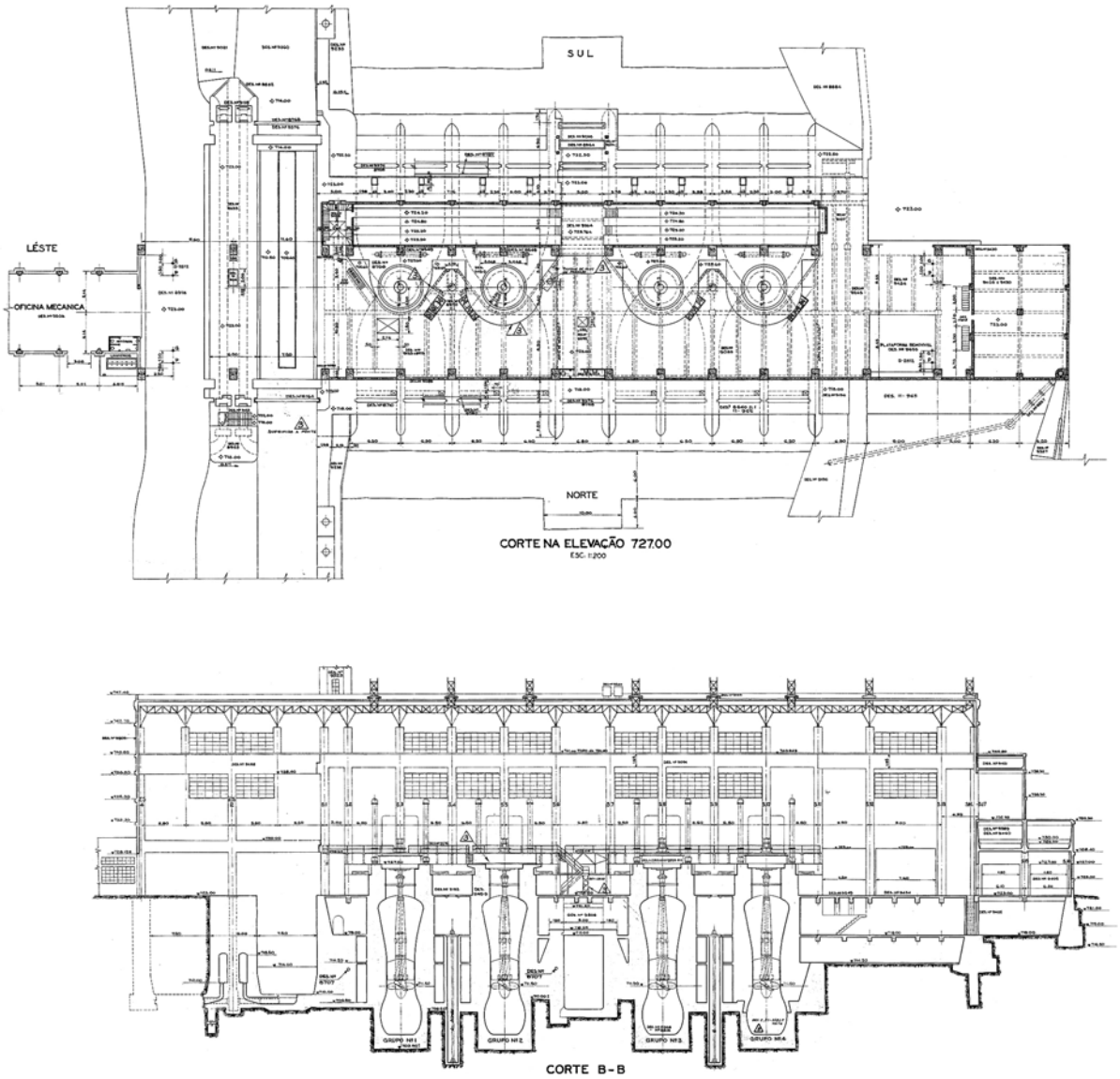


Fig. 107: Planta da Usina Elevatória de Traição (elevação 727,00) e corte longitudinal (corte B-B). Fonte: projeto original, Companhia Light, de 15/08/1939[15].

[15] Os projetos originais da Usina Elevatória de Traição (figs. 106, 107 e 108) estavam guardados nos arquivos da EMAE, localizados no almoxarifado da própria usina, e foram digitalizados por Rafael Ayres Dias (DIAS, 2014), que gentilmente disponibilizou as imagens em alta resolução para o presente trabalho.

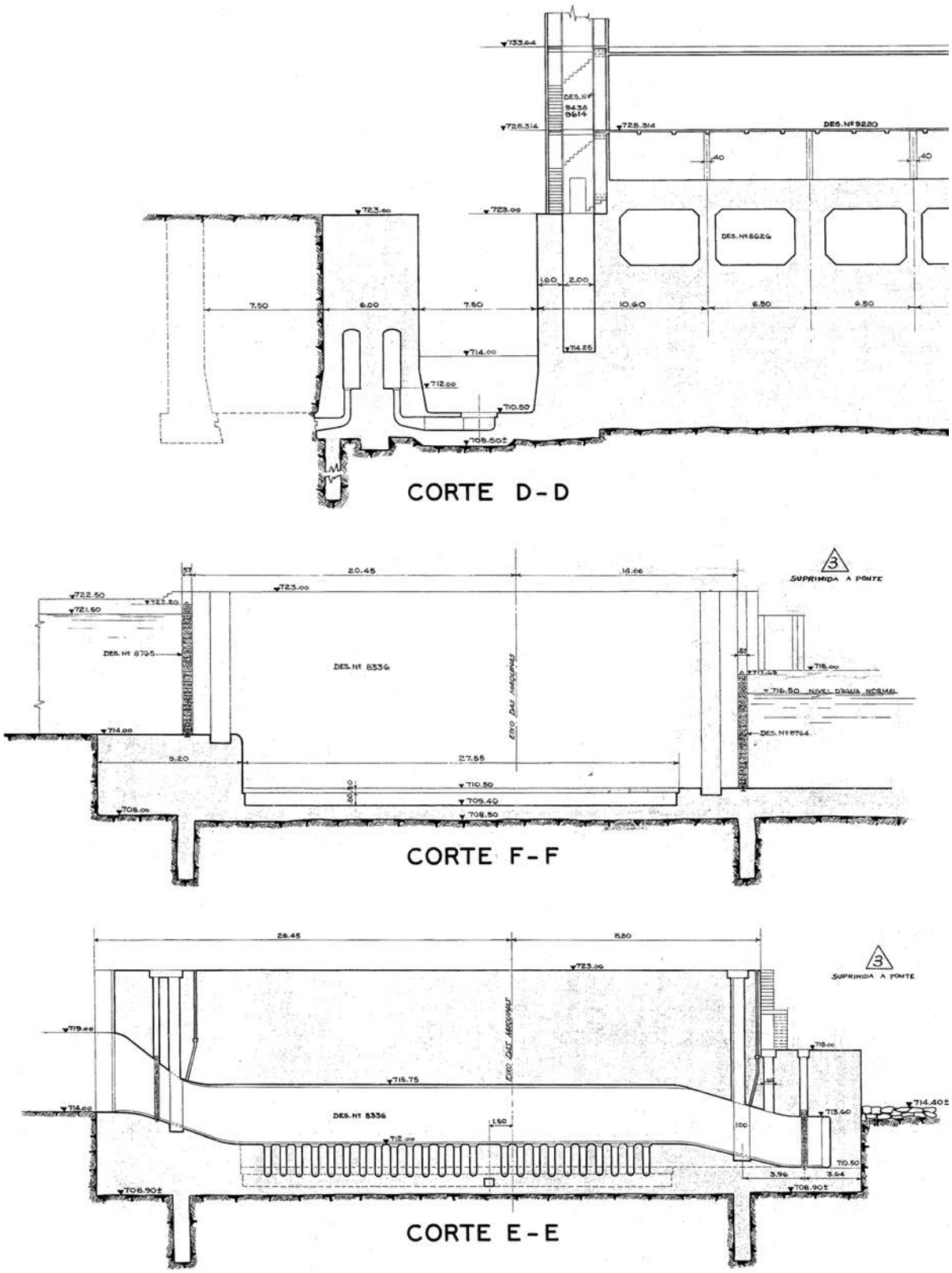


Fig. 108: Eclusa da Usina Elevatória de Traição. Corte transversal (corte D-D), corte longitudinal da câmara (corte F-F) e corte longitudinal do muro por onde passam os circuitos hidráulicos (corte E-E). Fonte: projeto original, Companhia Light, de 15/08/1939.

Fig. 109: Eclusa da Usina Elevatória de Traição. Fechamento da câmara utilizando 'stop-logs', e nicho destinado à comporta, não instalada. Fonte: foto do autor, 05/11/2015.

Fig. 110: Eclusa da Usina Elevatória de Traição. Câmara da eclusa. Fonte: foto do autor, 05/11/2015.

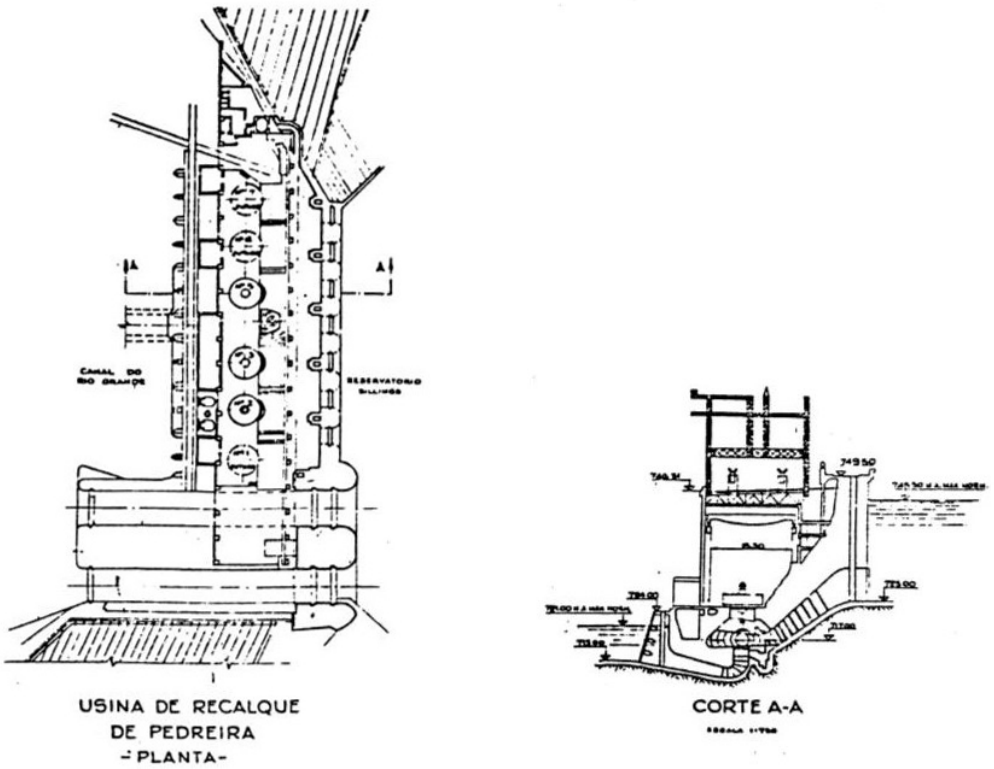


Fig. 111: Projeto original da Usina Elevatória de Pedreira, com espaço para futura instalação da eclusa. Fonte: Filardo, 1999.

Fig. 112: Construção da Usina Elevatória de Pedreira, com espaço para futura instalação das eclusas (à direita na imagem). Fonte: Fundação Energia e Saneamento, disponível em < http://www.energia.sp.gov.br>.

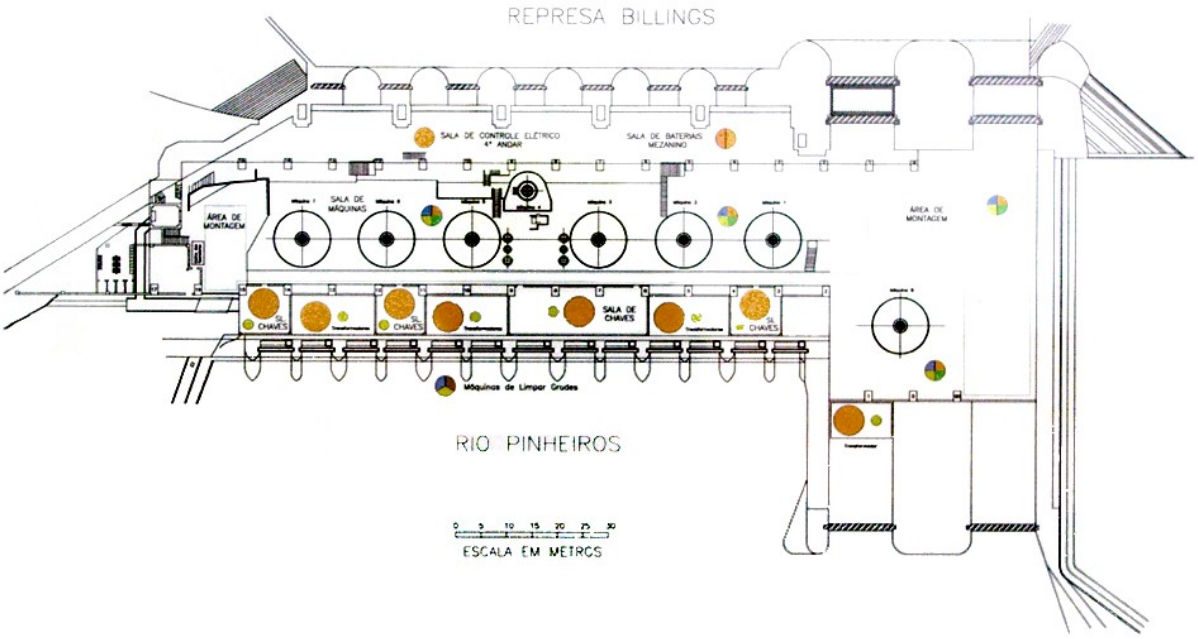


Fig. 113: Planta da Usina Elevatória de Pedreira, com a instalação na década de 1990 da unidade nº 8 de bombeamento, à direita na imagem. Fonte: EMAE (in: Martins, 2012).

Fig. 114: Situação atual da Usina Elevatória de Pedreira, com obstrução do espaço destinado às eclusas, à direita na imagem. Fonte: EMAE, disponível em <http://www.emae.sp.gov.br>.

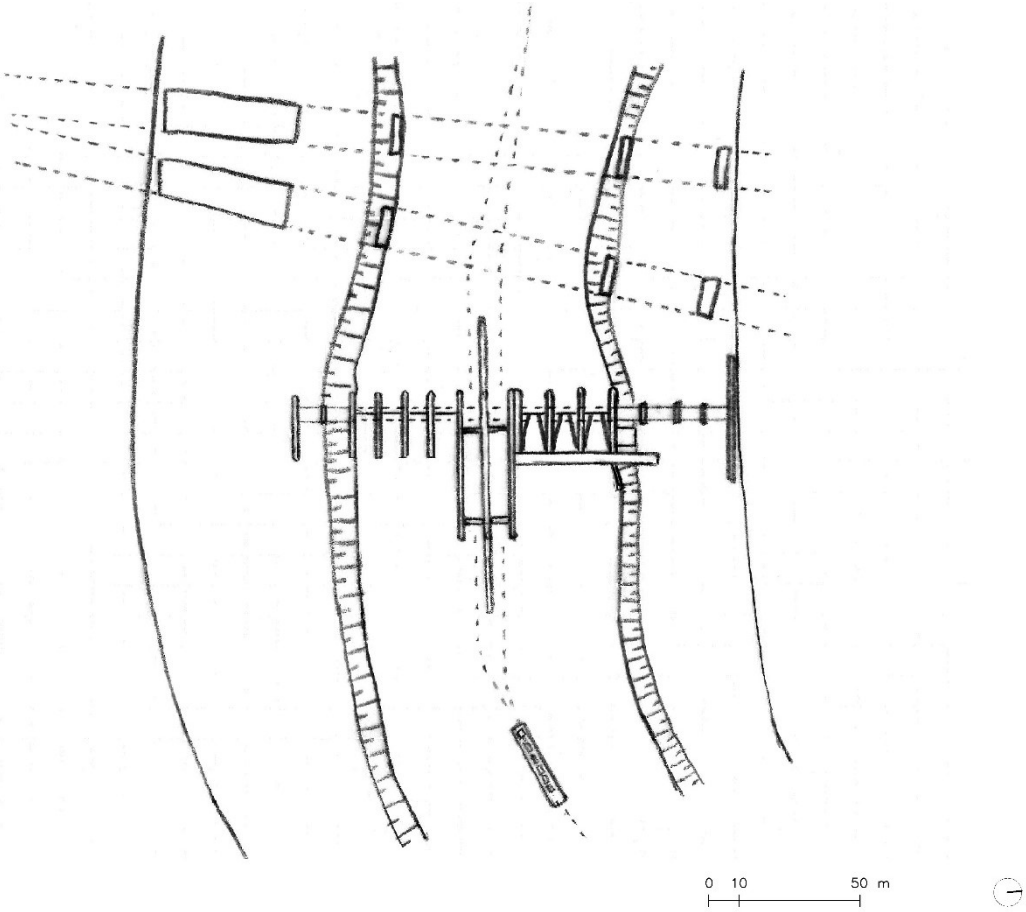


Fig. 115: Planta propondo a construção de duas câmaras de eclusa com 30 por 7,5 m nos vãos centrais da Estrutura do Retiro. Fonte: desenhado pelo autor sobre base da EMAE.

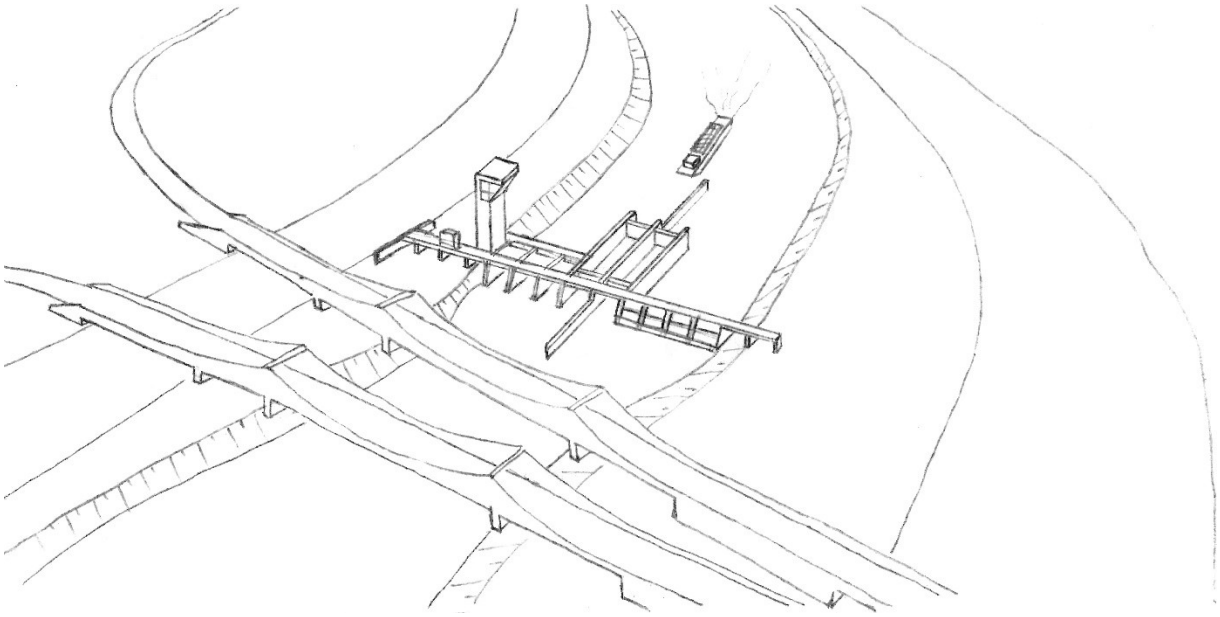


Fig. 116: Croqui propondo a construção de torre de controle e duas câmaras de eclusa com 30 por 7,5 m nos vãos centrais da Estrutura do Retiro. Fonte: desenhado pelo autor.

Fig. 117: Proposta de construção de novas eclusas ao lado da Estrutura de Retiro, como parte do projeto para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo'. Fonte: GMF, 2011.

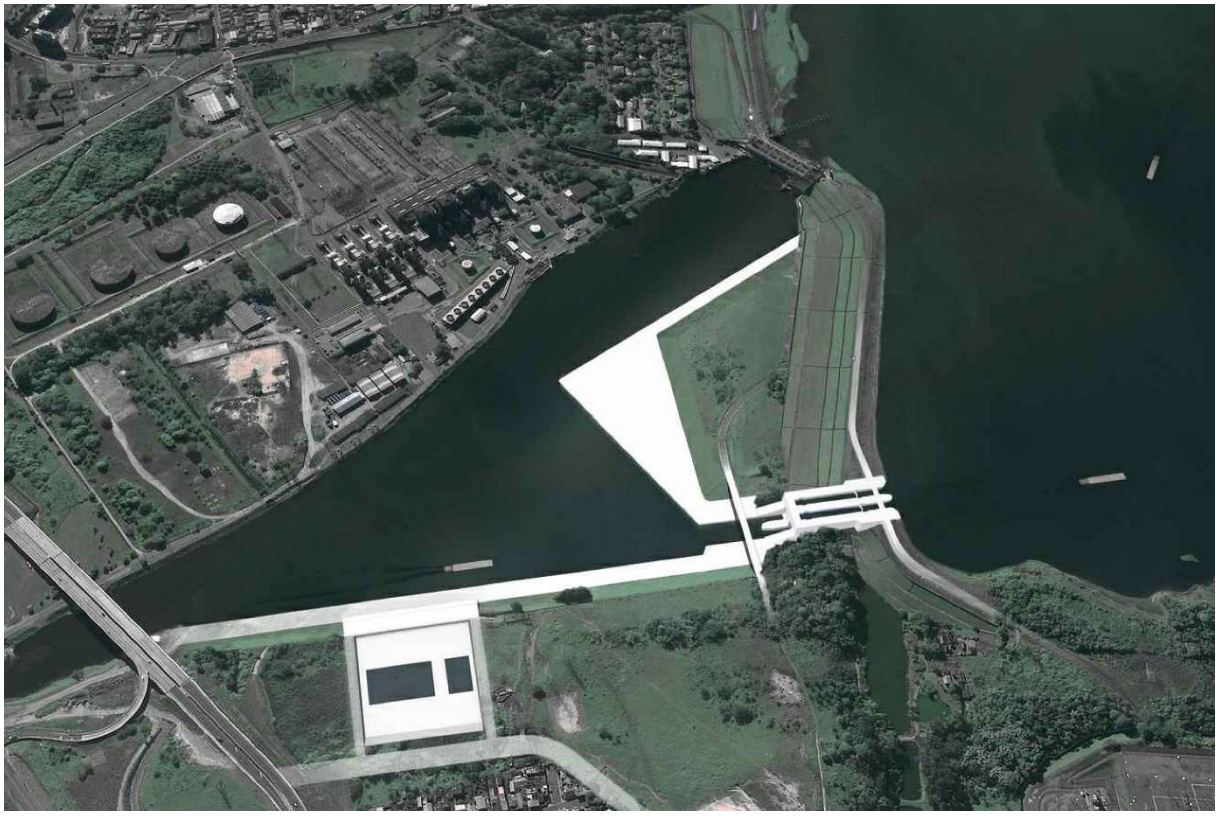


Fig. 118: Proposta de construção de novas eclusas ao lado da Barragem de Pedreira, como parte do projeto para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo'. Fonte: GMF, 2011.

1.3.4. Projetos para conexão das hidrovias metropolitanas com hidrovias regionais

Diversos projetos ao longo do século XX deram ênfase à possibilidade de conexão entre a hidrovia do Alto Tietê, da barragem de Edgard de Souza à Mogi das Cruzes, e uma rede hidroviária regional, através da ligação com a Hidrovia Tietê-Paraná[16] ou com o rio Paraíba do Sul. Um dos primeiros estudos nesse sentido foi o do engenheiro Caio Dias Baptista, em 1941, a convite da Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, intitulado 'Estudos do Serviço de Melhoramento do Vale do Paraíba', no qual demonstrava como viável a ligação dos rios Tietê e Paraíba do Sul através da ligação direta dos respectivos afluentes Mandí e Parateí. Segundo Baptista, esta ligação seria 20% mais econômica do que uma ligação São Paulo-Santos (INTERNAVE, 1984, p. 13).

O 'Plano Urbanístico Básico' – PUB – da Prefeitura do Município de São Paulo, de 1965, considerou que a utilização das hidrovias na área metropolitana só seria viável quando o transporte fluvial pudesse percorrer longas distâncias, citando a possibilidade da ligação Paraná – Tietê – Paraíba do Sul. Dois anos mais tarde, em 1967, o 'Estudo Sumário de Canalização para Navegação do Sistema Tietê-Paraná', do antigo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN, também apontou a importância de conexão entre o Médio e o Alto Tietê, transformando o sistema Tietê-Paraná numa grande hidrovia. Na terceira etapa deste estudo, era considerada viável a formação de um anel hidroviário através de um canal de partilha entre as represas Billings e Taiaçupeba, bem como a abertura de outro canal de partilha para conexão com o rio Paraíba do Sul (op. cit., p. 18).

Um dos estudos mais completos de conexão hidroviária entre o Médio e Alto Tietê[17] foi realizado em 1975 pela CONSULTEC, a convite do Departamento Hidroviário da Secretaria de Transportes. Intitulado 'Navegação do Alto Tietê de Jumirim a Mogi das Cruzes – Estudo de

---

[16] O sistema hidroviário Tietê-Paraná possui 2.400 quilômetros de vias navegáveis, que vão de Piracicaba e Conchas (ambos em São Paulo) até Goiás e Minas Gerais (ao norte) e Mato Grosso do Sul, Paraná e Paraguai (ao sul), ligando os cinco dos maiores estados produtores de soja do país. Em seu trecho paulista, a Hidrovia Tietê-Paraná possui 800 quilômetros de vias navegáveis, administradas pelo Departamento Hidroviário (DH), com eclusas de 142 por 12 m, com 3 m de profundidade, vencendo desníveis médios de 25 m. As obras das barragens paulistas se iniciaram na década de 1950, sendo a primeira eclusa inaugurada em 1973, em Barra Bonita. A navegação plena da Hidrovia realizou-se com a conclusão da eclusa de Jupiá, em setembro de 1998 (Fonte: <http://www.transportes.sp.gov.br/programas-projetos_/hidrovia-tiete.asp>. Acesso em 27/09/2017).

[17] A navegação entre Médio e Alto Tietê sempre foi desafiadora, devido ao grande desnível a vencer. Saint-Hilaire, em seu livro 'Viagem à Província de São Paulo', de 1843, relata que as canoas e pirogas que saiam de São Paulo passavam por 113 corredeiras até chegar a Cuiabá, ao fim de dois meses de viagem. Em algumas transposições as embarcações eram sirgadas, mas em muitas outras elas eram transportadas por terra, em picadas abertas na mata (CONSULTEC, 1975).

Pré-Viabilidade', o estudo pretendia estudar a canalização do Tietê Superior, no trecho que ia de Jumirim, na cota 471 m, até Mogi das Cruzes, na cota 734 m, numa extensão de 250 km. Os engenheiros da CONSULTEC acreditavam que esta conexão seria necessária para que a Grande São Paulo fosse o centro de carga do sistema hidroviário Tietê-Paraná, temendo que o tráfego fluvial teria pouca significação econômica caso se interrompesse em Jumirim (CONSULTEC, 1975).

Para reforçar o seu grupo de trabalho, a CONSULTEC subcontratou a firma holandesa HYDRONAMIC BV, de Sliedrecht, especializada em navegação fluvial e processos não convencionais de transposição de desníveis, imaginando que as condições ásperas do vale do Tietê na escarpa do planalto e suas limitadas descargas não permitiriam o uso de eclusas tradicionais. "Felizmente, os estudos hidrológicos sobre o regime do Tietê, levando em conta o futuro lançamento na represa de Pirapora de 28 m^3/s de águas 'semi-tratadas' de esgotos da Grande São Paulo, indicaram que o emprego de eclusas tradicionais seria perfeitamente viável de Pirapora para jusante" (op. cit.).

O canal foi projetado sobre o leito do rio, com alguns canais e túneis que encurtavam trechos meândricos, possuindo profundidade mínima de 4,0 m e largura e raios de curvatura compatíveis com as embarcações do padrão Tietê-Paraná. Seriam necessárias 16 eclusas entre Jumirim e Mogi das Cruzes, com 142 m por 12 m, e 4 m de profundidade mínima. Os comboios chegariam ao Porto de Itaquaquecetuba, que seria um entroncamento rodo-ferro-hidroviário, ligado à um corredor de exportação via Santos. Considerando a economia em relação aos custos de transporte rodoviário e ferroviário, imaginava-se o reembolso das despesas totais num prazo de 7 a 9 anos, sendo, portanto, uma obra economicamente viável (op. cit.) (fig. 119).

Alternativamente, Delijaicov (2005) propõe a ligação entre Médio e Alto-Tietê através de um canal artificial lateral com uma escada de eclusas, preservando as corredeiras do Tietê, patrimônios naturais, atualmente em área de preservação ambiental (fig. 120). No mesmo sentido, Mielnik (2014) estuda diversas alternativas de traçado, incluindo a conexão através do rio Sorocaba, passando pelos municípios de Votorantim e Sorocaba. Prosseguindo esses estudos, Villas Boas (2017) propõe a criação da Cidade-Canal de Ibiúna, que se desenvolveria ao longo de 25 km da hidrovia do Sorocaba.

Segundo o engenheiro naval Joaquim Riva (1997[18] apud DELIJAICOV, 1998), porém, a ligação hidroviária entre Médio e Alto Tietê seria inviável:

> A chegada em São Paulo da Hidrovia Tietê-Paraná é impraticável. Ela só vai chegar em Piracicaba e aonde está chegando hoje em Conchas. Talvez, se der uma coisa extremamente certo, poderia chegar em Salto. Porque a cota de Salto é 500. A cota no lago de Barra Bonita é 451.Teria que vencer, numa extensão de 200 quilômetros, mais o u menos uns 50 metros. Mas, de Salto a Santana do Parnaíba, que são 80 quilômetros para uma diferença de nível de 200, 220 metros, e com uma vazão extremamente baixa, não há a mínima condição de fazer um sistema em que a navegação alcance a cidade de São Paulo. Principalmente porque o que está acontecendo hoje, estrategicamente, é que as grandes indústrias saiam da Grande São Paulo e sigam para o interior. Se São Paulo fosse um porto marítimo ainda poderíamos pensar em alguma coisa. Mas não é, não tem a mínima condição.

Riva (op. cit.) também é cético em relação à uma possível conexão do Alto Tietê com o rio Paraíba do Sul:

> Eu fiz um estudo, uma vez, do Rio Paraíba. Iam levar a navegação de São Paulo até o Rio de Janeiro. Mas tinha ali, a serra. Quando descia a serra, o negócio ficava totalmente impraticável. Eu fiz aí as contas, sairia, somente a ligação da serra em 4 bilhões de dólares. Com o inconveniente que o Rio Paraíba é um Rio que deságua na cidade de Campos. Passando longe do centro, realmente muito mais importante, que é o Rio de Janeiro. Então ali existe uma dificuldade grande.

Apesar dos desafios da conexão entre Médio e Alto-Tietê, o PNV - Plano Nacional de Viação (Lei 5.917/73) e o PNVNI - Plano Nacional de Vias Navegáveis Interiores (PL 1.176/95), ambos elaborados pelo Ministério dos Transportes, consideram o Rio Tietê por inteiro, com cerca de 1.000 km, navegáveis e potencialmente navegáveis, desde a sua foz no Rio Paraná até Mogi das Cruzes, já próximo à sua nascente, incluindo a Região Metropolitana de São Paulo (CBH-AT, 2009).

Os planos atuais de expansão da hidrovia Tietê-Paraná, seguindo as diretrizes em desenvolvimento pelo Departamento Hidroviário (DH), são de ampliação da navegação em 55 km pelo rio Piracicaba até o distrito de Artemis, através da construção de uma nova barragem

---

[18] Entrevista realizada por Alexandre Delijaicov com o eng. Joaquim Riva, então Diretor de Hidrovias e Desenvolvimento Regional, em julho de 1997.

com eclusa em Santa Maria da Serra[19], e de extensão de 200 km pelo rio Tietê, entre a barragem de Barra Bonita e Salto, através da construção de quatro novas barragens com eclusas. Em Salto está previsto um porto de transbordo junto à Variante Boa Vista-Guaianã, ferrovia de bitola mista que permite a conexão direta com o porto de Santos para o escoamento da carga, encurtando em cerca de 300 km o percurso ferroviário feito atualmente a partir de Pederneiras (fig. 121). Segundo o eng. Augusto Olavo Leite (2017)[20], desde o estudo de 1975 da CONSULTEC não se fala mais sobre a ligação entre médio e alto Tietê, sendo tal ligação considerada atualmente inviável principalmente em razão das dificuldades ambientais envolvidas na sua realização (informação verbal).

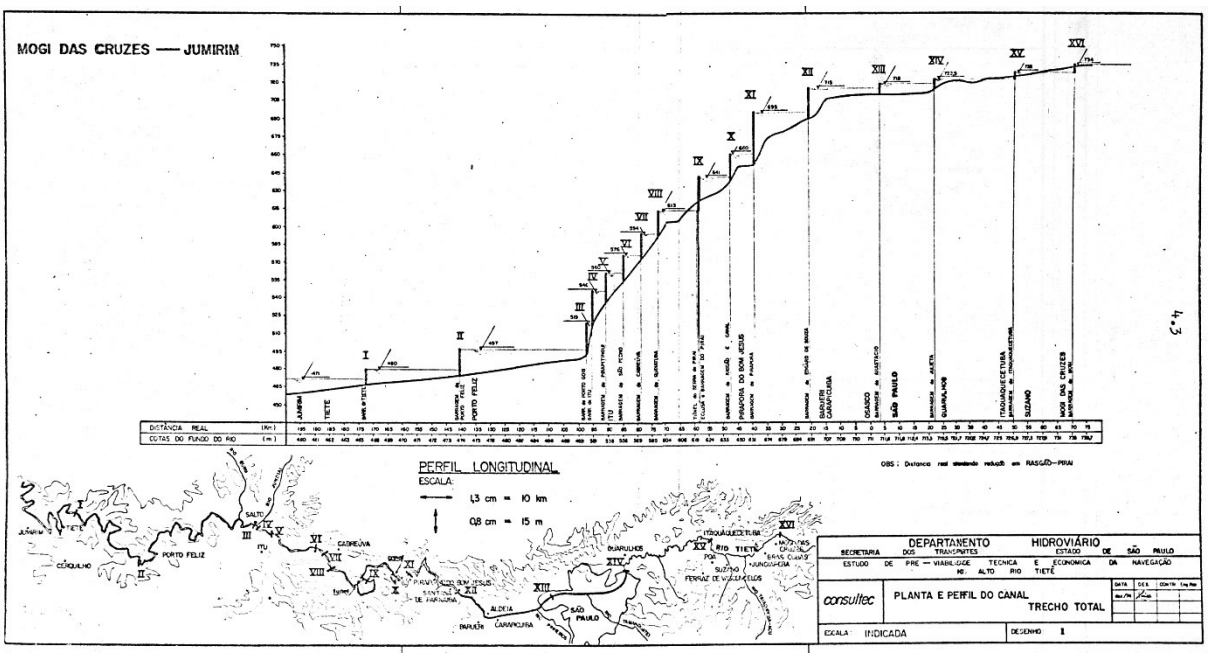


Fig. 119: Planta e perfil do canal entre Jumirim e Mogi das Cruzes. No trecho mais íngreme, entre Salto (barragem III) e a barragem de Edgard de Souza (XII), é necessário vencer um desnível de 200 metros em apenas 80 km. Fonte: CONSULTEC (1975).

[19] Em março de 2017 o Departamento Hidroviário (DH), da Secretaria de Logística e Transportes de São Paulo, pediu a suspensão por tempo indeterminado do processo de licenciamento ambiental da barragem da Hidrovia Tietê-Paraná em Santa Maria da Serra (SP), alegando falta de recursos financeiros. Houve grande movimento social contra a construção da barragem pois a mesma alagaria a região de Tanquã, localizada no remanso da represa de Barra Bonita, considerada um 'mini-pantanal' (fonte: < http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2017/03/estado-suspende-barragem-que-pode-extinguir-mini-pantanal-em-sp.html>. Acesso em 01/10/2017). Vale ressaltar, porém, que este 'mini-pantanal' foi criado pela construção da barragem de Barra Bonita, dentro de um planejamento de longo prazo que já previa a construção de outras barragens a montante.

[20] Informação fornecida pelo eng. Augusto Olavo Leite, do Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo, durante encontro com pesquisadores do Grupo Metrópole Fluvial na FAU USP, em outubro de 2017.

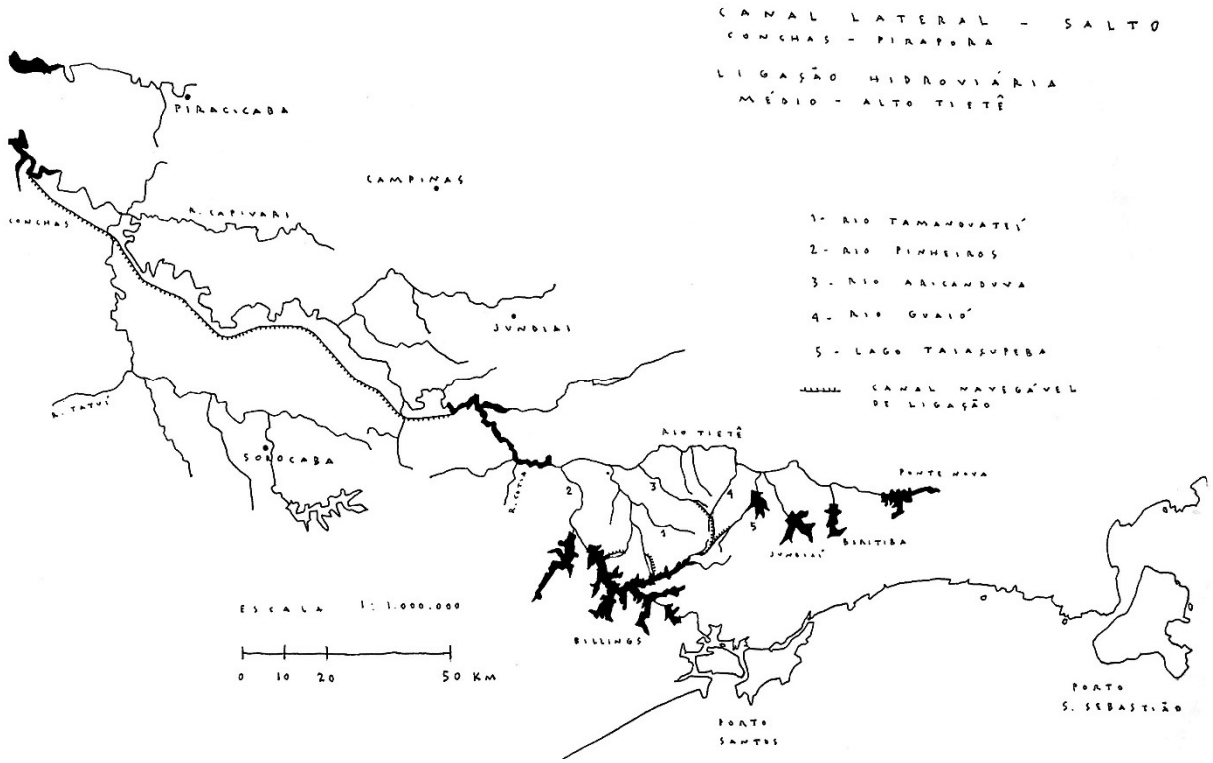


Fig. 120: Ligação hidroviária entre Médio e Alto-Tietê através do canal lateral Conchas – Pirapora. Fonte: DELIJAICOV (1998).

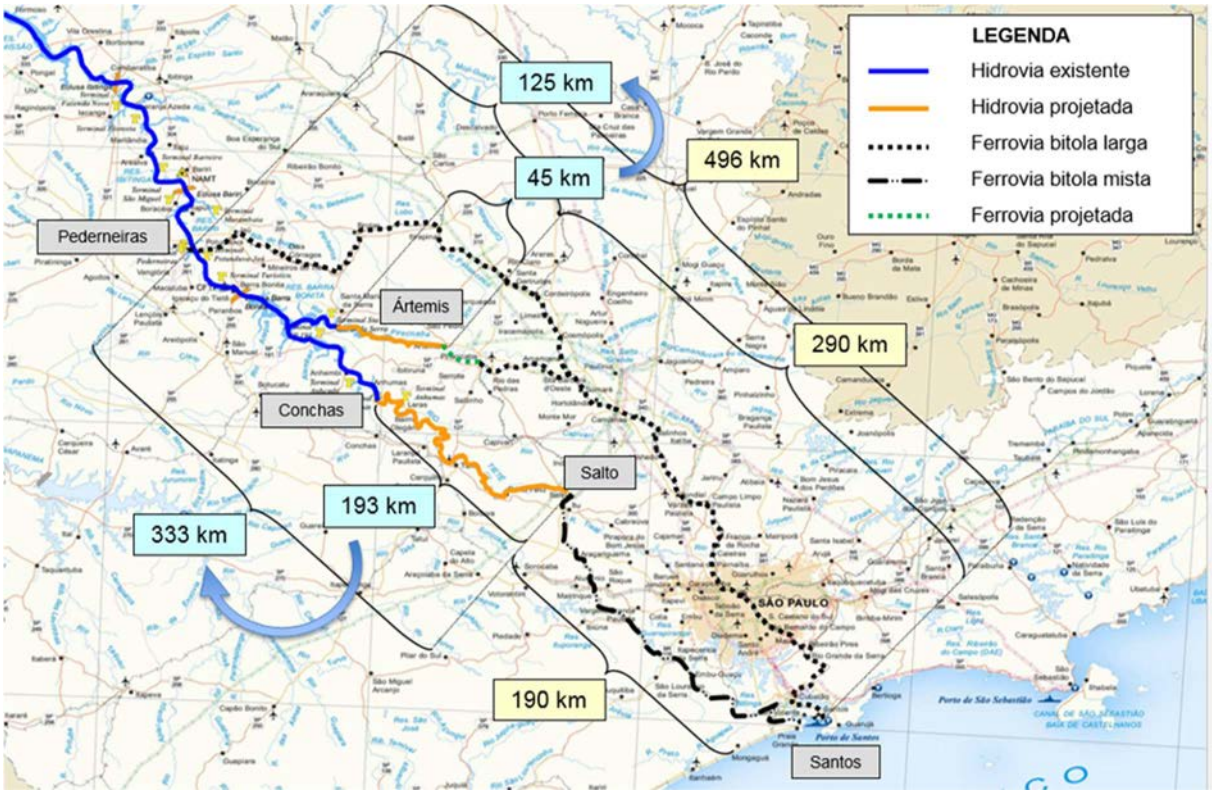


Fig. 121: Projetos de extensão da hidrovia Tietê-Paraná e comparativo entre distâncias hidroviárias e ferroviárias para conexão ao porto de Santos. Fonte: Departamento Hidroviário, extraído de apresentação de PowerPoint do eng. Augusto Olavo Leite, de outubro de 2017, intitulada 'A Atividade Hidroviária no Estado de São Paulo'.

A análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental de conexão entre Médio e Alto-Tietê é importante para a definição das dimensões dos canais e eclusas do trecho metropolitano do Tietê, pois influencia na escolha do tipo de embarcação que poderá navegar nos rios da cidade. Como veremos a seguir, diversos projetos consideram a possibilidade desta conexão e defendem que as dimensões das eclusas e canais do Alto Tietê permitam o tráfego do 'comboio tipo Tietê', que é um comboio de empurra composto por duas chatas em linha e empurrador, com comprimento total de 138,5 m, boca de 11 m, calado de 2,70 m e pé de piloto de 0,30 m[21] (DH, 2012). Outros projetos consideram que a conexão entre Médio e Alto-Tietê poderia vir a existir, mas não faria sentido o tráfego de 'comboios tipo Tietê' dentro do ambiente urbano, uma vez que as cargas dessas embarcações, em sua maioria soja, têm como destino portos marítimos. Defendem assim o uso de barcos, eclusas e canais de menores dimensões.

1.3.5. Projetos de navegação a partir da década de 1950

Após a conclusão das obras de retificação do rio Tietê no fim da década de 1940 entre Guarulhos e Osasco, pela Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê (CMRT), diversos projetos para melhorias ou aprofundamento da calha do rio foram necessários nas décadas seguintes, devido à rápida evolução da área urbanizada que obrigou a sucessivas reavaliações das vazões de projeto no trecho urbano do Tietê. Muitos destes projetos levavam em consideração a possibilidade de navegação, principalmente após a promulgação do Plano Nacional de Viação, de 1973, que tornava obrigatória a previsão de navegação comercial nos projetos para o Tietê em toda sua extensão.

O 'Plano HIBRACE', encomendado pelo DAEE na década de 1960, serviu de base para a construção de cinco represas nas cabeceiras do Tietê, muitas das quais já previstas nos estudos de 1925 de Saturnino de Brito, que trouxeram significativas contribuições para o abastecimento de água da metrópole e para o controle de vazões (vide subcapítulo 2.1). As represas, ao reterem as águas das cheias liberando-as paulatinamente, trazem benefícios à navegação, uma vez que propiciam menor variação dos níveis d'água. O plano, entretanto, propunha a retificação do rio Tietê desde a barragem de Ponte Nova, próximo à sua nascente, com larguras crescentes que iam

[21] Boca: largura da embarcação. Calado: distância vertical do fundo da embarcação (quilha) até a linha d'água. Pé-de-piloto: distância vertical mínima necessária do fundo da embarcação (quilha) até o leito do rio, canal ou reservatório (DH, 2012).

de 3 m no trecho inicial, chegando a 40 m na foz do rio Cabuçu de Cima e 70 m na barragem de Edgard de Souza, dimensões essas que dificultariam a navegação a montante da capital (INTERNAVE, 1984). Apesar de ser um dos mais completos estudos sobre aproveitamento de recursos hídricos já produzidos para a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, o convênio propunha a ocupação urbana das áreas de várzea a montante da barragem da Penha nos mesmos moldes da área já retificada a jusante da barragem, ignorando o importante papel das várzeas para o amortecimento das cheias do Tietê. Também não dava ênfase à possibilidade de navegação no Tietê, limitando-se a projetar a retificação do rio com raios de curvatura de no mínimo 1.000 m, prevendo uma possível futura adaptação do canal ao tráfego de embarcações (HIBRACE, 1968, vol. IV, p. G.II.4.9).

Por sua vez, o 'Plano Urbanístico Básico' (PUB), realizado pela Prefeitura do Município de São Paulo em 1965, considerou que as obras realizadas pela CMRT deram ao canal excelentes condições de navegabilidade. Segundo o plano, as pontes construídas até a década de 1970 sobre o rio Tietê não representavam interferências à navegação, possuindo seções amplas, quase todas com vão único de 65m, e altura livre de 6m entre a face inferior das vigas e o nível máximo da água[22]. Para os rios Tamanduateí e Pinheiros, bem como para as represas da Light, o PUB considerou que o sistema hidroviário só teria interesse para fins recreativos e esportivos (SÃO PAULO, 1969). Os demais projetos que visaram a melhoria das condições de navegação do trecho urbano do rio Tietê são brevemente descritos nas páginas seguintes.

- 1976 - PROMON: 'Retificação e Melhoramento do rio Tietê – Trecho Guarulhos – Mogi das Cruzes'

Em 1976 a empresa PROMON Engenharia[23] elaborou um parecer técnico intitulado 'Retificação e Melhoramento do rio Tietê – Trecho Guarulhos – Mogi das Cruzes', no qual analisava o

---

[22] Os relatórios elaborados pelo Grupo Metrópole Fluvial (GMF, 2011) apresentam uma relação atualizada das interferências que podem vir a ser um obstáculo para a navegação.

[23] A empresa PROMON foi fundada em 1960, a partir da aliança entre a norte-americana Procon e a brasileira Montreal Montagem e Representação Industrial. Juntas elas haviam vencido uma concorrência internacional para desenvolver o projeto de quatro novas unidades na Refinaria Presidente Bernardes, da Petrobras. Entre 1966 e 1970 a Procon e a Montreal vendem seu capital para um grupo de profissionais da empresa, que convidam os demais funcionários a tornarem-se também acionistas, num modelo de propriedade que prevalece até hoje. Participaram dos projetos para as usinas hidrelétricas de Itaipu e Marimbondo, das usinas nucleares de Angra dos Reis, de sistemas de telecomunicações, dos metrôs de São Paulo e do Rio de Janeiro e das obras de canalização do rio Tamanduateí (fonte: <http://www.promon.com.br>).

projeto de retificação a montante da foz do rio Cabuçu de Cima, elaborado pelo DAEE, com vistas a permitir a implantação do Parque Ecológico e a utilização do canal para navegação. O trecho até Mogi das Cruzes teria 85 km de extensão com uma declividade média de 13,5 cm/km. Para possibilitar a navegabilidade no trecho, foram previstas as seguintes dimensões do canal: largura mínima do canal na base de 45 m; profundidade mínima de 3 m; raio de curvatura mínimo de 1.000 m; raio de curvatura mínimo em locais especiais de 500 m; altura livre mínima sobre interferências de 6 m; eclusas padrão Tietê-Paraná com 142 por 12 m livres e 3,5 m de profundidade mínima, possibilitando o tráfego de comboios com 11 m de boca e 120 m de comprimento. No estudo também foi prevista a utilização dos lagos do Parque Ecológico por barcos de recreio, existindo, para tanto, canais de ligação com largura mínima de 10 m, profundidade mínima de 1,8 m e raio de curvatura mínimo de 100 m. As embarcações de recreio teriam tamanho máximo de 9 por 2 m, calado de 1,3 m e altura de 2,5 m, passando por eclusas com 2,5 por 12 m livres e profundidade mínima de 2 m (INTERNAVE, 1984, p. 26).

'Retificação e Melhoramento do rio Tietê – Trecho Guarulhos – Mogi das Cruzes'		
	Navegação comercial	**Navegação recreio**
Trecho navegável	Rio Tietê - Mogi das Cruzes à Guarulhos	Lagos do Parque Ecológico
Extensão do trecho navegável	85 km	-
Largura mínima do canal na base	45,0 m	10,0 m
Profundidade mínima do canal	3,0 m	1,8 m
Raio de curvatura mínimo normal	1.000,0 m	100,0 m
Raio de curvatura mínimo em locais especiais	500,0 m	-
Vão livre mín. sob interferências	6,0 m	3,0 m
Comprimento útil das eclusas	142,0 m	12,0 m
Largura livre das eclusas	12,0 m	2,5 m
Profundidade mínima da eclusa	3,5 m	2,0 m
Embarcações-tipo	Comboio tipo Tietê	Lanchas de recreio
Embarcações-tipo: comprimento X boca; calado máx., altura máx.	120 por 11 m	9 por 2 m; calado máx. 1,3 m; altura máx. 2,5 m

Tabela 01: Características das vias navegáveis e embarcações do estudo 'Retificação e Melhoramento do rio Tietê – Trecho Guarulhos – Mogi das Cruzes', realizado em 1976 pela PROMON. Fonte: INTERNAVE (1984).

- 1978 - PROMON: 'Retificação e Outras Melhorias do Rio Tietê'

Em 1978 a PROMON prosseguiu seus estudos, contratada pelo convênio entre DAEE e CETESB, apresentando o relatório 'Retificação e Outras Melhorias do Rio Tietê', bastante extenso, contendo o projeto executivo de todas as barragens, eclusas e trechos a serem retificados para permitir a navegabilidade entre as barragens de Edgard de Souza e da Ponte Nova (INTERNAVE, 1984, p. 28). O relatório ressalta que, ao se controlar um rio, as obras de melhoria devem atender não somente aos regimes de cheias, mas também aos regimes de baixas vazões, o que exigiria obras de barramento capazes de manter os níveis mínimos para viabilizar a navegação fluvial também no período de estiagem. Desta forma, o relatório propõe para o Alto Tietê cinco novos barramentos, que junto com as cinco barragens de cabeceira, propostas pelo 'Plano HIBRACE', e as duas barragens da Light (Edgard de Souza e Pirapora), propiciariam o aproveitamento do rio para múltiplas utilidades (PROMON, 1978b) (fig. 122).

As cinco novas barragens propostas, todas com eclusas, seriam localizadas ao longo do Tietê a montante da foz do rio Tamanduateí, sendo elas: Vila Guilherme, Penha, São Miguel, Itaquaquecetuba e Brás Cubas. Dentro da ordem cronológica de prioridades, a barragem da Penha, inicialmente denominada barragem de Guarulhos, seria prioritária devido ao início das obras do Parque Ecológico do Tietê e consequente necessidade de regularização das vazões deste trecho do rio (PROMON, 1978a). Tal barragem já havia sido prevista nos estudos da CMRT, por Saturnino de Brito em 1925 e por Ulhôa Cintra e Lysandro Silva em 1940, e teria um importante papel na macrodrenagem de São Paulo, amortecendo as cheias do Tietê a montante do trecho urbanizado.

A barragem da Penha foi a única entre as cinco que foi construída, tendo suas obras concluídas em 1983. Trata-se de uma infraestrutura de concreto armado, fundada na rocha, perfazendo uma largura total de 82 m, constituída por uma soleira vertedouro com 64 m de largura e por pilares que a subdividem em 6 vãos de 10 m de largura e 1 vão de 4 m. O menor dos vãos do maciço, de 4 m de largura, funciona como vertedor livre com soleira na cota 722 m, tendo sido concebido para o escoamento das vazões mínimas de estiagem. Os 6 vãos restantes, com 10 m de largura cada, estão equipados com comportas tipo 'Clapet', que podem operar nas posições de totalmente fechadas (levantadas), ou totalmente abertas (abaixadas). Neste último caso, as comportas encaixam-se no maciço de concreto fazendo com que o escoamento se processe sobre

uma soleira com perfil tipo 'Creager', na cota 721,00 m. A cota da borda superior com as comportas levantadas é de 722,80 (op. cit.) (figs. 123 a 126).

Ao lado da barragem da Penha foi projetada uma eclusa que permitiria a navegação do 'comboio tipo Tietê', possuindo uma câmara com comprimento útil de 142 m, largura interna de 12 m e profundidade mínima de 3,5 m. A construção da eclusa, entretanto, foi preterida, tendo sido prevista uma eclusa de serviço, provisória, operada por meio de 'stop-logs', elementos horizontais metálicos manobrados por guindastes fixos motorizados, que fariam as vezes das portas. Tal eclusa de serviço formaria um recinto com 164 m de comprimento entre 'stop-logs', com a largura delimitada de um lado por um muro que faz divisa com a barragem móvel e do outro pelo terreno natural cortado em talude. Futuramente, a eclusa definitiva poderia ser construída internamente a este recinto, sem necessidade de novas ensecadeiras (PROMON, 1978a). As obras da eclusa de serviço foram iniciadas, porém não foram concluídas, tendo sido construídos somente os nichos em concreto que abrigariam os 'stop-logs'. Tais 'stop-logs' chegaram a ser produzidos e entregues, estando até hoje sem utilização no terreno ao lado da barragem.

O estudo da PROMON também verificou que o remanso da barragem de Edgard de Souza garantiria alturas mínimas para navegação nas estiagens até as proximidades da foz do Tamanduateí. Desta forma, com o objetivo de garantir a profundidade mínima para navegação até a barragem da Penha, foi prevista a construção de uma barragem móvel e eclusa, com queda máxima de 3,7 m, na altura da ponte de Vila Guilherme, 3,5 km a montante da foz do Tamanduateí (figs. 127 a 129). Tal barragem seria construída em substituição à barragem prevista nos estudos da CMRT para ser instalada sob a ponte do Limão, uma vez que se julgou inconveniente a instalação de um barramento a jusante da foz do Tamanduateí, devido às características das ondas de cheia deste rio. Já a eclusa seguiria o padrão previsto para a eclusa da Penha, possuindo 142 m de comprimento por 12 m de largura (PROMON, 1978b).

Para além das barragens e eclusas, era prevista a retificação do rio Tietê a montante da barragem da Penha, seguindo os preceitos do Plano HIBRACE de 1968, tendo sido executado somente um trecho de 12 km até São Miguel Paulista. O restante da retificação foi interrompido por falta de verbas. Vale ressaltar que atualmente o PDMAT - Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - considera desaconselhável a retificação do trecho a montante da Penha para que seja preservada a capacidade de retenção das águas pelas áreas de várzea existentes (FAT, 2004, p. 13).

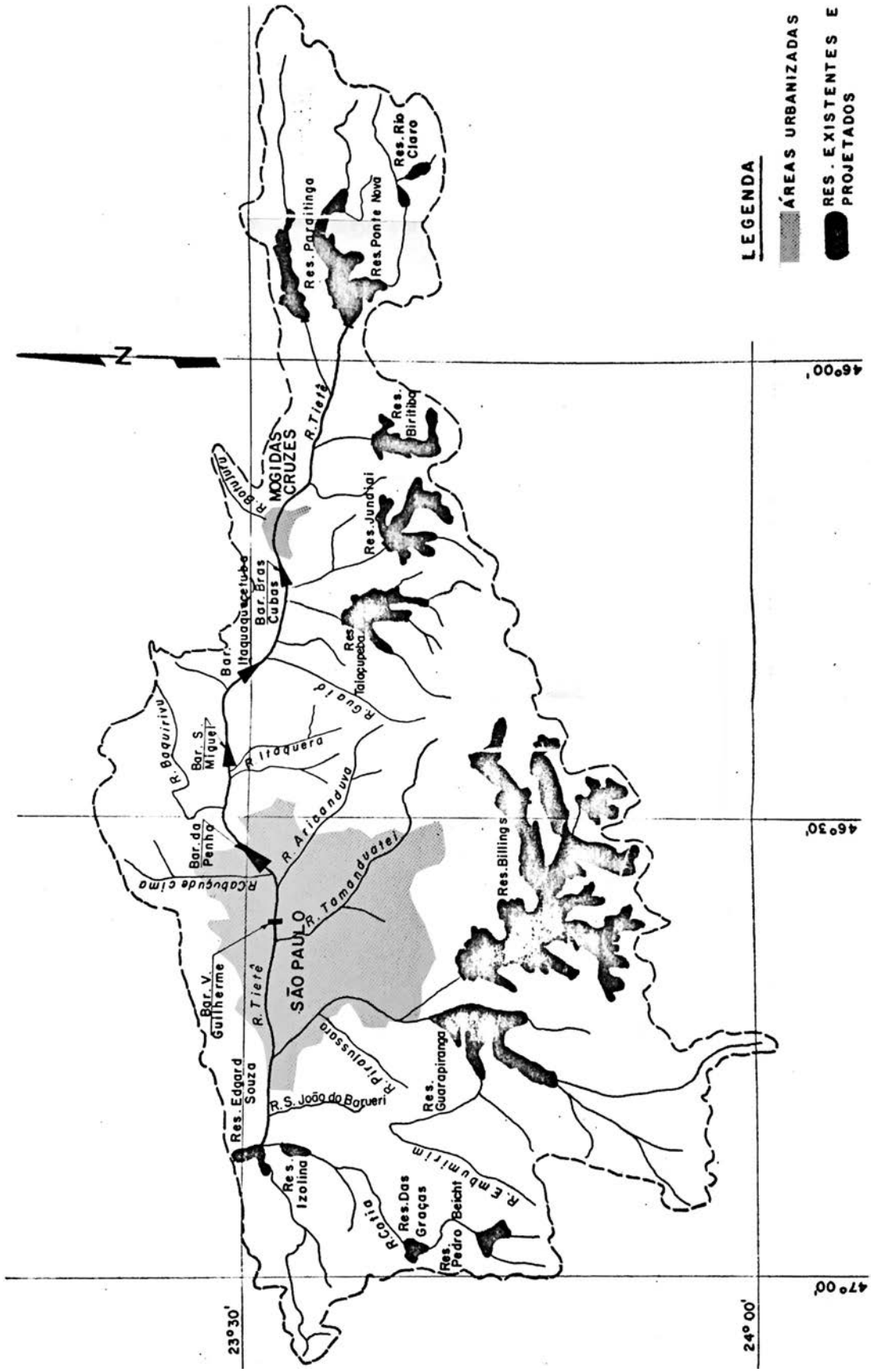


Fig. 122: Proposta de cinco novas barragens, todas com eclusas, ao longo do Tietê. Fonte: PROMON (1978b).

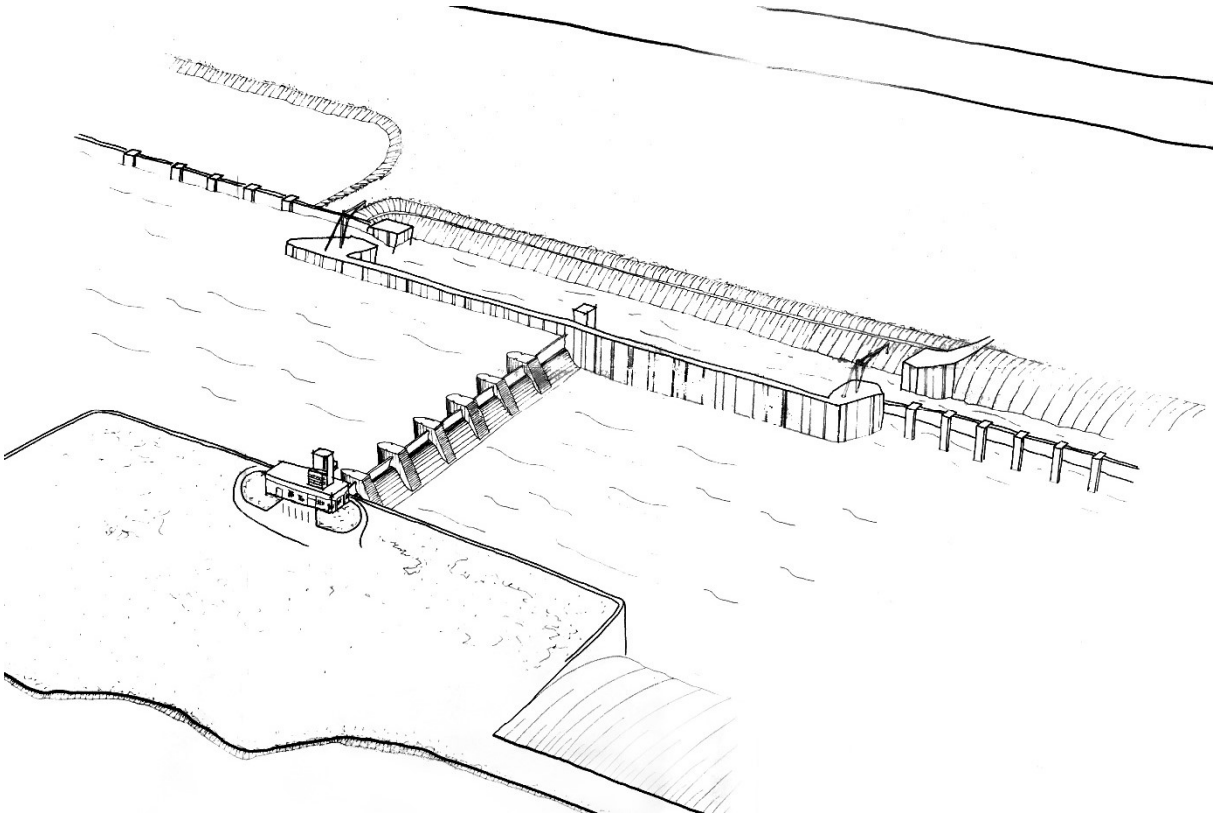


Fig. 123: Croqui do projeto da barragem e eclusa de serviço da Penha. Fonte: ICOPLAN (1981).

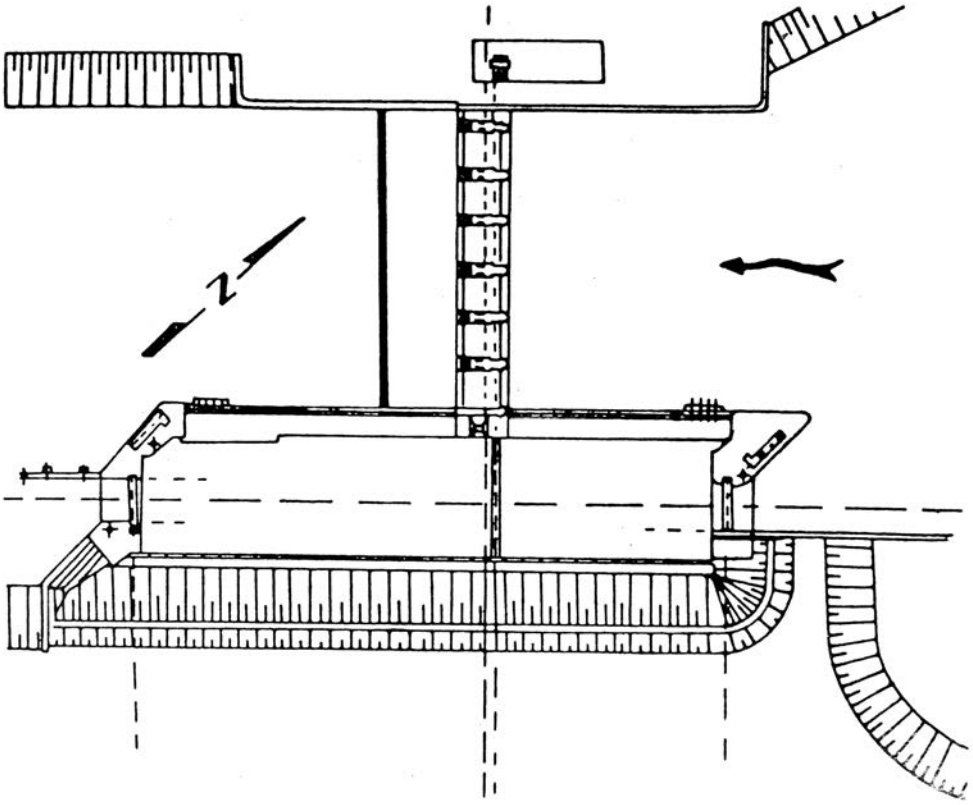


Fig. 124: Planta do projeto da barragem e eclusa de serviço da Penha. Fonte: ICOPLAN (1981).

Fig. 125: Barragem da Penha. Comporta aberta (abaixada) à esquerda, e comporta fechada (levantada) à direita. Fonte: foto do autor, outubro de 2017.

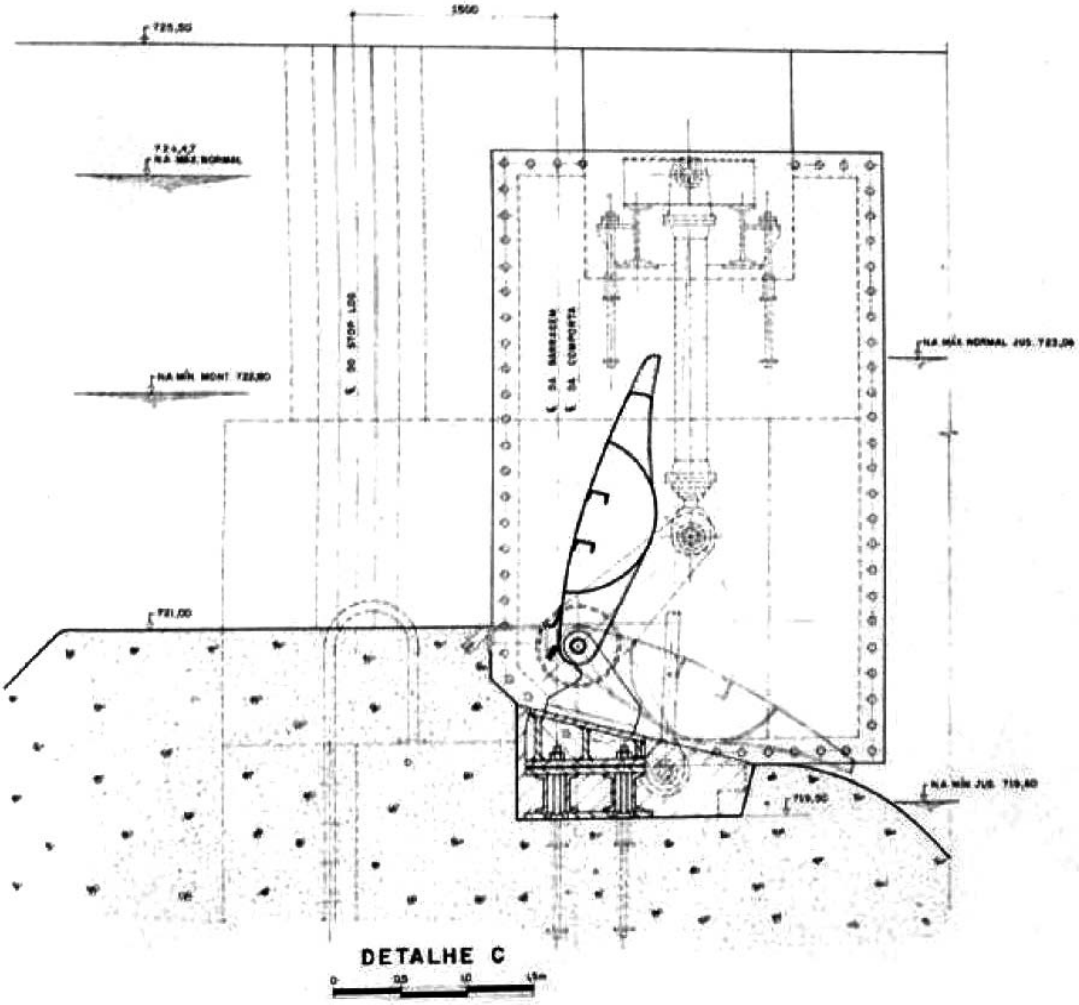


Fig. 126: Barragem da Penha. Detalhe da comporta tipo 'Clapet'. Fonte: Plano SANESP – Cadastro de Obras Hidráulicas – 'Data Hidro'. Disponível na biblioteca da CETESB (In: RIBEIRO, 2014).

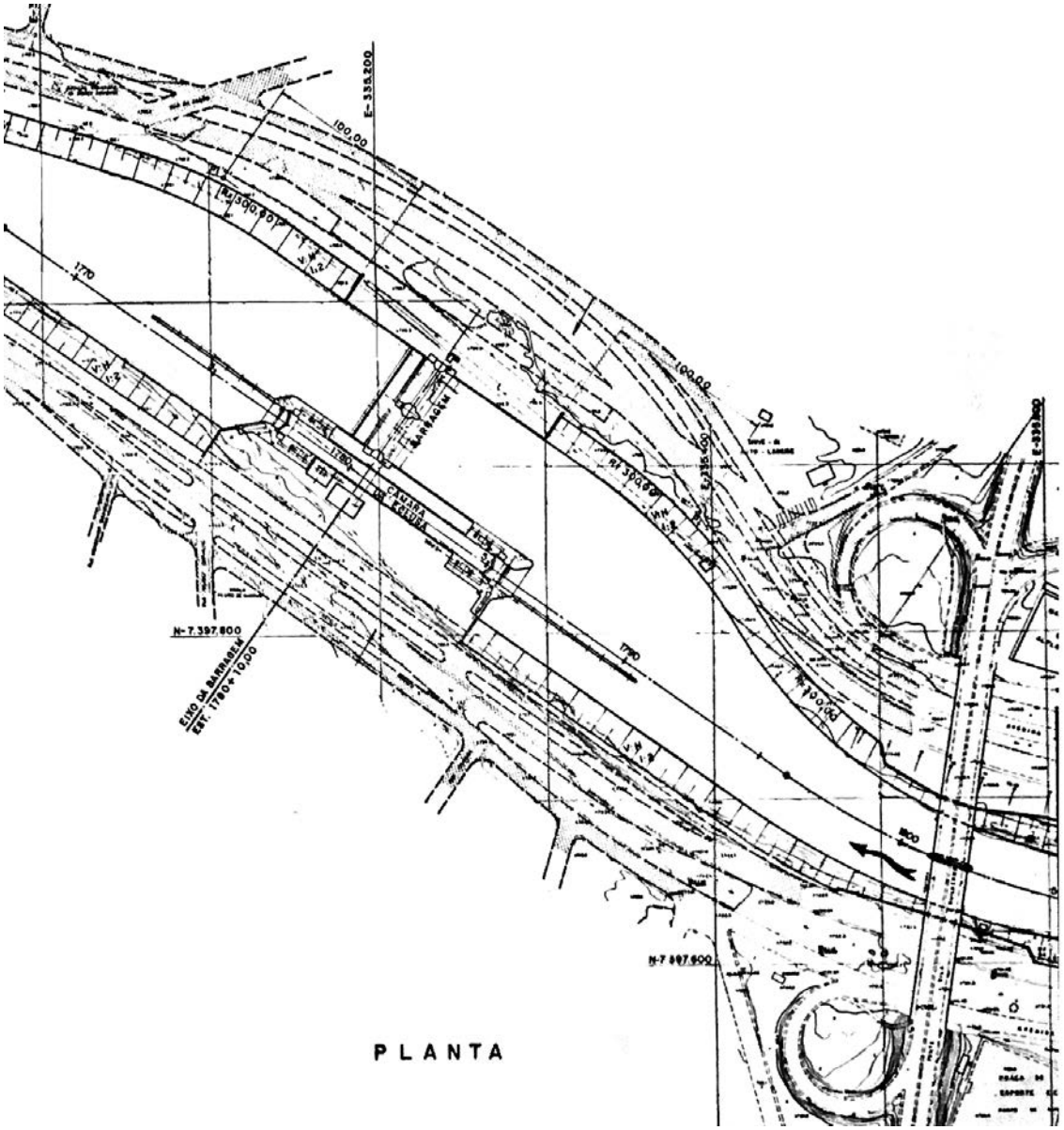


Fig. 127: Implantação da barragem e eclusa de Vila Guilherme próximo à ponte de mesmo nome. Notar alargamento do canal para implantação da estrutura. Fonte: PROMON (1978c)

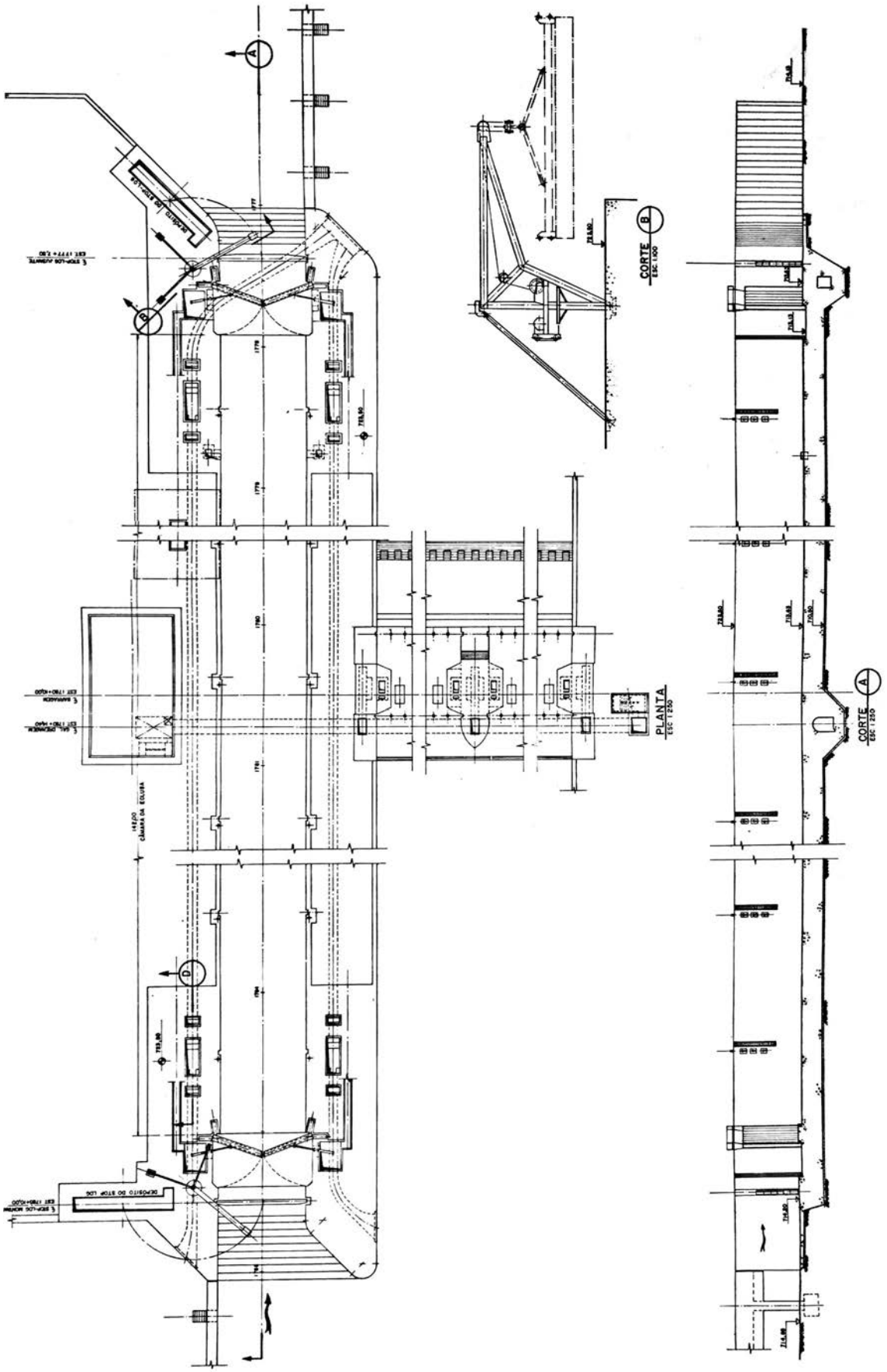


Fig. 128: Planta e corte longitudinal da eclusa da barragem de Vila Guilherme. Notar sistema de 'stop logs' similar ao construído para a eclusa de serviço da barragem da Penha. Fonte: PROMON (1978c)

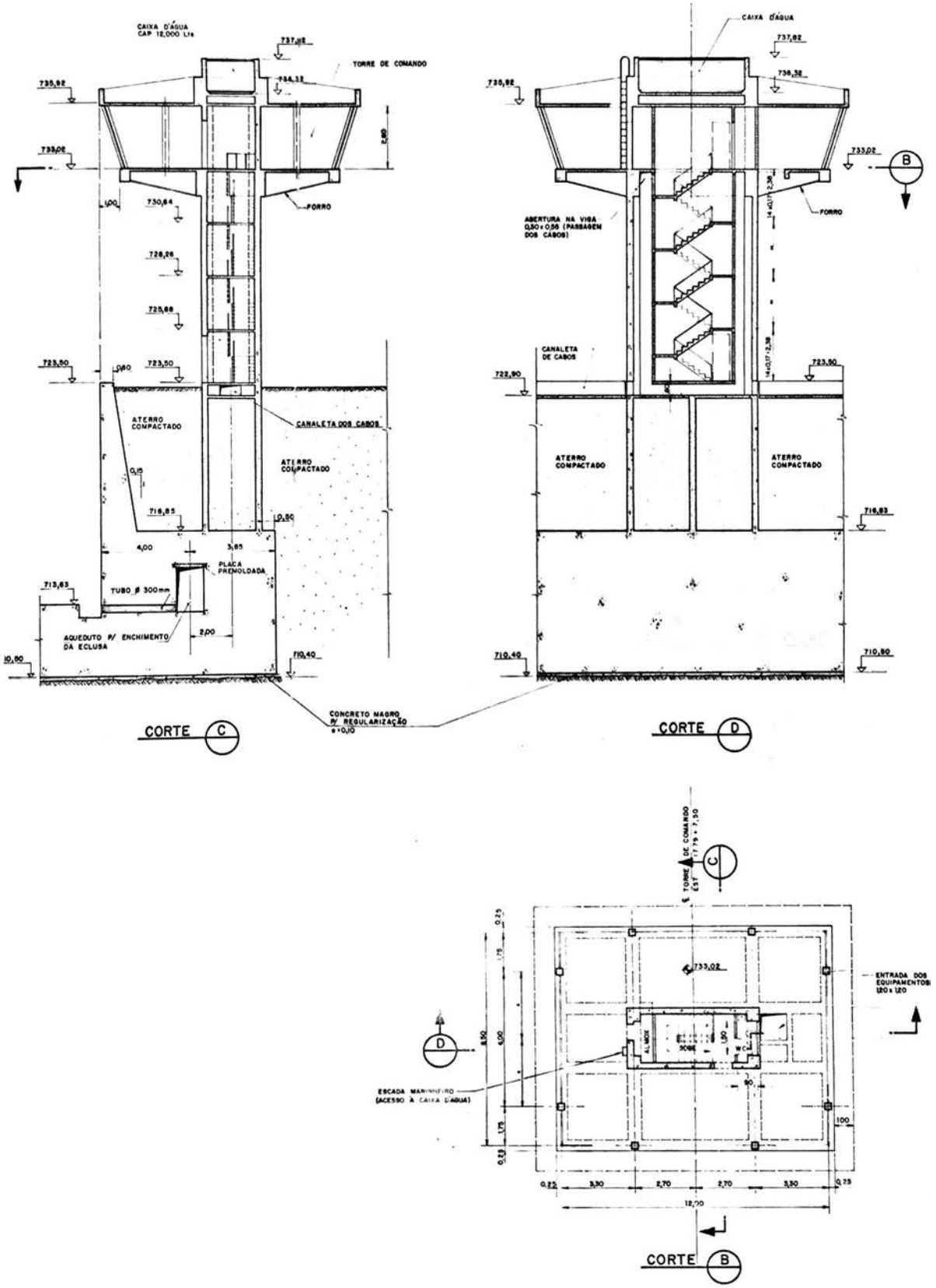


Fig. 129: Cortes da torre de comando da eclusa da barragem de Vila Guilherme. Fonte: PROMON (1978c)

- 1978 - IPT/CESP: 'Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo' / 'Anel Hidroviário de São Paulo'

Concomitantemente aos estudos realizados pela PROMON foram realizados trabalhos que analisaram a viabilidade do transporte por via fluvial de resíduos sólidos domiciliares e industriais, bem como de alguns produtos de interesse comercial. Em 1978, o IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em parceria com a CESP – Companhia Energética de São Paulo, apresentou um estudo, intitulado 'Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo', que objetivou o transporte de lixo por via fluvial a partir de 4 terminais que seriam instalados ao longo do rio Tietê, desde Guarulhos até o início da rodovia Castelo Branco, e do rio Pinheiros, tendo como destino uma usina que seria instalada próxima a barragem de Pedreira. Tal usina possibilitaria a geração de energia através da queima de 5 mil toneladas diárias de resíduos do município previstas para 1985. O resíduo sólido seria transportado a granel e uma ligeira compactação seria desejável. O transporte seria realizado por 6 comboios com capacidade de até 450 ton., compostos por um empurrador e duas chatas, cada uma delas com aproximadamente 29 m de comprimento por 7 m de boca[24], podendo passar, com desmembramento, pela eclusa da usina de Traição. Eram previstos melhoramentos na hidrovia, como proteção de pilares de pontes, desassoreamento de alguns trechos, aparelhamento da eclusa de Traição e desativação ou colocação de muros-guias na estrutura de Retiro (INTERNAVE, 1984, p. 34).

No mesmo ano foi desenvolvido pelo IPT um estudo mais amplo, intitulado 'Anel Hidroviário de São Paulo', coordenado pelos engenheiros Joaquim Riva e Arnaldo Giraldo. Neste estudo foram analisadas as potencialidades de transporte hidroviário em torno de São Paulo, através dos rios Tietê, desde a barragem de Edgard de Souza até Mogi das Cruzes, do rio Pinheiros, e das represas Guarapiranga, Billings e Taiaçupeba, além da ligação entre essas duas últimas represas, conformando um complexo hidroviário com uma extensão de cerca de 210 km, seguindo os preceitos estabelecidos em 1967 no estudo do Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN (vide sub-sub-capítulo 1.3.4). O estudo do IPT também considerava a possibilidade de navegação pelo rio Tamanduateí com vistas à conexão hidroviária com as cidades do ABC, importantes polos industriais (fig. 130). As principais cargas a serem transportadas seriam lixo, areia, brita, cimento, e hortifrutigranjeiros, produtos estes cujos polos

[24] Em INTERNAVE (1984) fala-se em chatas com 30 por 7 m, que passariam pela eclusa da usina de Traição. Como a câmara de tal eclusa possui 29 m úteis, supõe-se que os autores foram imprecisos ao descrever a dimensão da chata.

de utilização encontram-se na zona de influência dos rios. O tráfego destas cargas pelo modal hidroviário possibilitaria desafogar o intenso tráfego rodoviário que já existia na cidade e reduzir o consumo de combustível por unidade de carga transportada (GIRALDO; RIVA, 1978).

O 'Anel Hidroviário' comportaria a utilização de embarcações auto propelidas e comboios de empurra, sendo o comboio adequado às cargas de grande demanda, com duas ou três chatas em linha movidas por empurrador, e os automotores com utilidade para cargas de baixa demanda, como no caso dos produtos hortifrutigranjeiros. As embarcações foram dimensionadas a partir dos fatores físicos condicionantes da hidrovia, sendo o mais limitante a eclusa de Traição, no rio Pinheiros. Para permitir a passagem por esta eclusa, foi adotado para as embarcações um módulo de 25 x 6,5 m, deixando folga de operação de 5 m de comprimento e 0,9 m de largura. Com essas dimensões, as chatas teriam capacidade entre 200 e 220 t, com calado máximo de 1,5 m, de forma que o comboio com 3 chatas transportaria até 620 t à uma velocidade de cerca de 10 km/h. Já o automotor teria capacidade de carga de 155 t e potência instalada de 2 x 36 BHP, com velocidade máxima de 11 km/h (op. cit.) (figs. 131 a 134).

Os terminais fluviais seriam simples e de baixo custo, com a utilização de dolfins para atracagem, que são estacas igualmente espaçadas e distribuídas ao longo da margem do rio, o que reduziria os investimentos em obras civis. Também seriam especializados para cada carga, solução apontada como a mais difundida em outros sistemas hidroviários uma vez que o transporte fluvial é geralmente explorado por particulares. No caso das cargas gerais, que incluem os produtos hortifrutigranjeiros, o transporte seria feito em engradados ou fardos, existindo no terminal de embarque-desembarque braços hidráulicos para um maior rendimento no processo. Já no caso do lixo, que seria uma das principais cargas, foi apontado o problema relativo ao seu pequeno peso específico, de 280 kg/m³, e à possível poluição causada pelo derrame de lixo nos rios. Uma das alternativas apontadas para seu transporte, utilizada no rio Tâmisa, em Londres, consiste na trituração do lixo no terminal de embarque, aumentando seu peso específico para 500 kg/m³, e sua estocagem em silos, a partir dos quais ele é conduzido por correias transportadoras até as chatas, sendo sua descarga realizada por sugadores (fig. 135). Outra possibilidade seria a utilização de contêineres equipados com mecanismos para sua compactação (op. cit.).

Ao comparar, como exemplo, o transporte de 1.000.000 t por ano de areia da região de Itaquaquecetuba para São Paulo nos modais rodoviário e hidroviário, o estudo conclui que o custo do transporte rodoviário é 2,76 vezes maior do que o transporte hidroviário, sendo o

consumo de combustível 4 vezes maior. Desta forma, o anel hidroviário é visto não apenas como uma opção a ser explorada, mas como uma exigência da própria expansão econômica de São Paulo (op. cit.).

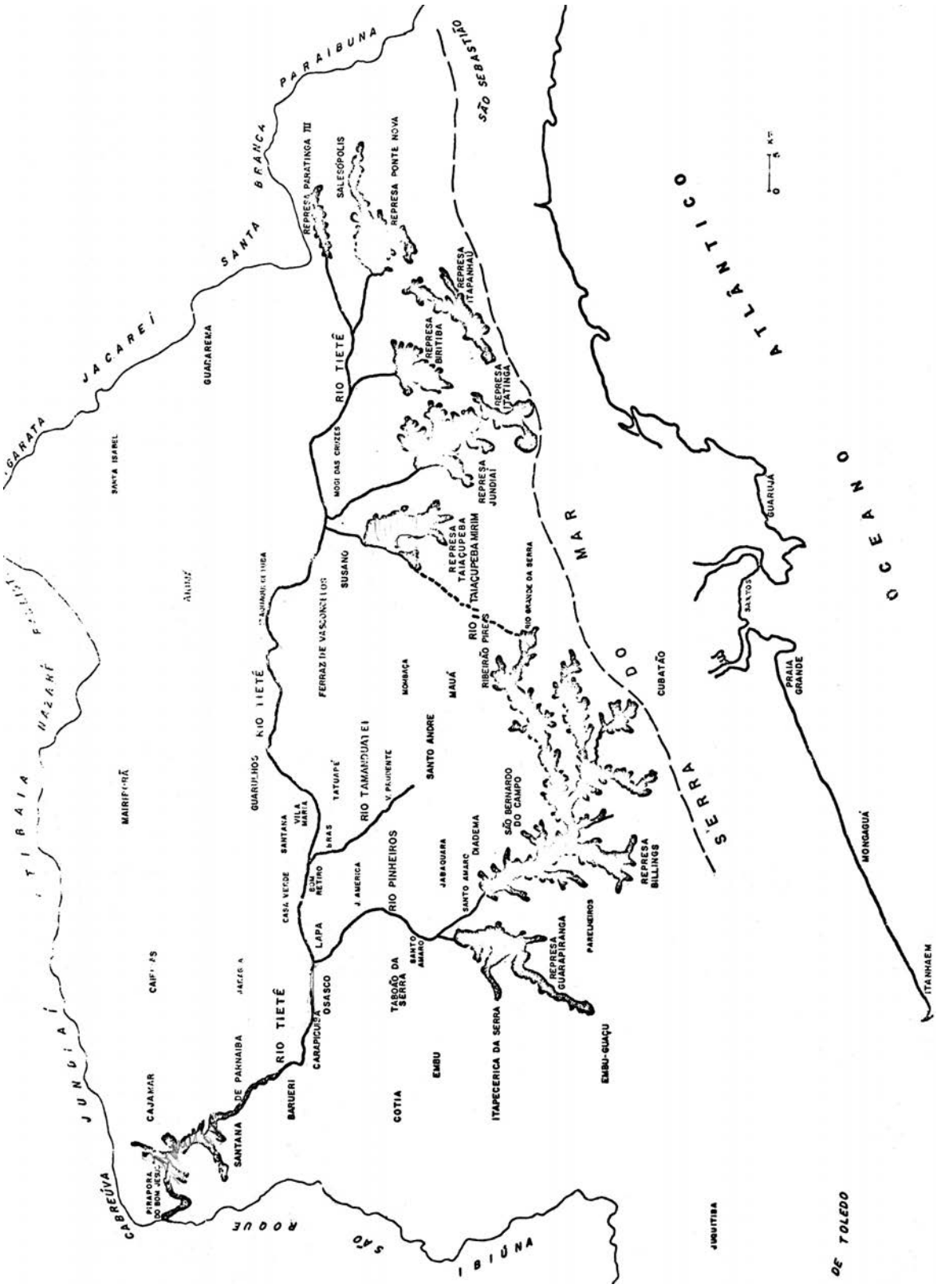


Fig. 130: 'Anel Hidroviário de São Paulo'. Fonte: Giraldo e Riva (1978).

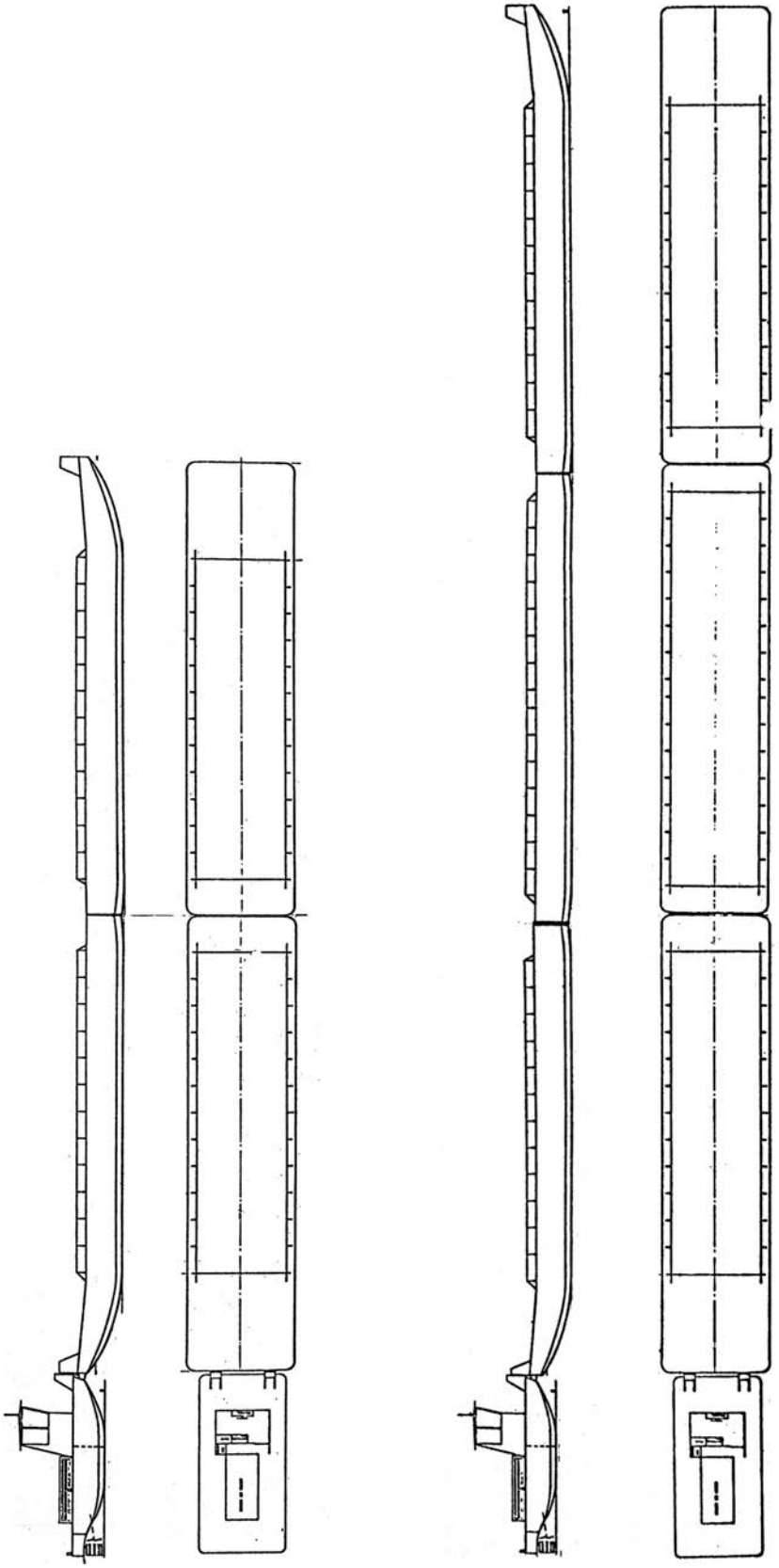


Fig. 131: Comboios de empurra com 2 chatas em linha e capacidade de carga de 400 t (comprimento total de 58 m e boca de 6 m) e com 3 chatas em linha e capacidade de carga de 620 t (comprimento total de 83 m e boca de 6 m). Fonte: Giraldo e Riva (1978).

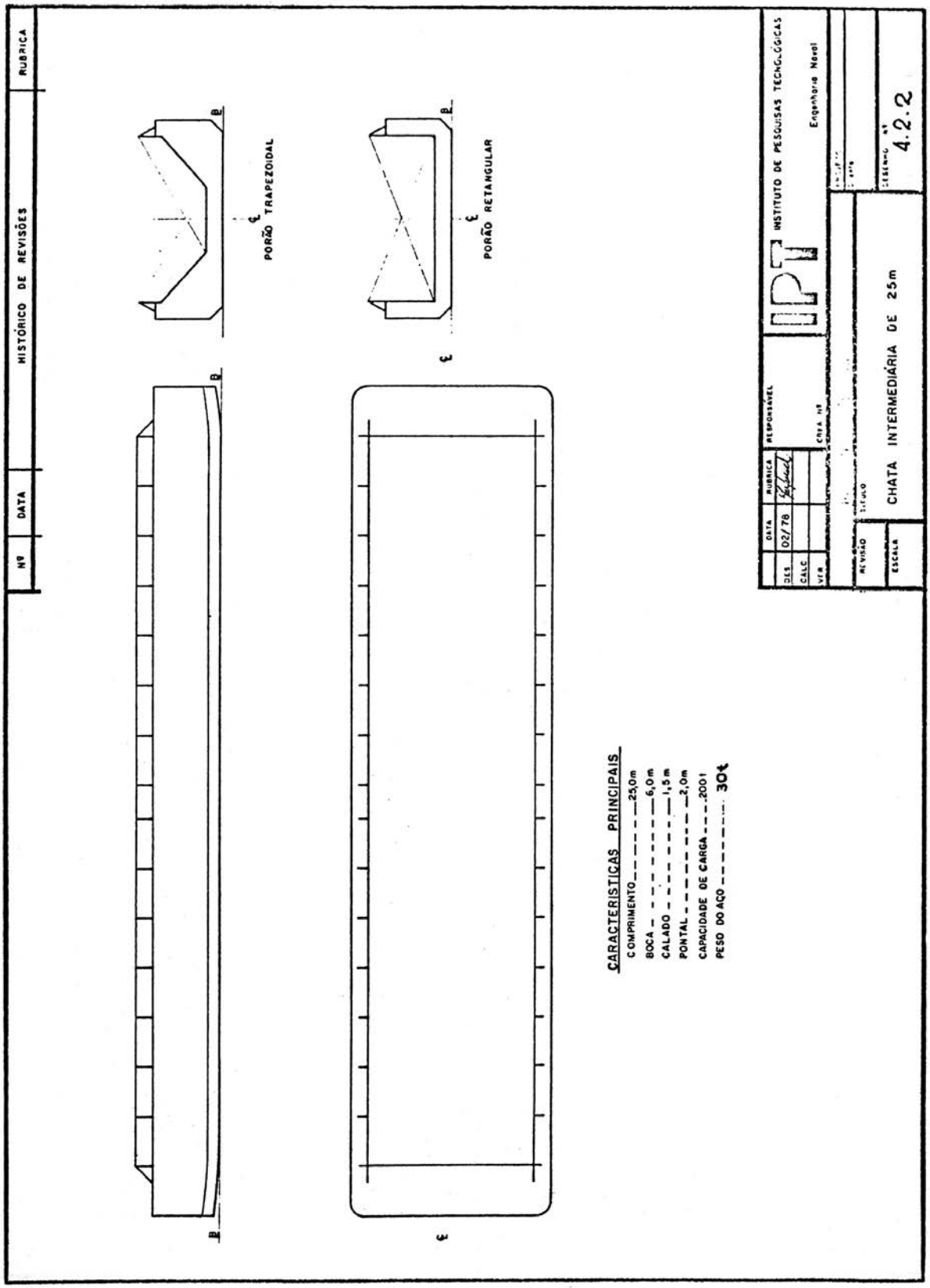


Fig. 132: Chata com 25 m de comprimento, 6 m de boca e calado máximo de 1,5 m, com capacidade de carga de 200 t. Fonte: Giraldo e Riva (1978).

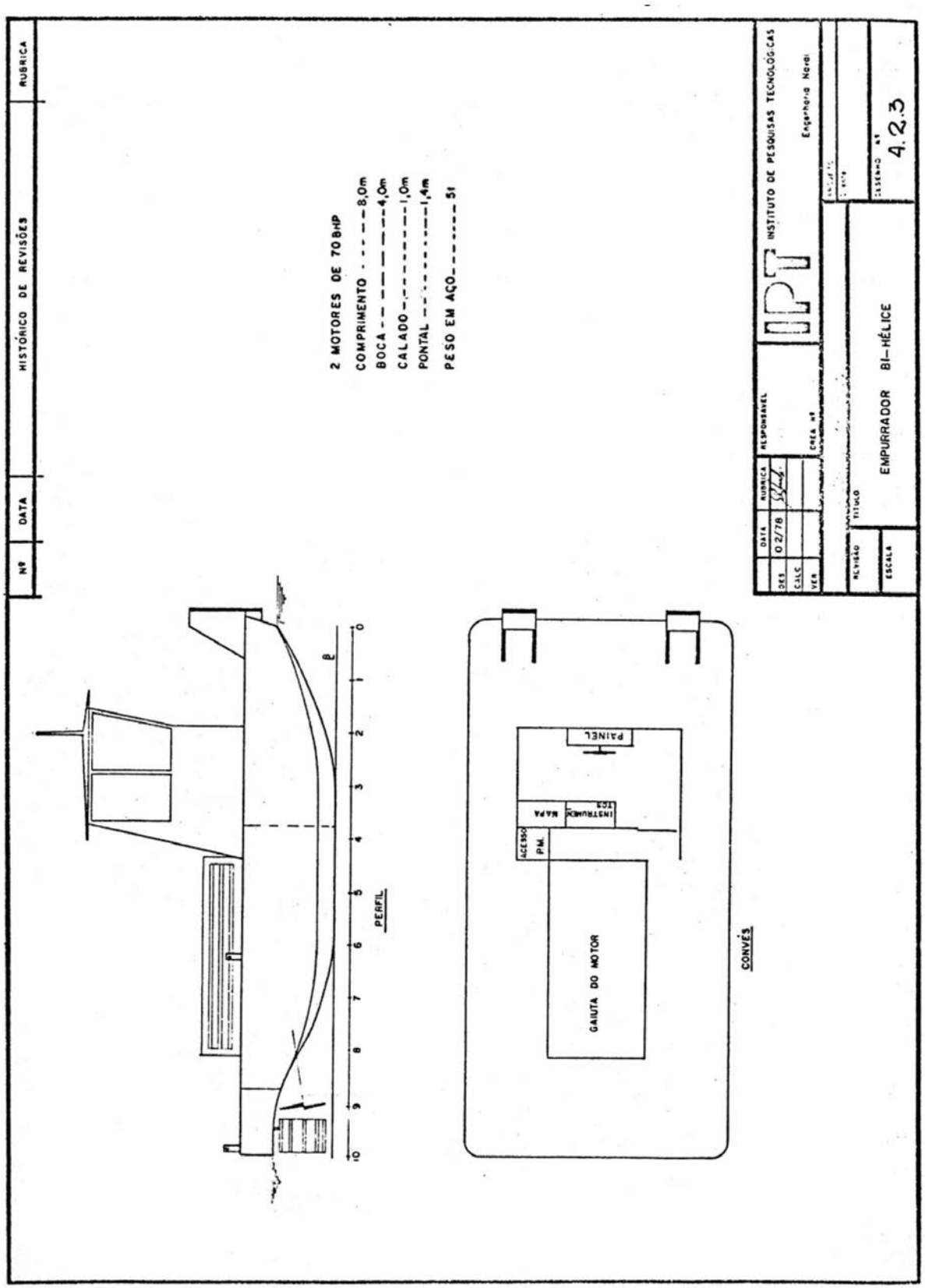


Fig. 133: Empurrador com 8 m de comprimento, 4 m de boca e calado máximo de 1,0 m. Fonte: Giraldo e Riva (1978).

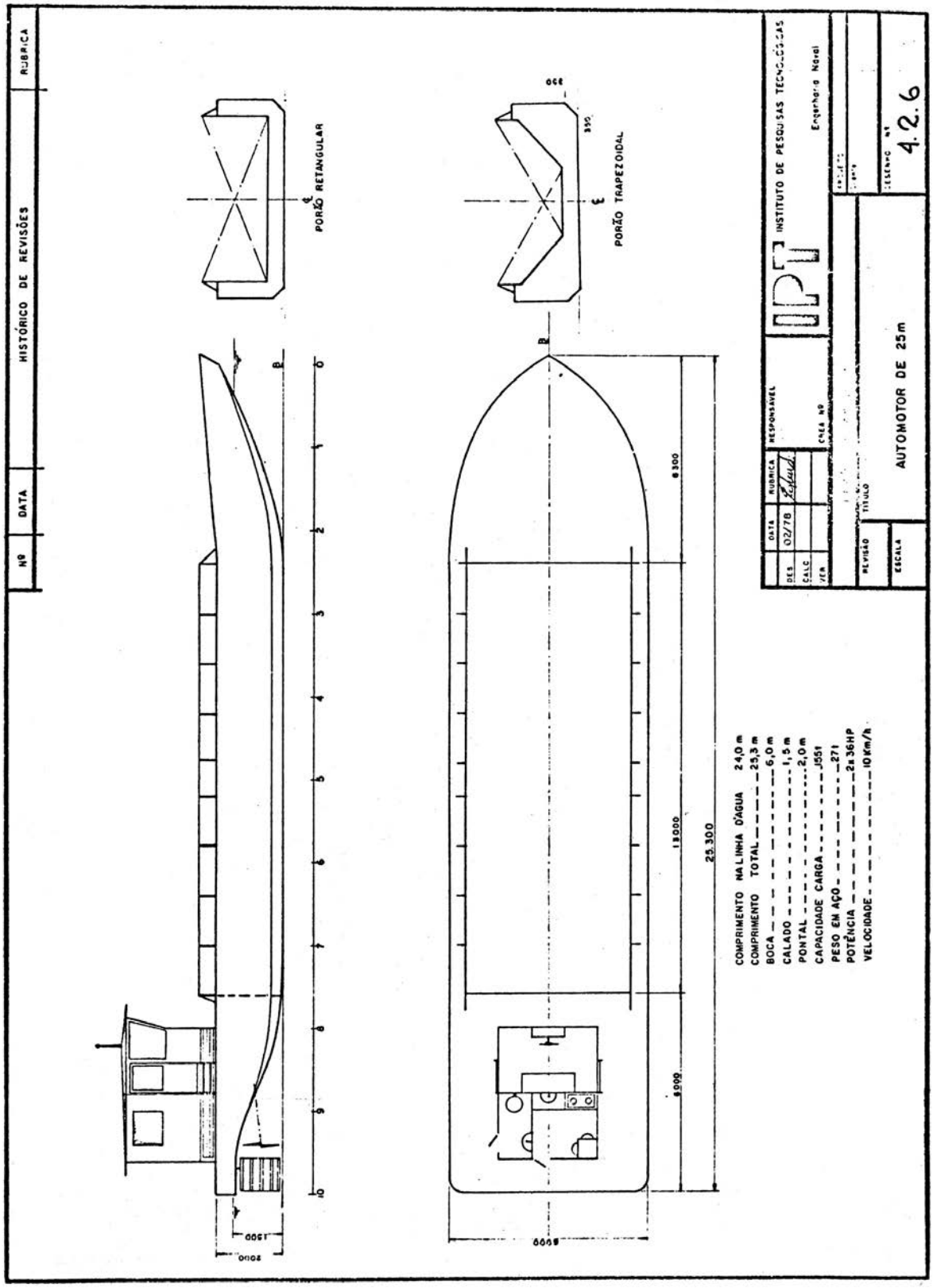
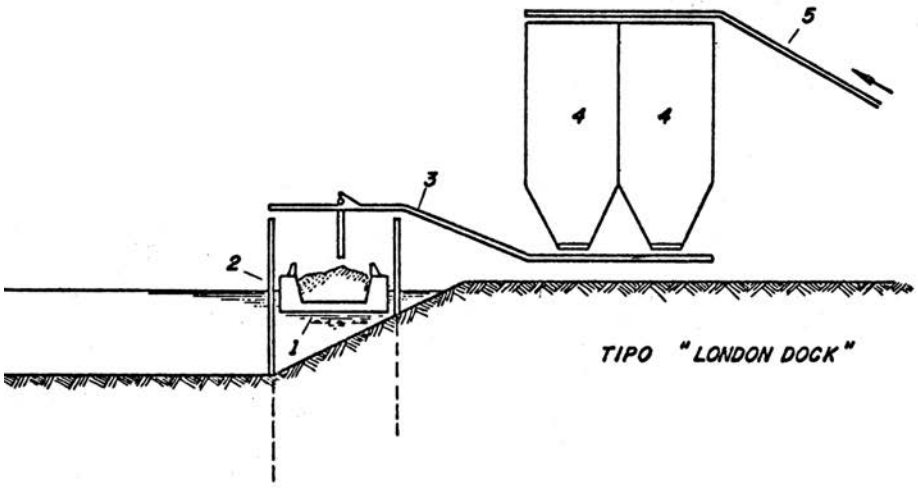
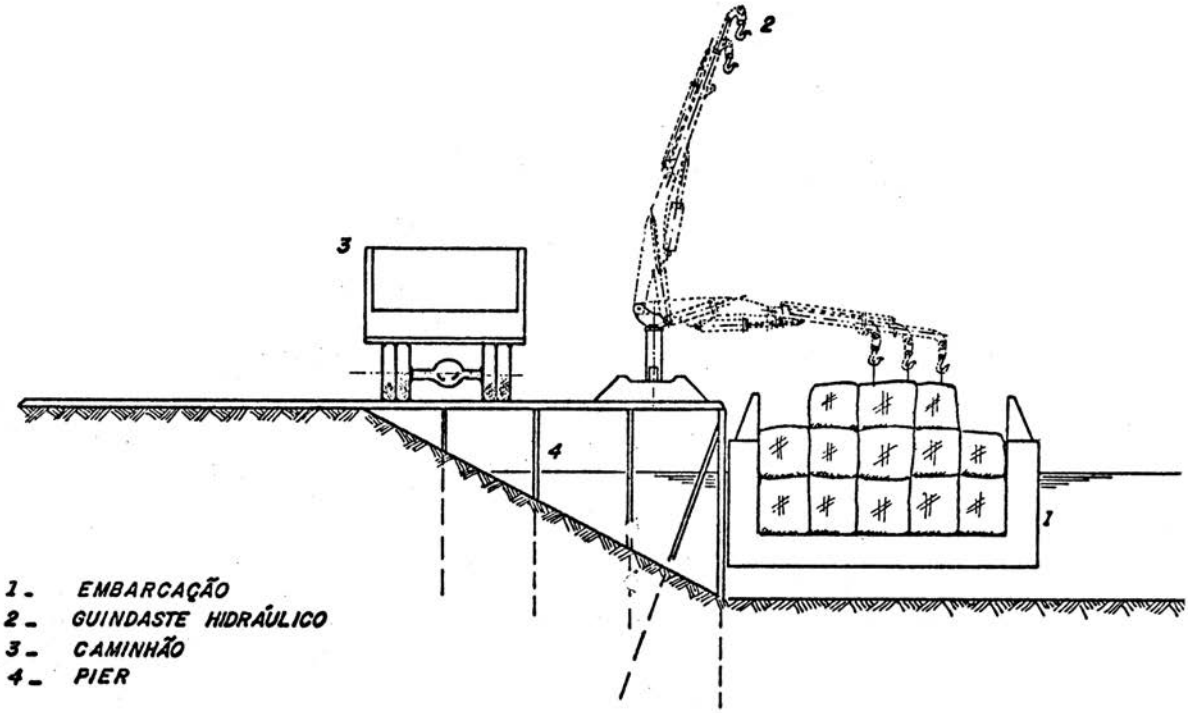


Fig. 134: Embarcação automotora com 25,3 m de comprimento, 6 m de boca e calado máximo de 1,5 m, com capacidade de carga de 155 t. Fonte: Giraldo e Riva (1978).



1 - EMBARCAÇÃO LIXEIRA
2 - DOLFINS
3 - CORREIA TRANSPORTADORA
4 - SILOS ARMAZENAGEM
5 - CORREIA ALIMENTADORA



1 - EMBARCAÇÃO
2 - GUINDASTE HIDRÁULICO
3 - CAMINHÃO
4 - PIER

LANÇA MÁXIMA 8,5 m C/ 500 kg
CAPAC. MÁXIMA 5 TON

Fig. 135: Terminal fluvial tipo 'London dock', para o transporte de lixo triturado (acima) e terminal fluvial com guindaste hidráulico para transporte de cargas gerais em engradados ou fardos (abaixo). Fonte: Giraldo e Riva (1978).

- 1981 – Departamento Hidroviário: "Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo"

Em informe elaborado pelo DH – Departamento Hidroviário da Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo, foi descrito o transporte já existente, por comboios de empurra, do material dragado nas obras de melhoramento e retificação do Alto Tietê e Pinheiros. Naquela época eram transportados 500 m³ por dia de material dragado, com a utilização de 8 chatas de fundo móvel, cada qual com 26,50 m de comprimento, 6,00 m de boca, calado carregado de 5,50 m e capacidade de carga de 90 t, ou 50 m³. No primeiro trimestre de 1981 haviam sido realizadas 500 viagens, transportando um total de 250.000 m³. O estudo sustentava que o desenvolvimento da navegação fluvial da RMSP para o transporte de cargas sem valor econômico criaria as condições para que outras cargas fossem transportadas, abrindo caminho para a ligação do Alto Tietê com o sistema Tietê-Paraná e com o Paraíba do Sul (INTERNAVE, 1984, p. 41).

Alguns meses mais tarde, em outubro de 1981, a DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A. elaborou o anteprojeto do 'Terminal Intermodal de Cargas Leste' (TIC-Leste), que seria implantado em uma área de 1.500.000 m² localizada entre a via Dutra e a rodovia dos Trabalhadores. A proximidade com o rio Tietê fez com que fosse prevista a integração com o transporte hidroviário através de um porto fluvial, porém tal projeto não teve andamento (op. cit., p. 44).

- 1982 – CONSULTEC: 'Estudos sobre a navegabilidade do Alto Tietê na Região da Grande São Paulo'

Após os estudos realizados em 1975 pela CONSULTEC S.A. sobre a viabilidade da navegação entre Mogi das Cruzes e Jumirim, conectando o alto e médio Tietê, o Departamento Hidroviário contratou novamente esta empresa para realizar, em 1982, os 'Estudos sobre a navegabilidade do Alto Tietê na Região da Grande São Paulo'. Neste novo estudo foi considerado que seriam potencialmente navegáveis: (1) o rio Tietê, da barragem de Edgard de Souza até as proximidades de Mogi das Cruzes; (2) o rio Pinheiros, desde a foz no Tietê até a barragem de Pedreira; (3) o rio Tamanduateí, no pequeno trecho entre sua foz no Tietê e a ponte Pequena, na av. Santos Dumont; (4) as represas Guarapiranga, Billings e Taiaçupeba; e (5) a ligação entre a represa Billings e Taiaçupeba, formando um anel hidroviário (CONSULTEC, 1982). Como vimos

anteriormente, a proposta de circum-navegação em São Paulo já havia sido considerada nos estudos do DNPVN em 1967 e do IPT de 1978, consolidando-se assim como proposta para o complexo de hidrovias metropolitanas.

O estudo da CONSULTEC focou, porém, em um trecho de 55,9 km do rio Tietê, que vai da barragem de Edgard de Souza a São Miguel Paulista, no rio Pinheiros em toda sua extensão de 25,4 km e no trecho de 1,5 km do Tamanduateí próximo à sua foz. Esses trechos fariam parte do sistema prioritário de navegação, uma vez que as obras necessárias seriam de menor vulto, como dragagem dos canais e instalação dos sistemas mecanizados de abertura e fechamento das eclusas de Traição e Penha (figs. 136 e 137). Em relação aos demais trechos, o estudo considerava que os recursos financeiros necessários para viabilizar a navegação não eram justificáveis pela movimentação interna de cargas na Grande São Paulo, sendo necessária primeiramente a execução da ligação com o sistema de navegação Tietê-Paraná (CONSULTEC, 1982).

Foi estudado com maior profundidade o transporte de passageiros e de cargas endógenas à região metropolitana, como o material de desassoreamento e derrocamento dos rios, o lixo, a areia para construção civil e o óleo combustível. Para tanto, definiu-se preliminarmente a posição dos portos de passageiros e de cargas, bem como as características das embarcações. Para o transporte de passageiros o sistema contaria com embarcações automotoras de 50 por 11 m, com capacidade para 110 passageiros e velocidade de 20 km/h. Tais dimensões não permitiriam a passagem da embarcação pela eclusa de Traição, ficando a navegação de passageiros restrita entre a elevatória de Traição e a barragem da Penha. Já para o transporte de cargas haveria comboios tipo Tietê, com empurrador de 15 m de comprimento e chatas de 60 por 11 m, e comboios tipo Pinheiros, com empurrador de 15 m de comprimento e chatas de 29 por 7 m. O sistema de propulsão dos barcos de passageiros e dos empurradores seria do tipo 'Schottel' ou azimutal, com hélices giratórias no eixo vertical, dando maior manobrabilidade às embarcações e permitindo, no caso do barco de passageiros, um giro de 180º no próprio canal de navegação (op. cit.) (fig. 138).

O estudo conclui que o maior benefício da navegação na Grande São Paulo seria o de possibilitar uma solução econômica para a disposição de resíduos sólidos urbanos, e que o esquema prioritário de navegação sugerido não apresentava nenhum obstáculo técnico ou econômico de vulto, podendo ser implantado de maneira modular ao longo dos três anos seguintes (op. cit.).

Fig. 136: Sistema prioritário de navegação de passageiros da Grande São Paulo, proposto nos estudos da CONSULTEC. Fonte: CONSULTEC (1982).

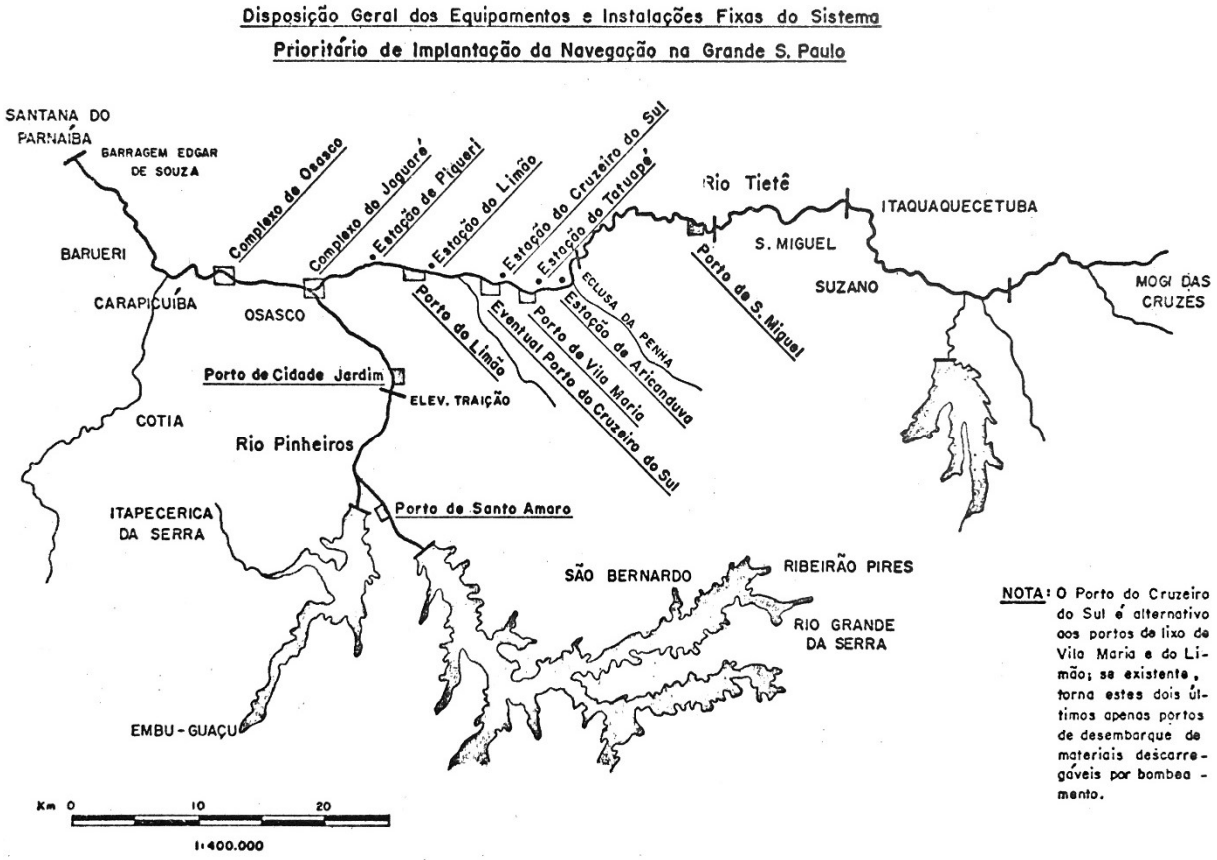


Fig. 137: Sistema prioritário de navegação de cargas da Grande São Paulo, proposto nos estudos da CONSULTEC. Fonte: CONSULTEC (1982).

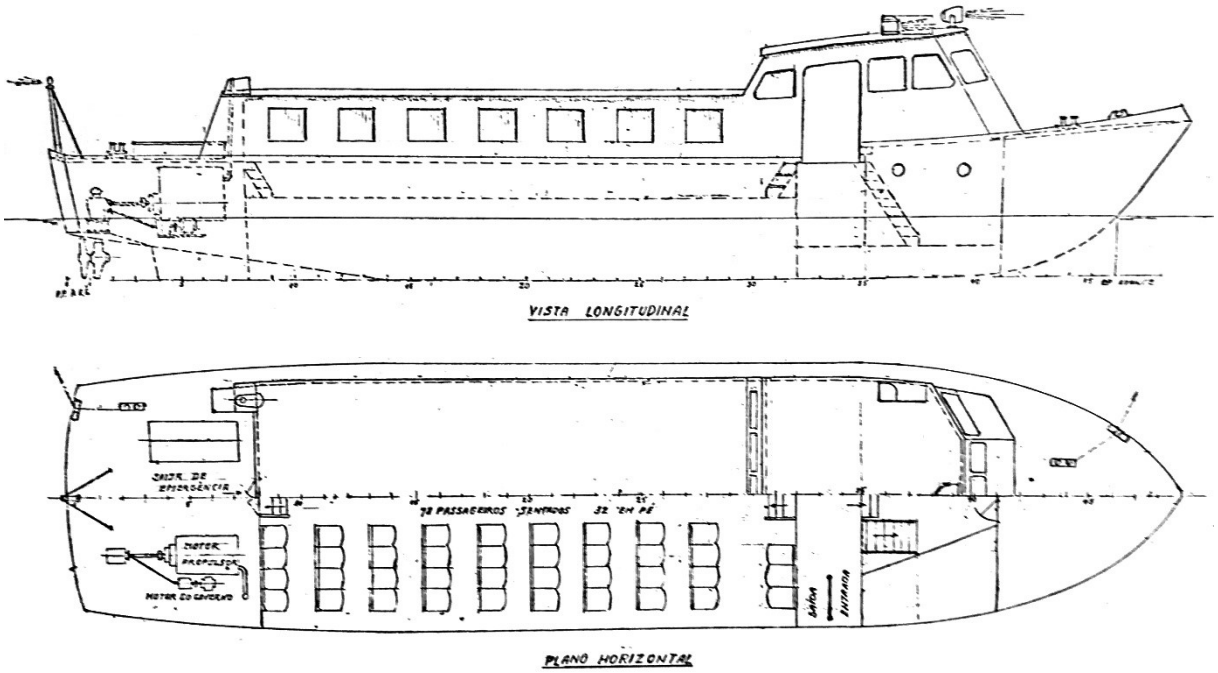


Fig. 138: Embarcação automotora com capacidade para 110 passageiros. Fonte: CONSULTEC (1982).

- 1983 – CNEC: 'Plano SANESP'

Em 1983, a CNEC – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores S.A. – concluiu o 'Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo', ou Plano SANESP, elaborado com o intuito de planejar e otimizar a utilização integrada dos recursos hídricos na RMSP. Tal plano foi fruto de contrato estabelecido com a CESP – Companhia Energética de São Paulo, e seguiu as orientações do termo de referência elaborado pelo DNAEE – Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica, que foi o coordenador geral do plano. Um grupo executivo, com participação de representantes de diversas instituições como CESP, SABESP, ELETROPAULO, DAEE, CETESB, EMPLASA, e ELETROBRÁS, acompanhava os trabalhos e aprovava os estudos. Em todas as etapas do plano foi considerada a possibilidade do uso da água para o transporte fluvial, tendo sido elaborado um relatório específico, intitulado 'Condicionantes à Navegação Fluvial na RMSP', que buscou apontar diretrizes a serem adotadas para a navegação e utilização múltipla das águas (INTERNAVE, 1984, p. 64).

O relatório elaborado pela CNEC tinha como objetivo avaliar a adequação à navegação comercial e de recreio dos trechos dos rios Tietê e Pinheiros, canalizados ou em obras de regularização, bem como dos reservatórios Billings e Guarapiranga. Para tanto foram apresentados os principais obstáculos a serem vencidos, bem como definidos preliminarmente os padrões básicos a serem adotados pelo futuro sistema de navegação. Julgou-se conveniente adotar dois tipos de embarcação: uma de maior porte, o 'comboio tipo Tietê', destinado a navegar no rio Tietê a montante da barragem de Edgard de Souza e, futuramente, fazer a ligação com o Médio e Baixo Tietê, e mesmo com o Paraná; e uma de menor porte, denominada 'comboio tipo Alto Tietê', com dimensões semelhantes aos comboios que já operavam no transporte de material dragado dos rios. Essa embarcação de menor porte seria destinada ao tráfego local, com acesso ao canal do Pinheiros, através da eclusa de Traição, e às represas Billings e Guarapiranga, e teria ainda condições de trafegar pelo Alto Tietê até a barragem de Ponte Nova, em Salesópolis, mesmo antes de completadas todas as obras necessárias (CNEC, 1982). A adoção de dois padrões de embarcação segue a mesma linha de raciocínio proposta pelos estudos da CONSULTEC, de 1982.

A partir da definição das dimensões das embarcações, foram indicados os padrões geométricos e hidráulicos mínimos necessários para o tráfego seguro destes comboios (CNEC, 1982, p. 2.1). Os padrões básicos propostos para o sistema de navegação são apresentados nas tabelas a seguir:

Plano SANESP - características das embarcações		
	Comboio tipo - Tietê	**Comboio tipo - Alto Tietê**
Tipo de embarcação	Comboio de empurra com duas chatas em linha e empurrador	Comboio de empurra com duas chatas em linha e empurrador
Dimensões do empurrador e das chatas	empurrador de 20x8 m e chatas de 58,5x11 m	empurrador de 15x7 m e chatas de 26x7 m
Dimensões totais (compr. x boca)	137 por 11 m	67 por 7
Calado máx.	2,5 m	2,5 m
Capacidade de carga	2.414 ton.	600 ton.
Velocidade em águas paradas	10,0 km/h	11,0 km/h
Potência instalada	960 HP (2 motores de 480 HP)	240 HP (2 motores de 120 HP)

Tabela 02: Características das embarcações do Plano SANESP. Fonte: CNEC (1982).

Plano SANESP - padrões geométricos para tráfego das embarcações		
	Comboio tipo - Tietê	**Comboio tipo - Alto Tietê**
Trecho navegável	Rio Tietê	Canal Pinheiros e represas
Largura min. do canal navegável	50,0 m (com cruzamento) 25,0 m (sem cruzamento)	31,0 m (com cruzamento) 16,0 m (sem cruzamento)
Profundidade min. do canal	3,0 m (comboios carregados) 2,1 m (comboios aliviados)	3,0 m (comboios carregados) 1,5 m (comboios aliviados)
Raios de curvatura min. (ângulos ao centro maiores que 15º)	1.400,0 m (sem sobre largura) 410,0 m (com sobre largura máx.)	670,0 m (sem sobre largura) 200,0 m (com sobre largura máx.)
Sobre largura nas curvas	9.400/R²	2.200/R²
Área min. da seção molhada	165,0 m²	105,0 m²
Velocidade máxima da água	2,5 m/s (máx. máx. 5,0 m/s)	2,5 m/s (máx. máx. 5,0 m/s)
Distância mínima entre pilares de pontes	50,0 m (com cruzamento) 25,0 m (sem cruzamento)	31,0 m (com cruzamento) 16,0 m (sem cruzamento)
Vão livre mínimo sob interferências	7,0 m	6,0 m
Comprimento útil das eclusas	142,0 m	29,0 m
Largura útil das eclusas	12,0 m	7,5 m
Profundidade mínima na eclusa	3,0 m	3,0 m
Capacidade máx. da eclusa	23.000.000 t/ano (Penha)	1.204.000 t/ano (Traição)

Tabela 03: Padrões geométricos para o tráfego das embarcações do Plano SANESP. Fonte: CNEC (1982).

Em relação à capacidade de tráfego da hidrovia, que é relacionada diretamente à capacidade de tráfego da eclusa mais restritiva do trecho considerado, foram calculadas as seguintes capacidades máximas: no rio Tietê, entre Ponte Nova e Pirapora, 18.400.000 t/ano, e no canal Pinheiros, entre a foz e Pedreira, 1.033.000 t/ano. Se as eclusas do Tietê fossem dotadas de sistemas economizadores de água, que proporcionariam uma economia de 60% da quantidade de água necessária para cada eclusagem, a capacidade de tráfego no trecho diminuiria para 16.000.000 t/ano, tendo em vista o maior tempo de eclusagem (op. cit., p. III.2). O 'comboio tipo Alto Tietê', que teria acesso ao canal do Pinheiros, deveria ser desmembrado para passar na eclusa de Traição, sendo necessárias 3 eclusagens para a passagem de um comboio, com considerável perda

de tempo[25]. Tal fato explica a significativa diferença entre a capacidade de tráfego do Pinheiros e Tietê.

Segundo os autores, a adequação dos canais existentes aos padrões estabelecidos para navegação não representaria maiores dificuldades técnicas. No trecho já navegável do rio Tietê, entre as barragens de Edgard de Souza e Penha, seriam necessárias algumas obras complementares nas pontes Rochdale[26] e do Limão[27], bem como balizamento de todos os pilares de pontes no leito do rio. Já no rio Pinheiros seria necessária a instalação do equipamento eletromecânico na eclusa de Traição e a execução de obras para facilitar a passagem de embarcações pela estrutura de Retiro, através da construção de muros-guia prolongando os pilares dos vãos a serem utilizados para navegação. Para que a navegação não fosse interrompida em episódios de cheias excepcionais, nos quais a estrutura do Retiro é fechada, recomendou-se alternativamente a construção de uma eclusa no local, o que seria relativamente simples de ser executado aproveitando os pilares da estrutura existente (CNEC, 1982, p. 1.13). Para acesso das embarcações às represas Billings e Guarapiranga seria necessária e construção das eclusas junto às respectivas barragens, não havendo maiores restrições nos lagos. Tais eclusas seriam construídas no padrão Alto Tietê, com câmara de 29 por 7,5 m úteis. Já as novas eclusas ao longo do Tietê seguiriam o padrão de 142 por 12 m (op. cit., p. III.1). O estudo também ressalta que tanto o canal do Pinheiros quanto o do Tietê estariam sujeitos a assoreamento, sendo permanentemente necessárias dragagens de manutenção a fim de se preservarem as seções navegáveis, tanto na profundidade quanto nas larguras (op. cit., p. 2.6).

Em relação aos outros usos da água, os autores consideram que a navegação não causaria interferências sensíveis, uma vez que as características das hidrovias seriam adaptáveis às seções necessárias ao escoamento das cheias. Entretanto, a operação do sistema hidroelétrico e das demais infraestruturas de macrodrenagem a serem implantadas nos canais deveria ser estruturada de modo a prover níveis d'água compatíveis com os padrões fixados para a navegação, evitando variações de nível d'água em curto prazo. Nesse sentido foi analisada a relação entre navegação e

---

[25] Também há perda de tempo pelo fato de que as chatas são eclusadas isoladas do empurrador, necessitando do auxílio de sirga ou rebocadores auxiliares, aumentando em cerca de 10 minutos o tempo de cada eclusagem (CNEC, 1982, p. 3.3).

[26] A ponte Rochdale ligava o centro de Osasco ao bairro de Rochdale, e foi demolida durante as obras de ampliação da calha do Tietê – Fase I, na década de 1990 (KUTNER; PALERMO; ZUCCOLO, 2015, p. 84). Em seu lugar foi construída uma passarela de pedestres, sem pilares no leito do rio.

[27] A ponte do Limão, ainda existente, foi construída como suporte à uma barragem móvel que nunca foi construída, e tem, em consequência, uma largura de apenas 19,8 m nos dois vãos principais, quando o gabarito mínimo para o 'comboio tipo Tietê' deveria ser de 25 m (CNEC, 1982, p. 1.8).

produção de energia elétrica, abastecimento, recreação, proteção contra inundações, bem como a possível poluição provocada pelas embarcações, assuntos estes que serão abordados com maior profundidade no subcapítulo 2.1. Quanto aos portos e locais de transbordo, foram identificadas sérias dificuldades ao longo do canal do Tietê e do Pinheiros, devido à construção das marginais muito juntas aos cursos d'água, não deixando áreas livres para implantação dessas instalações. Futuramente, seria necessário o afastamento de trechos da pista para abrir espaço para os portos (op. cit., p. 4.6).

Por fim, conclui-se que as hidrovias do Alto Tietê teriam um futuro bastante promissor, tanto para o transporte de cargas sem valor comercial, a 'navegação de serviço', que já existia para o transporte do material dragado e poderia também ser utilizada para o transporte de lixo e lodo sanitário, quanto para o transporte de cargas comerciais, restrita à RMSP, que teria como finalidade básica a distribuição de produtos de consumo direto como materiais de construção e hortifrutigranjeiros (op. cit., p. 5.4).

- 1989 – PROMON: 'Projeto executivo de ampliação da calha do rio Tietê entre as barragens da Penha e Edgard de Souza'

Desde a conclusão, em 1950, das obras de retificação do rio Tietê empreendidas pela CMRT, inúmeras inundações ocorreram nas antigas áreas de várzea urbanizadas, sendo a causa principal a expressiva impermeabilização do solo na ocupação urbana da metrópole e a canalização de diversos afluentes. Tal situação aumentou sobremaneira os picos de cheia no Tietê, destino de todas as águas da cidade, de forma que as vazões máximas previstas no projeto de Ulhôa Cintra e Lysandro Silva foram rapidamente superadas. Vale ressaltar, segundo Kutner, Palermo e Zuccolo (2015, p. 54), a expressiva diminuição da seção do canal do Tietê entre o projeto de 1925 de Saturnino de Brito e o posterior projeto executado na década de 1940: dos 180 m de distância entre as avenidas marginais previstos na primeira proposta, chegou-se a somente 80 m na versão final. Por fim, o relatório da FAT (2004) ressalta o agravo das inundações devido ao alteamento da barragem de Edgard de Souza proposto pela companhia Light, visando aumentar o nível d'água do Tietê para reverter suas águas através da Usina de Traição, situação esta que foi amenizada em 1985 pela construção de um descarregador de fundo na barragem. Com a continuidade dos eventos de inundação, e sem área para ampliação da largura do canal devido às

inúmeras faixas de rolamento das avenidas marginais, restou a solução de aprofundamento da calha do Tietê, tarefa que o DAEE confiou à empresa PROMON Engenharia.

Após elaborar, em 1978, o estudo 'Retificação e Outras Melhorias do Rio Tietê', a PROMON realizou em 1989 o 'Projeto executivo de ampliação da calha do rio Tietê entre as barragens da Penha e Edgard de Souza'. Tal projeto embasou as obras executadas pelo DAEE nas décadas seguintes, que foram divididas em duas fases: na Fase I foi realizado o aprofundamento de 16,5 quilômetros da calha do rio Tietê, numa média de 2,5 metros de rebaixamento, entre a barragem Edgard de Souza e a foz do rio Pinheiros, executada parcialmente no final dos anos 80 e retomada após a obtenção do financiamento do JBIC (Japan Bank for International Cooperation) em janeiro de 1998, sendo concluída em dezembro de 2000. Na fase II, realizada entre 2002 e 2005, foram executadas obras em 24,5 quilômetros, que vão desde o Cebolão até a Barragem da Penha. O rebaixamento médio do canal foi de 2,5 m, resultando num aumento de vazão do Tietê de 640 para 1048 m^3/s, na altura do Cebolão (DAEE, 2017).

As obras da Fase I resultaram em uma seção transversal trapezoidal com largura de base de 61 m e taludes com inclinação 1V:2H, sem revestimento (DAEE, 2017). Na Fase II, por sua vez, o método executivo das obras de ampliação da calha aproveitou-se da estruturação geológica da várzea para a escavação dos taludes marginais, visando minimizar custos. Desta forma o horizonte superficial da calha, constituído por solos aluviais, geotecnicamente muito frágeis e pouco estáveis, foi escavado com taludes mais abatidos, com inclinação 1V:1,7H, revestidos em toda a extensão do canal para fins de proteção à erosão. Este talude, com altura vertical média de 5 m, é seguido por uma berma horizontal com 3 m de largura. Já o horizonte mais profundo da calha, constituído por solos geotecnicamente mais resistentes e estáveis, foram escavados em taludes mais íngremes, com inclinação 1V:1,3H, dispensando a aplicação de revestimentos[28] (KUTNER; PALERMO; ZUCCOLO, 2015, p. 84) (figs. 139 e 140). A inclinação longitudinal do canal, segundo projeto executivo da PROMON[29], é de 15cm/km no trecho entre a barragem da Penha e o Cebolão, e de 10 cm/km entre o Cebolão e a Barragem de Edgard de Souza; propícia, portanto, à navegação.

[28] Segundo o DAEE (2017), o talude superior é protegido com gabião manta revestido com concreto projetado, enquanto o talude inferior é protegido por enrocamento (rip rap) ou em terreno natural (quando tratar-se de rocha ou material resistente).

[29] Perfil longitudinal esquemático do rio Tietê, no trecho Penha-Edgard de Souza, com as linhas d'água e de fundo do projeto de ampliação da calha – DAEE, 1986 (In: KUTNER; PALERMO; ZUCCOLO, 2015, p. 80).

Como parte da Fase I das obras de ampliação da calha do Tietê, foi construída em 1989 uma barragem móvel logo a jusante da confluência com o rio Pinheiros, com o objetivo de auxiliar a execução das obras de rebaixamento da calha do Tietê no trecho entre o Cebolão e a barragem de Edgard de Souza. A barragem serviria para desviar a vazão de base do rio Tietê, via canal do Pinheiros, para a represa Billings, permitindo a execução dos serviços de ampliação da calha a seco[30] (LIMA, 2008). Originalmente esta barragem seria temporária, sendo previsto seu desmonte após a conclusão da Fase I. A barragem móvel do Cebolão, como ficou conhecida, possui 9 comportas basculantes tipo Volet, de acionamento hidráulico, cada uma com altura de 7,5 m e largura de 8,0 m, permitindo uma descarga máxima total de 800 m³/s (figs. 141 a 143). Os níveis d'água de montante e jusante propiciados pela barragem, segundo EMAE (2005), são os seguintes:

NA mín. normal de montante: 713,35m
NA máx. normal de montante: 714,85m
NA máx. max. de montante: 717,45m

NA mín. normal de jusante: 710,15m
NA máx. normal de jusante: 714,55m
NA máx. max. de jusante: 717,05m

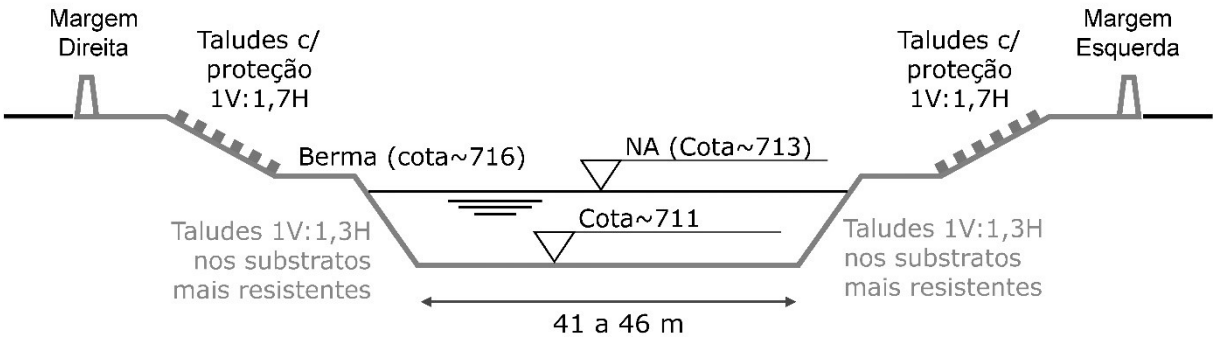


Fig. 139: Configuração final das obras da Fase II da ampliação da calha do Tietê, com indicação de cotas médias. Fonte: FELIX (2008).

[30] Como o fundo do rio Tietê no trecho da Fase I era muito rochoso, a técnica escolhida para rebaixamento da calha exigia o leito seco, o que levou a construção da barragem móvel que desviava boa parte da vazão do Tietê de forma que bastavam ensecadeiras de pouca altura para isolar das águas as áreas em obra. Informação obtida em conversa por telefone com o eng. Silvio Giudice, do DAEE, no dia 22/11/2017.

Fig. 140: Canal do Tietê, na altura da ponte da Av. Cruzeiro do Sul, com obras da Fase II concluídas. Notar talude superior revestido, berma horizontal e talude inferior não revestido. Fonte: foto do autor, 2011.

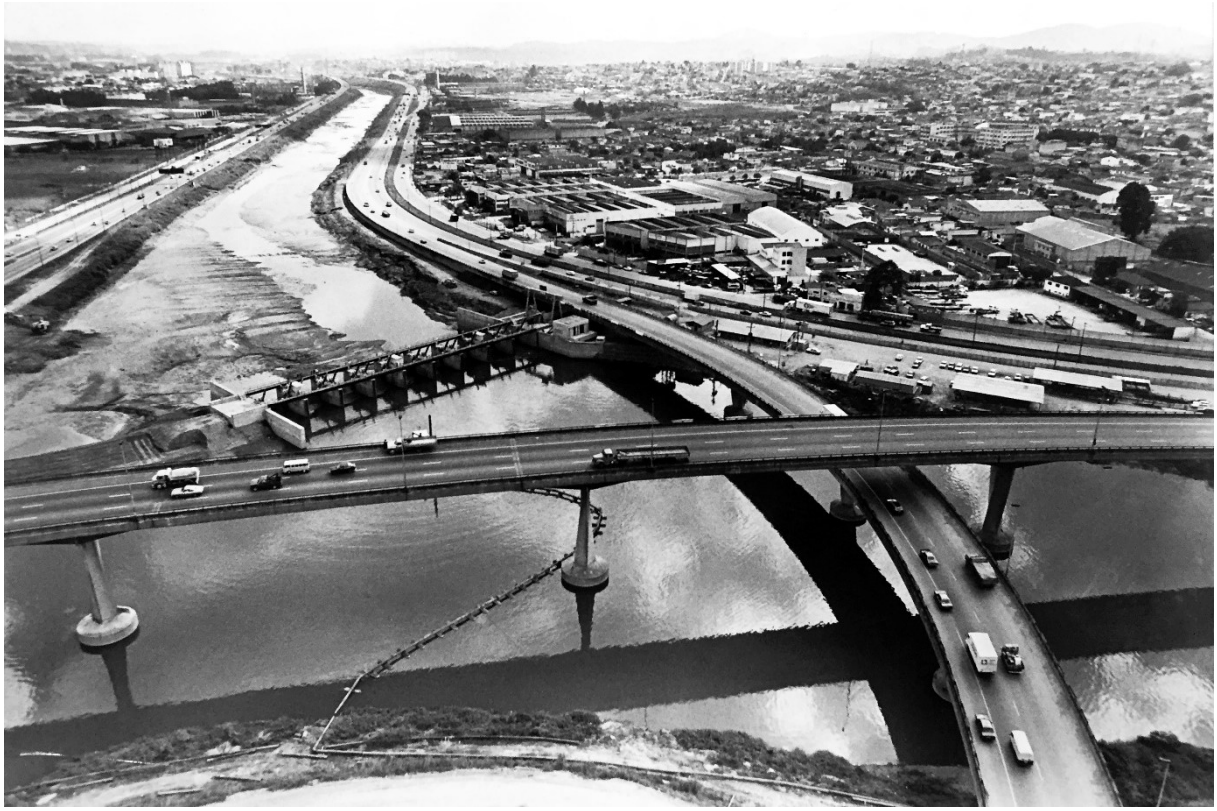


Fig. 141: Barragem móvel do Cebolão, reduzindo a vazão do Tietê a jusante para a execução dos serviços de ampliação da calha da Fase I. Fonte: foto da Agência Estado.

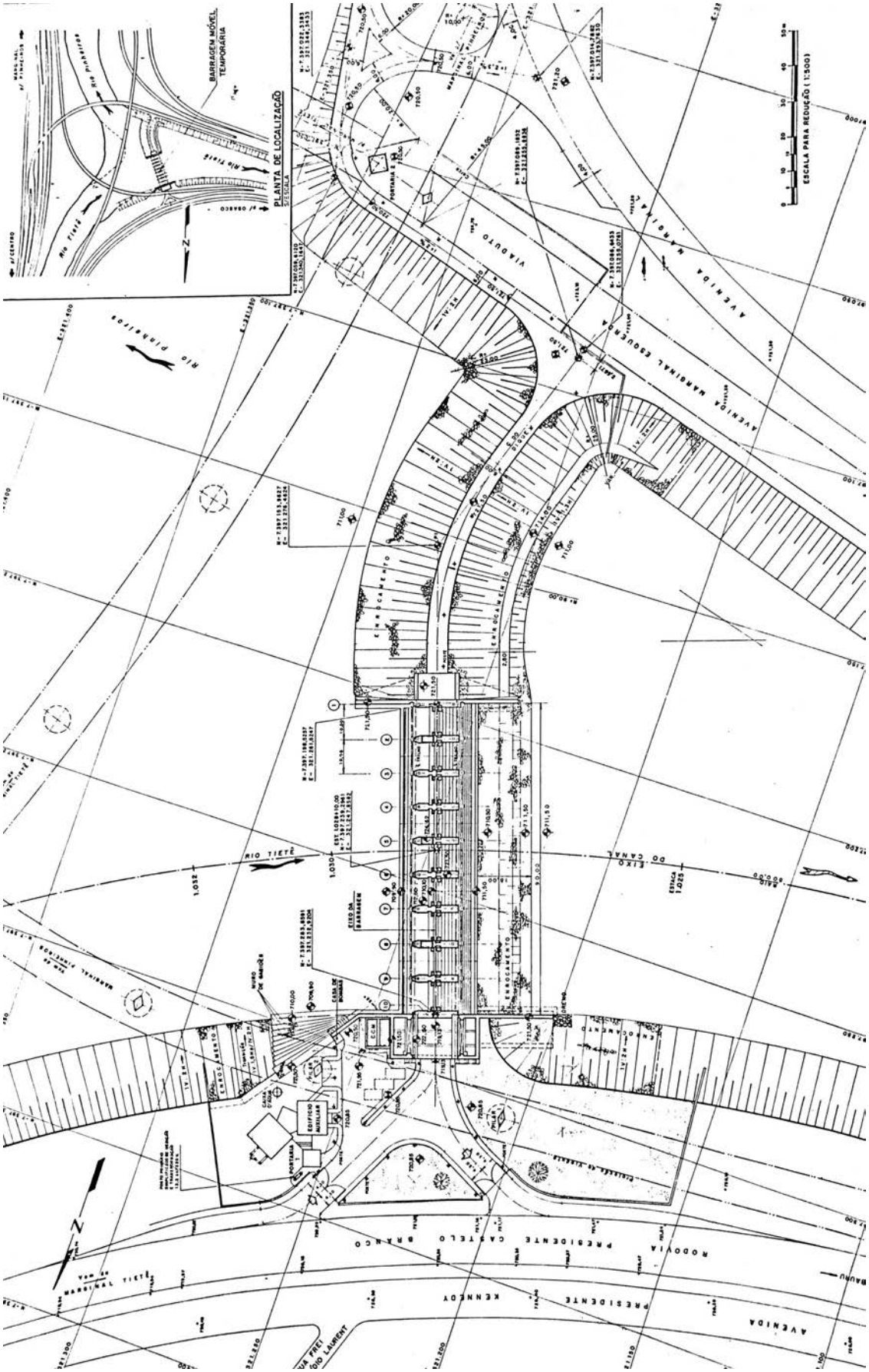


Fig. 142: Implantação da Barragem Móvel Temporária do Cebolão. Fonte: DAEE (1989).

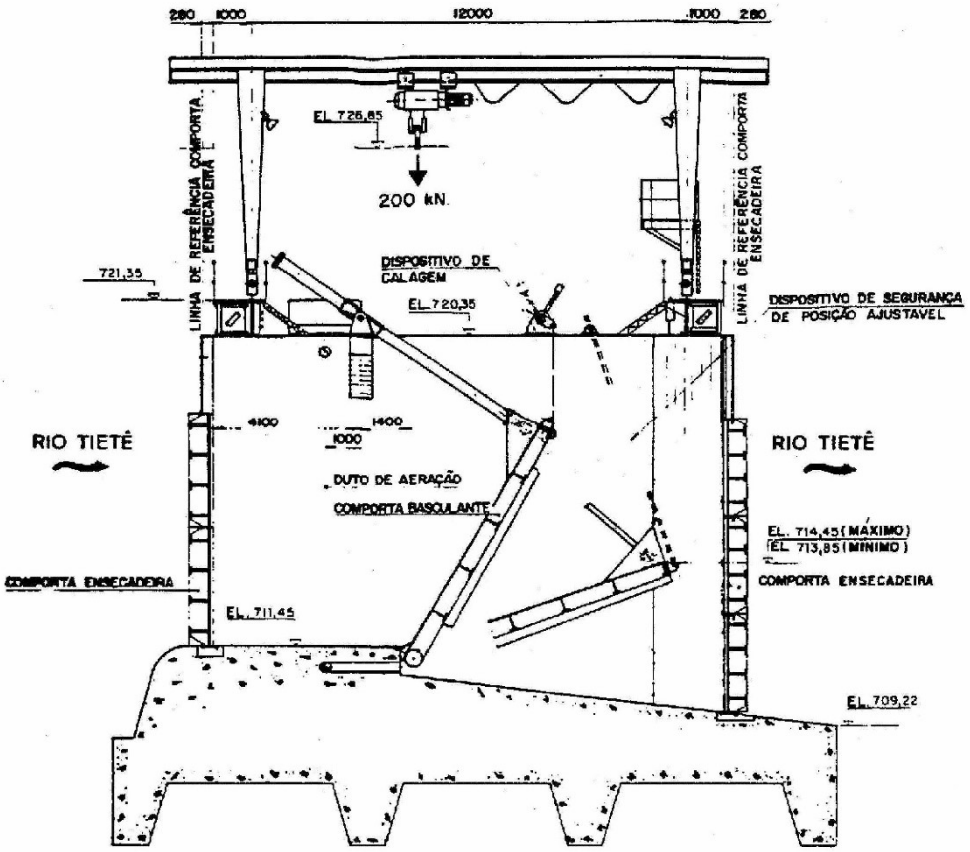


Fig. 143: Corte transversal da comporta basculante da Barragem Móvel Temporária do Cebolão. Fonte: EMAE (2005).

- 2001 – Maubertec: 'Projeto de Melhoria Hidráulica do Rio Tietê'

Após a conclusão das obras da Fase I da ampliação da calha do rio Tietê, julgou-se conveniente conservar a barragem móvel do Cebolão como auxílio ao controle das vazões do Tietê, contrariamente ao que era previsto no projeto original. Segundo o eng. Silvio Giudice (2017)[31], após a conclusão das obras de rebaixamento da calha do rio Tietê foi orçada a demolição da barragem, mas o valor para tanto seria muito elevado, maior do que o próprio montante gasto na construção da estrutura. Um estudo do Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) de 1997[32] sugeriu então a manutenção da barragem móvel, argumentando que a mesma auxiliaria na manutenção de profundidades para navegação até a barragem da Penha e também contribuiria no

[31] Informação obtida em conversa por telefone com o eng. Silvio Giudice, do DAEE, no dia 21/11/2017.

[32] O estudo elaborado pelo CTH, intitulado 'Considerações sobre a barragem móvel do rio Tietê', de setembro de 1997, não foi encontrado, só tendo sido identificada uma menção ao mesmo em outro estudo do CTH de 1998, intitulado 'Adequação da barragem móvel do rio Tietê às vazões do projeto de rebaixamento da calha'.

controle do nível d'água do trecho inferior do rio Pinheiros para a operação da usina de Traição, possibilitando assim uma maior autonomia operacional da barragem de Edgard de Souza (informação verbal).

Pretendia-se realizar o transporte fluvial do material dragado pois na ocasião toda a dragagem do trecho urbano do rio Tietê era feita por 'draglines' localizadas nas margens do rio, sendo o transporte do material dragado feito exclusivamente por caminhões, o que causava transtornos ao trânsito de veículos nas avenidas marginais (op. cit.). A barragem móvel do Cebolão, ao propiciar melhores condições para navegação no trecho urbano do Tietê, cumpriria assim a função das barragens não executadas previstas para a ponte do Limão (in: SILVA, 1950) e, posteriormente, para a ponte de Vila Guilherme (in: PROMON, 1978), que garantiriam calado mínimo para navegação até a barragem da Penha.

Desta forma, como parte das obras da Fase II da ampliação da calha do rio Tietê, o DAEE contratou a empresa Maubertec para realizar o 'Projeto de Melhoria Hidráulica do rio Tietê', que continha, entre outros itens, o projeto de remodelagem da barragem móvel, com a construção de um descarregador de fundo para aumento da vazão de descarga e de uma eclusa para permitir a navegação (figs. 144 a 147). As obras foram concluídas em janeiro de 2004 (EMAE, 2005). Segundo o DAEE (2012), o principal objetivo da construção da eclusa era permitir o transporte fluvial do material dragado do Tietê no trecho a montante da barragem móvel até a Lagoa de Carapicuíba, onde o mesmo seria depositado. A eclusa deixou de funcionar em 2009, devido a enchentes no Tietê que comprometeram os equipamentos eletromecânicos das comportas, sendo novamente inaugurada em janeiro de 2012 após obras de recuperação do sistema.

O descarregador de fundo, localizado ao lado da eclusa, possui duas comportas tipo 'Segmento', de acionamento hidráulico, cada uma com 7,0 m de altura e 7,0 m de largura, permitindo uma descarga máxima total de 400 m^3/s (EMAE, 2005). Desta forma, a soma das descargas máximas da barragem móvel e do descarregador de fundo chega a 1.200 m^3/s, atendendo à vazão de projeto deste trecho do canal do Tietê[33].

[33] Segundo estudos de 1986 da PROMON Engenharia (In: KUTNER; PALERMO; ZUCCOLO, 2015, p. 79), a vazão de projeto imediatamente a jusante da foz do rio Pinheiros, para um período de retorno de 100 anos, é de 1.148 m^3/s (somando 100 m^3/s do excedente do rio Pinheiros).

A eclusa, por sua vez, possui câmara com 100 m de comprimento úteis por 12 m de largura, soleira na cota 708,15, portas tipo 'Mitra' de duas folhas a montante e a jusante, e prevê operação de embarcações com calado máximo de 2,5 m (EMAE, 2005; FAT, 2004). Ao longo da presente pesquisa não ficaram claras as razões que levaram a esse dimensionamento da câmara de navegação. Segundo Olavo Leite (2017)[34], muito provavelmente o DAEE definiu a dimensão da eclusa privilegiando os barcos de dragagem[35], em detrimento a embarcações de diferentes dimensões de outros potenciais usuários do sistema hidroviário (informação verbal). Perde-se, assim, a oportunidade de criação de um padrão para as estruturas de navegação, que possibilitaria um sistema hidroviário mais eficiente. Como veremos a seguir, a embarcação-tipo considerada para a recém-construída eclusa da Penha, cujas dimensões foram estabelecidas pelo Departamento Hidroviário, possui 105 m de comprimento, incompatível, portanto, com a eclusa do Cebolão.

Fig. 144: Barragem Móvel do Cebolão (à esquerda), descarregador de fundo e eclusa (à direita). Fonte: foto de Fernando Stankuns, 2008.

[34] Informação fornecida pelo eng. Augusto Olavo Leite, do Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo, durante encontro com pesquisadores do Grupo Metrópole Fluvial na FAU USP, em outubro de 2017.

[35] No projeto executivo (in: EMAE, 2005) está representada graficamente uma embarcação composta por empurrador (7 por 4 m) e uma chata (34 por 9 m), com dimensões totais de 41 por 9 m. Já segundo o relatório da FAT (2004), a barcaça padrão utilizada neste trecho possui chata com 60 m de comprimento por 11 m de largura mais um empurrador de 17 m de comprimento, com capacidade para 1.200 t de carga.

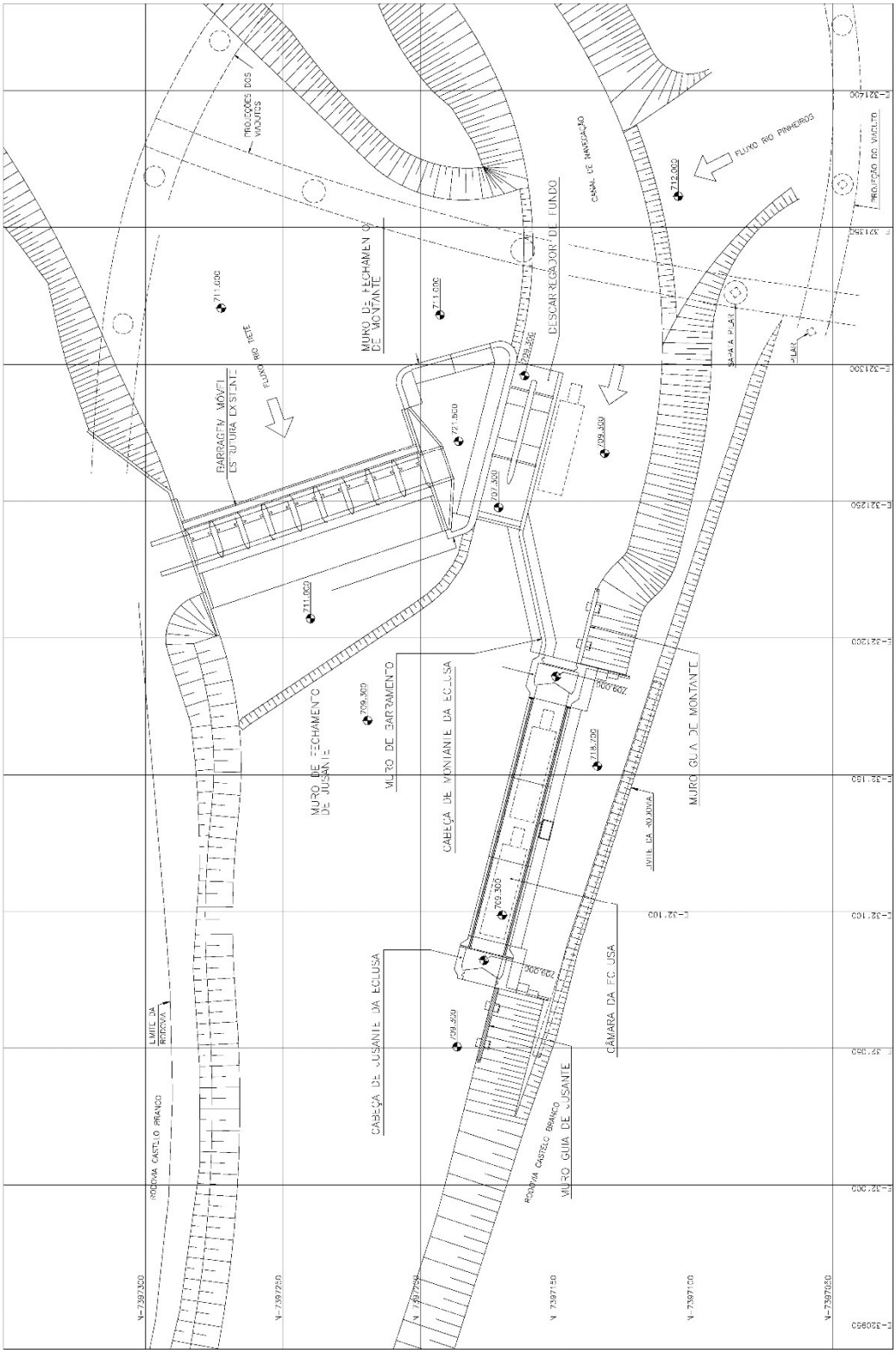


Fig. 145: Barragem Móvel do Cebolão – Implantação da eclusa e do descarregador de fundo. Fonte: EMAE (2005) Ref.: Desenho DAEE/MAUBERTEC Nº EE03A-SOD-BM-001-2.

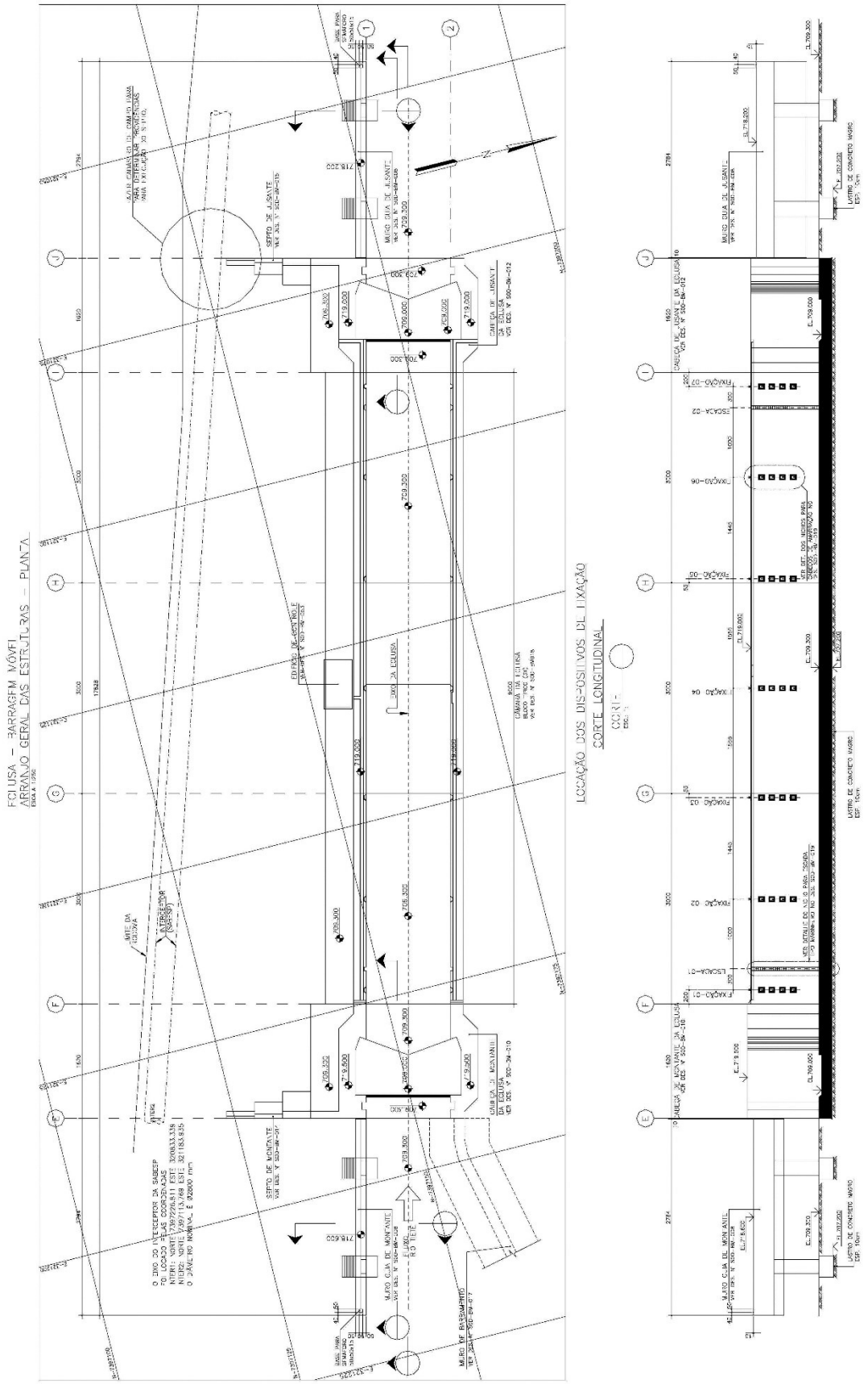


Fig. 146: Eclusa da Barragem Móvel do Cebolão. Fonte: EMAE (2005). Ref.: Desenho DAEE/MAUBERTEC Nº EE03A-SOD-BM-004-2.

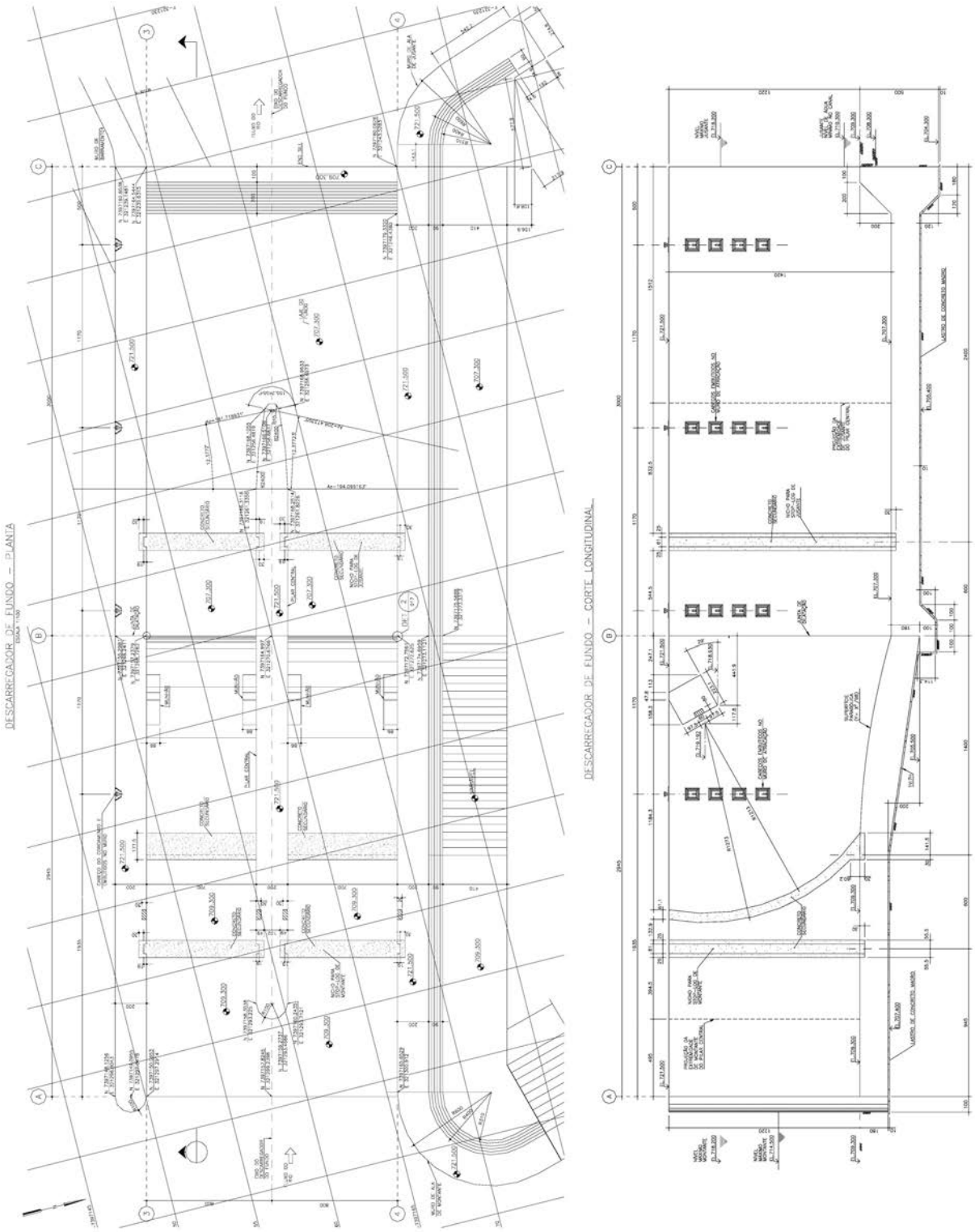


Fig. 147: Descarregador de fundo da Barragem Móvel do Cebolão. Fonte: EMAE (2005). Ref.: Desenho DAEE/MAUBERTEC Nº EE03A-SOD-BM-031-4 mesclado com desenho Nº EE03A-SOD-BM-033-4.

- 2010 – Departamento Hidroviário / ENGECORPS: 'Eclusa da Penha'

A Engecorps Engenharia S.A., através de contrato firmado com o Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo (DH), realizou em 2010 o projeto da eclusa da Penha, junto à barragem de mesmo nome. Como vimos anteriormente, o projeto da PROMON de 1978 já previa uma eclusa na margem esquerda da barragem da Penha, tendo sido construída uma eclusa provisória, que não chegou a ser concluída, durante as obras da barragem em 1983. O projeto da Engecorps, entretanto, é inteiramente novo, e as estruturas construídas anteriormente não foram utilizadas. As obras da nova eclusa foram iniciadas em novembro de 2013 e concluídas em outubro de 2017, ampliando em 14 km o percurso navegável no rio Tietê, desde a barragem da Penha até a Ponte da Nitroquímica (Av. Eduardo Sabino de Oliveira) (figs. 148 a 152).

Diferentemente da eclusa do Cebolão, a eclusa da Penha teve seu projeto coordenado pelo Departamento Hidroviário (DH), sendo assim concebida como parte de um sistema hidroviário, seguindo preceitos estabelecidos pelo DH no 'Plano Estratégico Hidroviário' (FAT, 2004), concluído em março de 2004. Desta forma foram levadas em conta diversas variáveis como tipos de embarcações, cargas a serem transportadas e gabaritos das vias navegáveis, que embasaram as decisões para o dimensionamento da eclusa. Apesar de estudos anteriores, como o Plano SANESP (1983), recomendarem a adoção do comboio tipo Tietê para o tráfego no curso principal do Alto Tietê, vislumbrando uma futura ligação com o Médio Tietê, o Departamento Hidroviário considerou desnecessária a manutenção deste padrão de gabarito, uma vez que a lógica do transporte seria diferente, pensando então em um novo padrão para as eclusas e embarcações do Alto Tietê.

Para o dimensionamento da embarcação-tipo foi considerado uma profundidade mínima de 2,0 m no período de estiagem entre as barragens do Cebolão e da Penha. Desta forma, a embarcação teria um calado máximo de 1,70 m e um pé de piloto de 0,30 m. Em relação à boca da embarcação, a mesma é limitada pela largura do canal navegável que possibilite o cruzamento de embarcações, tendo sido aventadas três possíveis larguras: boca média de 8 m, boca máxima de 9 m e boca excepcional de 11 m. Com a boca de 8 m não haveria restrição de cruzamento, e todos os tipos de carga previstos seriam atendidos, exceto carregamento de contêineres dispostos no sentido longitudinal. Com a boca de 9 m, apesar de existirem restrições para cruzamento de embarcações em alguns trechos do canal, haveria ganhos operacionais por possibilitar a disposição de 3 contêineres lado a lado no sentido longitudinal. Já a embarcação com boca de 11

m permitiria o tráfego de cargas especiais, mas operaria com restrições e necessidade de cuidados especiais (DH; ENGECORPS, 2010).

O comprimento máximo das embarcações, de acordo com as larguras e raios de curvatura do trecho urbano navegável do Tietê, foi fixado em 105 m. Desta forma, foi considerada como embarcação-tipo um comboio formado por um empurrador com 15 por 7 m e duas balsas em linha com 45 por 9 m cada, com capacidade total de carga de 900 ton. Também seria possível o tráfego de embarcações automotoras com 50 por 9 m, com capacidade para 400 ton (op. cit.).

Eclusa da Penha - características das embarcações-tipo						
	Comprimento (m)	Boca (m)	Calado máx. (m)	Pontal (m)	Capacidade de carga (t)	Potência (HP)
Empurrador	15,00	7,00	1,30	2,60	-	300,00
Balsa	45,00	9,00	1,70	2,30	450,00	-
Comboio	105,00	9,00	1,70	2,60	900,00	300,00
Automotor	50,00	9,00	1,70	2,60	400,00	300,00

Tabela 04: Características das embarcações para tráfego na Eclusa da Penha. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

A partir da definição da embarcação-tipo, foi feito um estudo de alternativas para o dimensionamento da eclusa, considerando também a possibilidade de implantação futura de uma segunda câmara, igual ou diferente da primeira. A tabela a seguir descreve as sete alternativas consideradas:

Eclusa da Penha - estudo de alternativas para dimensionamento da câmara da eclusa					
Alternativa	Denominação	1ª Fase		2ª Fase	
		Compri-mento (m)	Largura (m)	Compri-mento (m)	Largura (m)
1	Baixo Tietê	142	12	-	-
2	Cebolão	100	12	-	-
3	Alto Tietê	110	18	-	-
4	Duas câmaras iguais menores	110	9	110	9
5	Alto Tietê - porta intermediária	80	18	110	18
6	**Duas câmaras iguais maiores**	**110**	**12**	**110**	**12**
7	Duas câmaras diferentes	110	12	110	9

Tabela 05: Estudo de alternativas para dimensionamento da câmara da eclusa da Penha, com destaque para a alternativa 6, escolhida como mais promissora. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

Foi estabelecida então uma matriz de decisão na qual foram avaliadas demandas existentes e futuras das cargas a serem transportadas, capacidades máximas das eclusas, custos totais de cada alternativa, contando com a experiência de especialistas multidisciplinares. Concluiu-se que a alternativa 6 seria a mais promissora, tendo sido a adotada para a construção da eclusa nos anos seguintes (op. cit.). As características finais da eclusa da Penha, segundo DH e ENGECORPS (2010), são descritas abaixo:

Dimensões:
- Comprimento da câmara: 110,00 m
- Largura da câmara: 12,00 m
- Duas câmaras: segunda câmara a ser implantada em fase futura.

Níveis característicos operacionais para navegação:
- N.A. máximo navegável a montante: 722,8 m;
- N.A. mínimo de navegação a montante: 721,0 m;
- N.A. máximo navegável a jusante: 717,5 m;
- N.A. mínimo de navegação a jusante: 715,0 m.

Desnível máximo de operação: 7,8 m (Eclusa de Média Queda – até 10,5 m).
Enchimento/esvaziamento: sistema "Lateral Ports".

Cotas de Fundo:
- Cota de fundo de montante: 719,0 m;
- Cota da câmara: 713,0 m;
- Cota de fundo de jusante: 713,0 m.

Capacidade máxima da eclusa:
- 1ª fase (1 câmara): 24.994.286 t/ano
- 2ª fase (2 câmaras): 41.167.059 t/ano

A primeira câmara da eclusa, cujas obras foram concluídas no segundo semestre de 2017, permitirá o tráfego do material dragado por via fluvial, contribuindo assim para o desassoreamento do rio Tietê ao longo dos 14 km a montante da barragem da Penha. Segundo Costa, Almeida e Giudice (2013), a lagoa formada por esta barragem tem importante papel na macrodrenagem da metrópole, amortecendo os picos de cheia e evitando assim inundações a jusante, e atualmente tem sua eficiência comprometida pelo expressivo assoreamento. Devido ao acúmulo de sedimentos transportados por todo o segmento do rio a montante, e à ausência de manutenção preventiva do reservatório ao longo dos anos pós-construção, estima-se um volume de 5 milhões de m³ a ser desassoreado do local.

O estudo elaborado pelo DH e ENGECORPS identificou 3 grupos potencialmente atrativos para o transporte hidroviário. O grupo 1 seriam cargas de baixo valor agregado, de interesse imediato ao governo, onde estaria incluso o sedimento de dragagem e também entulho, lodo e lixo urbano. O grupo 2 seriam cargas migráveis, de interesse do governo, porém com grande componente de atração para iniciativa privada, sendo elas materiais de construção, cargas gerais e outras cargas especiais como hortifrutigranjeiros, combustíveis e cargas perigosas. O grupo 3 seria o transporte urbano e turístico de passageiros. Foi realizado então um estudo de demanda de cargas que utilizariam a eclusa da Penha, para o cenário atual e para um horizonte de 20 anos, prevendo um aumento significativo da demanda em decorrência da maior aceitação do transporte hidroviário, conforme tabelas a seguir:

Eclusa da Penha - estudo de demanda - ano base 2013			
Cargas	Sentido Montante (t/ano)	Sentido Jusante (t/ano)	Total nos dois sentidos (t/ano)
Sedimentos	250.000	0	250.000
Entulho	450.000	450.000	900.000
Lodo	180.000	0	180.000
Lixo urbano	500.000	0	500.000
Materiais de construção	0	5.000.000	5.000.000
Carga geral	1.500.000	1.500.000	3.000.000
Outras cargas	500.000	500.000	1.000.000
Total	**3.380.000**	**7.450.000**	**10.830.000**

Tabela 06: Estudo de demanda para transporte de cargas pela eclusa da Penha – ano base 2013. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

Eclusa da Penha - estudo de demanda - ano base 2033			
Cargas	Sentido Montante (t/ano)	Sentido Jusante (t/ano)	Total nos dois sentidos (t/ano)
Sedimentos	250.000	0	250.000
Entulho	900.000	900.000	1.800.000
Lodo	450.000	0	450.000
Lixo urbano	2.000.000	0	2.000.000
Materiais de construção	2.000.000	7.000.000	9.000.000
Carga geral	3.000.000	3.000.000	6.000.000
Outras cargas	1.000.000	1.000.000	2.000.000
Total	**9.600.000**	**11.900.000**	**21.500.000**

Tabela 07: Estudo de demanda para transporte de cargas pela eclusa da Penha – ano base 2033. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

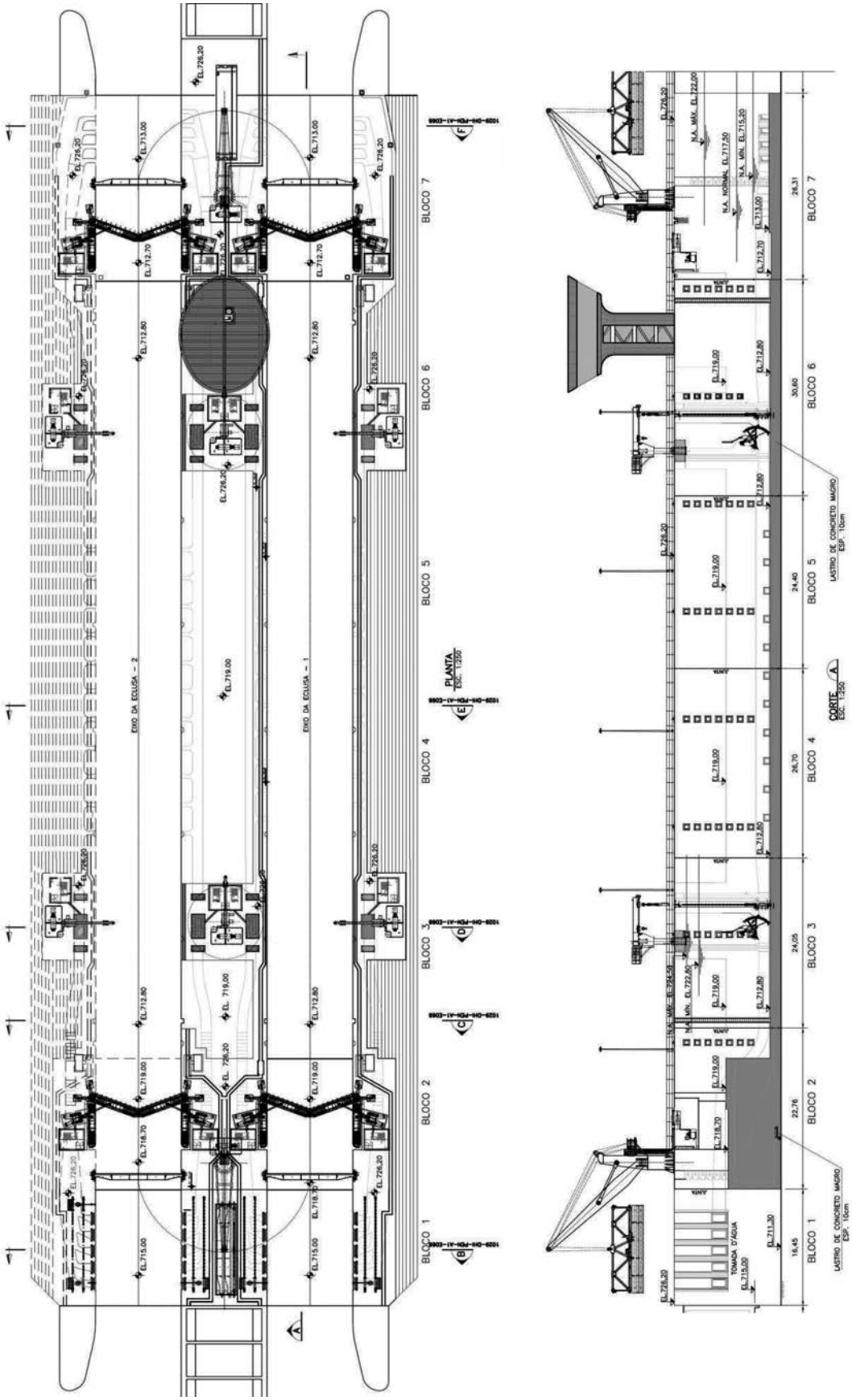


Fig. 148: Planta (à esquerda) e corte longitudinal 'A' (à direita) da Eclusa da Penha. Somente a câmara da direita foi construída. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

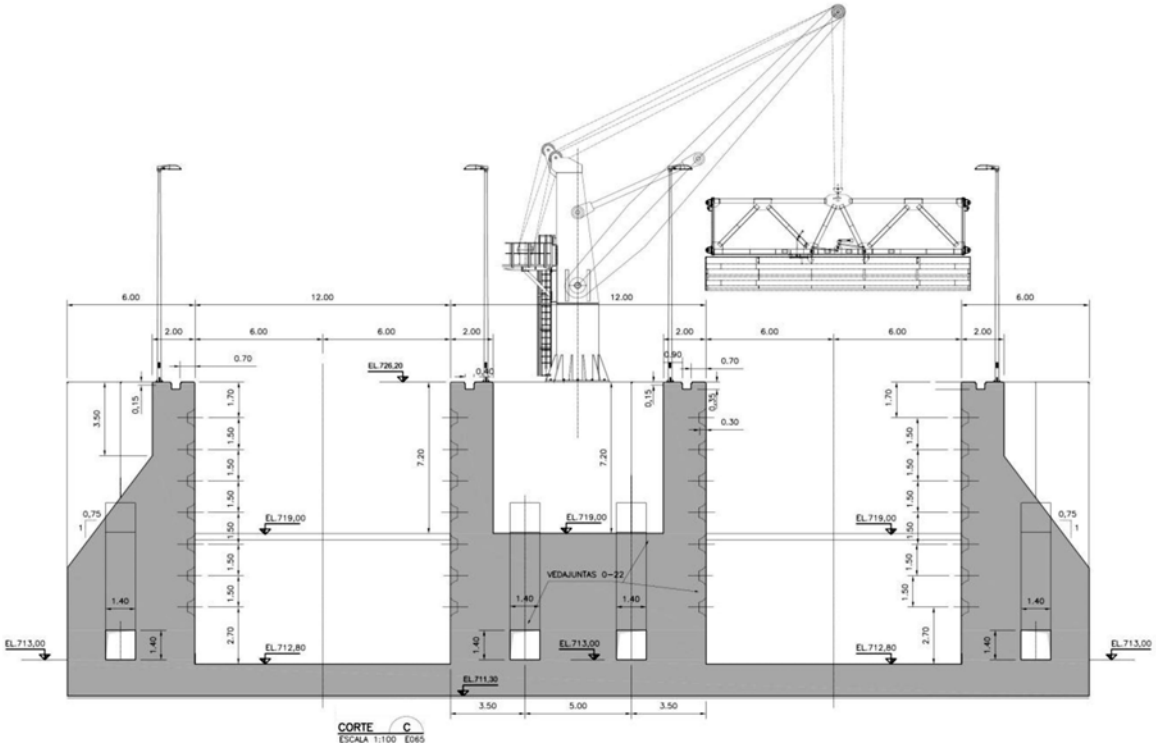


Fig. 149: Corte transversal 'C' da Eclusa da Penha, ilustrando a colocação dos 'stop-logs' para manutenção das comportas. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

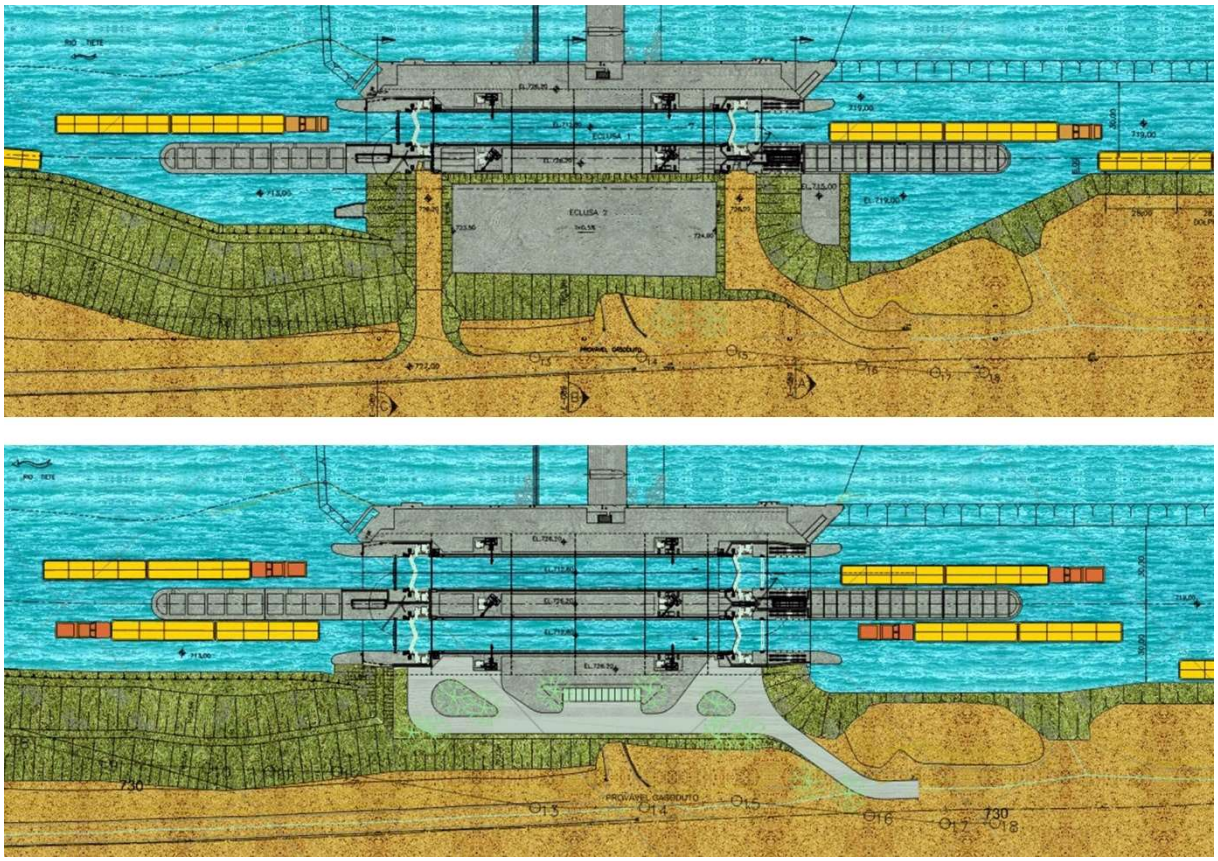


Fig. 150: Fases da construção da eclusa da Penha: fase 1 (acima), concluída, com uma câmara de eclusa, e fase 2 (abaixo) com duas câmaras. Fonte: DH e ENGECORPS (2010).

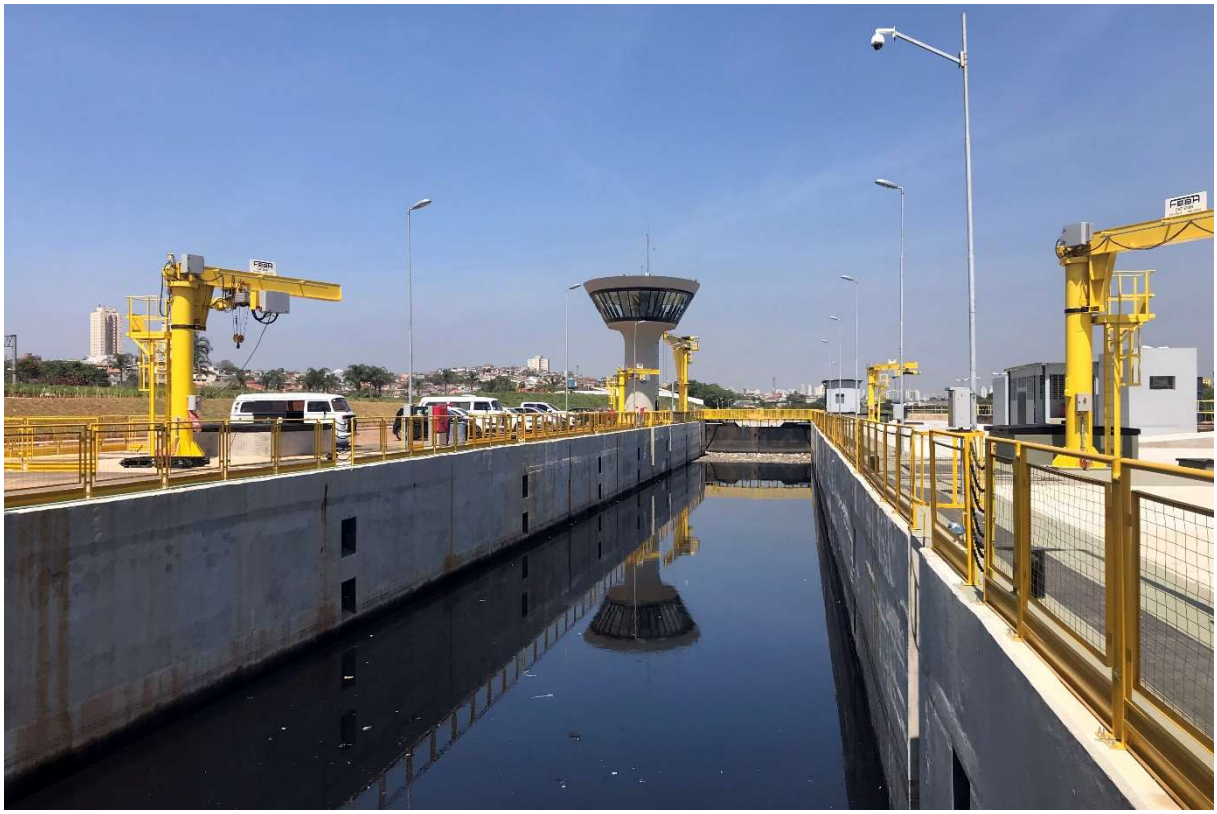


Fig. 151: Câmara da eclusa da Penha, recém-concluída. Fonte: foto do autor, outubro de 2017.

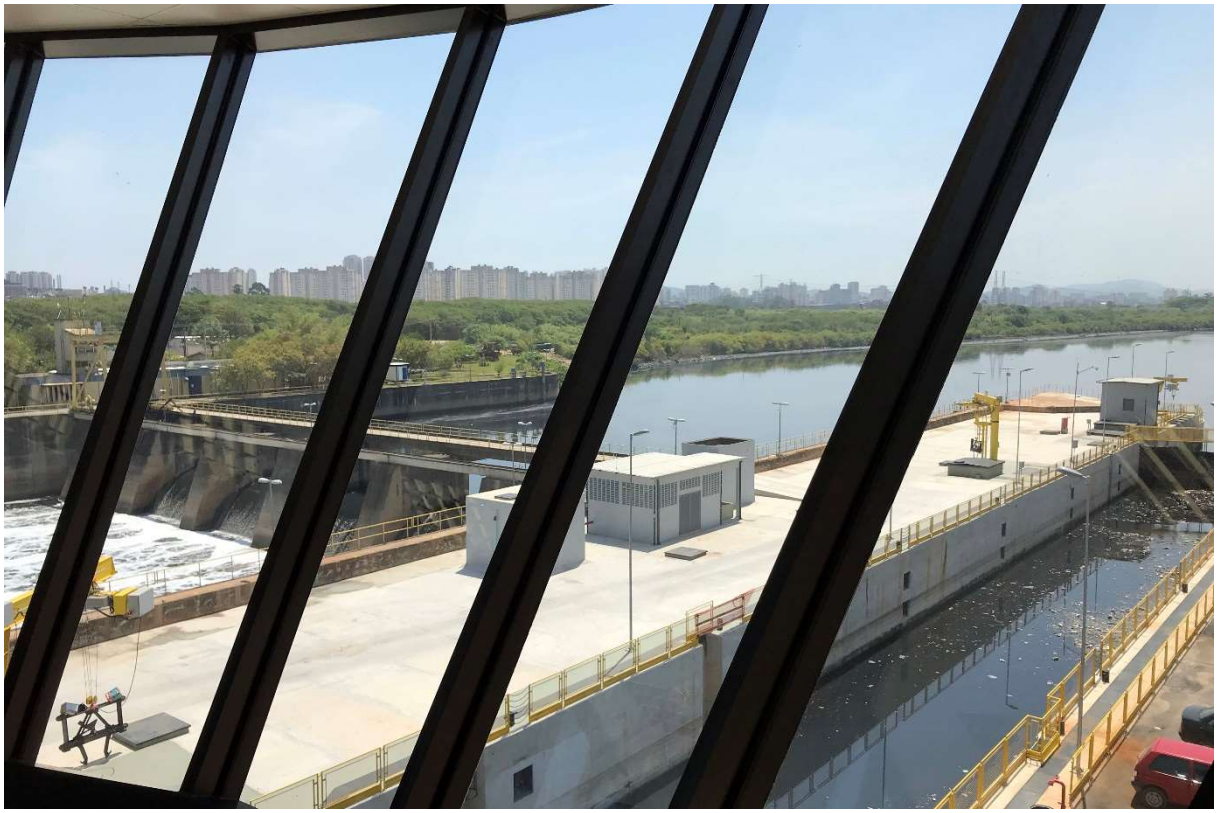


Fig. 152: Câmara da eclusa e barragem móvel da Penha vistas a partir da torre de comando da eclusa. Fonte: foto do autor, outubro de 2017.

Com a conclusão das obras da eclusa da Penha, temos um estirão navegável de 59 km ao longo do Tietê, incluindo o trecho de 45 km da barragem de Edgard de Souza até a barragem da Penha, através da eclusa do Cebolão, e o trecho de 14 km a montante da barragem da Penha, chegando até São Miguel Paulista (fig. 153). A princípio, mantidas as condições atuais do canal do Tietê, não seriam necessárias novas barragens ou eclusas neste trecho[36], sendo, portanto, deixadas de lado as propostas anteriores, sendo elas as barragens de Osasco e da Ponte Grande, sugeridas em 1925 por Saturnino de Brito, a barragem da ponte do Limão, proposta por Ulhôa Cintra e Lysandro Silva em 1940, e a barragem da ponte de Vila Guilherme, proposta pela PROMON em 1978. Apesar de não estarem ligados ao Tietê por eclusas, os trechos inferior e superior do rio Pinheiros, bem como as represas Billings e Guarapiranga, também já são navegáveis isoladamente (fig. 154).

Para possibilitar a navegação no rio Tietê a montante da barragem da Penha, as barragens e eclusas de São Miguel Paulista e de Itaquaquecetuba, propostas em 1978 pela PROMON, continuam válidas, tendo as mesmas sido incorporadas, com as devidas atualizações, nas diretrizes do projeto de 2011 para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011). Em PROMON (1978b) também é sugerida a implantação da barragem de Brás Cubas, a montante da foz do rio Jundiaí, que possibilitaria a navegação até Mogi das Cruzes. Apesar de não fazer parte do escopo do projeto de 2011 para o 'Hidroanel', tal barragem pode ser considerada uma diretriz também válida.

[36] Vale ressaltar que uma das alternativas para melhoria da macrodrenagem estudada no PDMAT3 consiste no aprofundamento e aumento de inclinação do canal do Tietê, no trecho entre a Barragem do Cebolão e a Barragem de Edgard de Souza, o que modificaria as atuais condições para navegação.

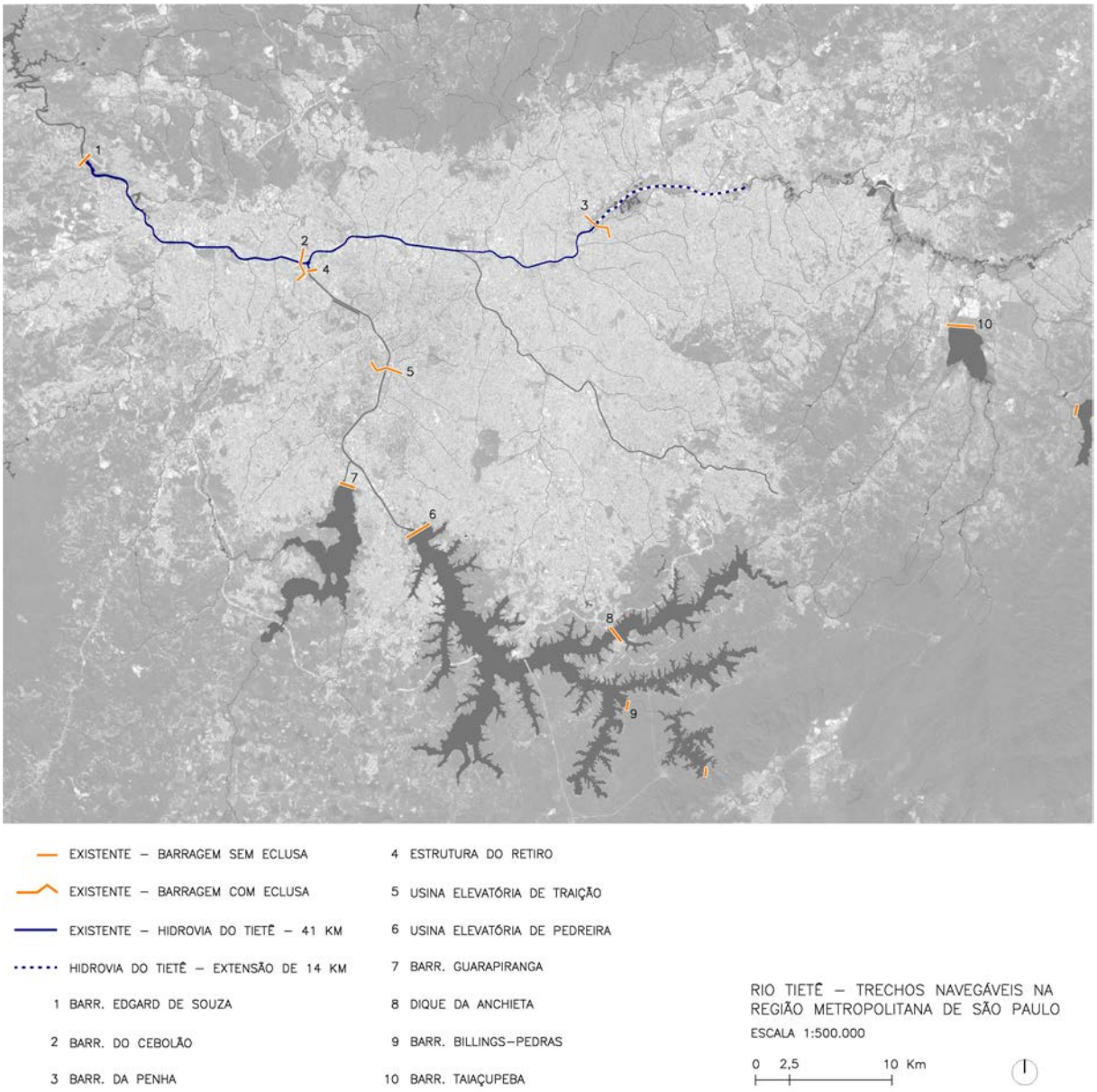


Fig. 153: Mapa do trecho navegável de 45 km do rio Tietê na RMSP, e prolongamento de 14 km a montante da eclusa da Penha. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base em CAD da Emplasa e imagem de satélite do Google Earth.

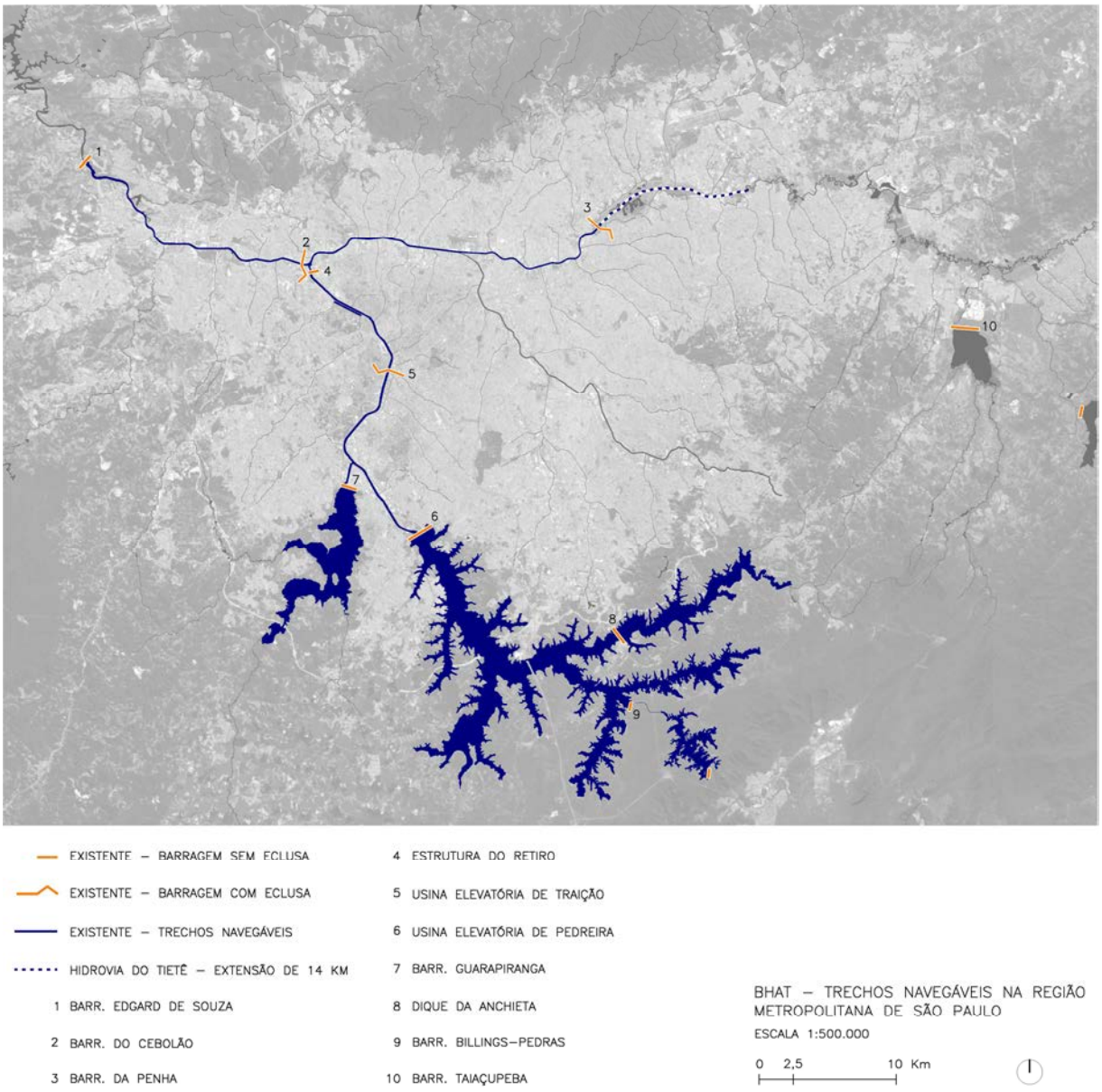


Fig. 154: Mapa dos trechos navegáveis na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, incluindo os trechos inferior e superior do rio Pinheiros e as represas Billings e Guarapiranga, que, apesar de não estarem conectados por eclusas, são navegáveis isoladamente. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base em CAD da Emplasa e imagem de satélite do Google Earth.

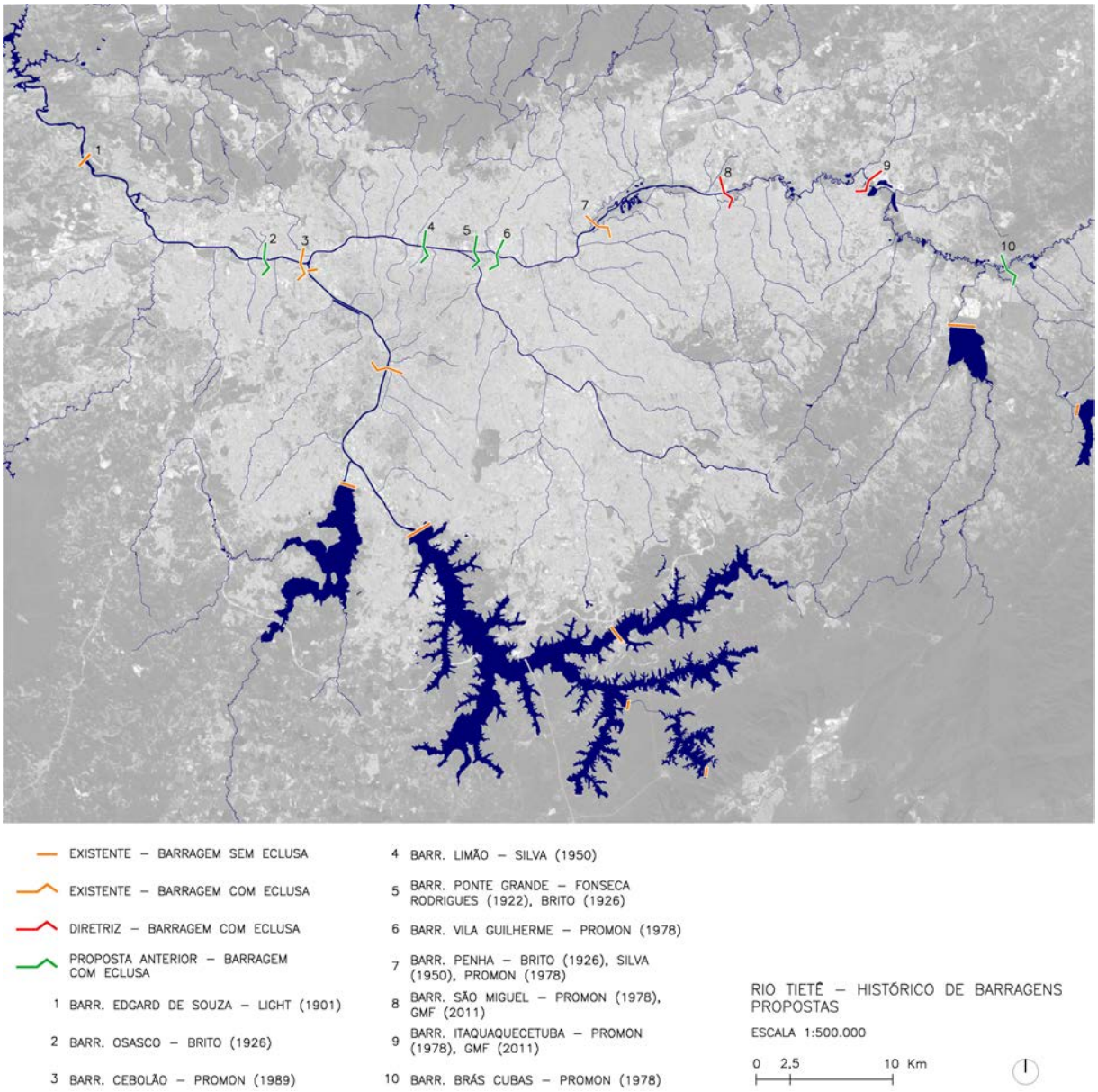


Fig. 155: Mapa das barragens existentes e propostas para o trecho metropolitano do rio Tietê. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base em CAD da Emplasa e imagem de satélite do Google Earth.

CAPÍTULO 2. PROGRAMA

Este capítulo tem como objetivo discorrer sobre os instrumentos da legislação, referências de projeto e conceitos que servirão de base para a ação projetual.

No subcapítulo 2.1 são apresentados os instrumentos implementados nas últimas décadas que representaram avanços para a gestão integrada das águas urbanas, com destaque para a 'Política Estadual de Recursos Hídricos' do Estado de São Paulo, de 1991, que teve como resultado diversos planos e ações envolvendo diferentes municipalidades e atores sociais. Mais recentemente, instrumentos tendo a Macrometrópole Paulista como área de abrangência, assim como planos municipais de drenagem urbana, podem abrir caminhos para a articulação de ações nas mais variadas escalas das bacias hidrográficas.

O subcapítulo 2.2 apresenta o projeto para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo', que serve como ponto de partida para a presente pesquisa e articula três importantes políticas públicas, Política Nacional de Recursos Hídricos, Política Nacional de Resíduos Sólidos e Política Nacional de Mobilidade Urbana, tendo os rios como eixos estruturadores de uma ocupação urbana com qualidade ambiental.

Por fim, o subcapítulo 2.3 apresenta os principais conceitos que amparam a ideia da cidade fluvial imaginada pelo projeto do 'Hidroanel', apresentando também referências projetuais desses conceitos.

2.1. Gestão integrada das águas urbanas

Como pudemos concluir a partir do breve histórico apresentado anteriormente, muitos dos problemas em relação às águas em São Paulo devem-se a uma visão pautada em interesses particulares, que não considerou a necessidade de se integrar a gestão dos rios urbanos a outros fatores componentes da realidade complexa da cidade. Nesse sentido, para além de um problema de hidráulica ou um problema técnico, o problema dos rios urbanos em São Paulo é primordialmente um problema social e político, que herda características decorrentes de uma concepção fragmentada de redes de serviço que nega a ideia de planejamento integrado do espaço, deixando de considerar diferentes questões em torno de um projeto comum. A falta de uma visão integrada no planejamento, aliada à rápida expansão urbana de São Paulo, deu origem ao atual cenário onde os rios e córregos da cidade deixam de ser aproveitados em suas múltiplas potencialidades, perdendo assim o caráter de importantes elementos da vida da cidade.

Esta situação se repete em grande parte das cidades brasileiras, nas quais a gestão das águas se resume ao abastecimento da população com água potável, coletada a montante da área urbanizada, e no despejo do esgoto a jusante, sem tratamento. A drenagem da água pluvial, por sua vez, é realizada por canais, através da retificação dos rios ou construção de galerias enterradas. Analisando o cenário internacional, Tucci (2008) considera que as cidades dos países desenvolvidos saíram deste padrão de gestão das águas nos anos 1970, quando foram iniciadas medidas de tratamento de esgoto doméstico e medidas de controle das inundações urbanas através de detenções, amortecendo os picos de cheia. A partir dos anos 1990, resolvidos os problemas primários de esgoto e inundações, diversas cidades observaram a necessidade de tratamento da poluição difusa, carregada pela água pluvial, e de uma adequada coleta e tratamento dos resíduos sólidos. Para tanto, começaram a desenvolver modelos de gerenciamento integrado das infraestruturas urbanas, a fim de permitir a implantação de medidas estruturais de controle de poluição e escoamento superficial distribuídas pela bacia hidrográfica, e de medidas não-estruturais de prevenção e planejamento da ocupação urbana.

Segundo Tucci (2008), estes diferentes períodos de desenvolvimento das infraestruturas nas cidades de países desenvolvidos podem ser classificados em higienista (até 1970), corretivo (de 1970 a 1990) e sustentável (de 1990 até o momento), segundo tabela a seguir.

Estágio do desenvolvimento sustentável urbano nos países desenvolvidos (TUCCI, 2008)		
Anos	**Período**	**Características**
Até 1970	Higienista	Abastecimento de água sem tratamento de esgoto, transferência para jusante do escoamento pluvial por canalização.
1970 - 1990	Corretivo	Tratamento de esgoto, amortecimento quantitativo da drenagem e controle do impacto existente da qualidade da água pluvial. Envolve principalmente a atuação sobre os impactos.
1990 - Até o momento	Sustentável	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; controle dos micro poluentes, da poluição difusa e desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial através da recuperação da infiltração.

Tabela 08: Estágio do desenvolvimento sustentável urbano nos países desenvolvidos. Fonte: TUCCI (2008).

No Brasil, a grande maioria das cidades ainda apresenta características do período 'higienista', caminhando aos poucos para o 'corretivo', como no caso de São Paulo, onde o 'Projeto Tietê', da SABESP, avança na construção de interceptores de esgoto, e onde desde 1998, a partir da primeira versão do Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia do Alto Tietê (PDMAT), as diretrizes para macrodrenagem urbana apontam a necessidade de construção de reservatórios de amortecimento de cheias, os 'piscinões'. As medidas do período denominado 'sustentável' ainda têm pouco desenvolvimento no Brasil, encontrando bastante resistência nas administrações públicas principalmente devido aos desafios da gestão de estruturas difusas e descentralizadas.

Para uma efetiva mudança na relação das cidades brasileiras com suas águas faz-se necessário uma nova forma de gestão, através de uma integração ampla de infraestruturas. Nesse sentido, o termo 'águas urbanas' se diferencia dos serviços de saneamento ao abranger uso do solo, infraestruturas urbanas e serviços públicos visando metas de qualidade de vida e ambiental (TUCCI, 2015). Para desenvolver a 'gestão integrada das águas urbanas' é necessária a integração entre os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e de planejamento urbano, envolvendo também setores como os de habitação e de transporte urbano, que, embora não se caracterizem como usuários de recursos hídricos, são decisivos na determinação dos processos de uso e ocupação do solo, com grande interferência sobre a preservação de áreas de mananciais e zonas de restrição de enchentes (SILVA; PORTO, 2003)

A criação da 'Política Nacional do Meio Ambiente', de 1981, como reflexo da crescente preocupação mundial com questões ambientais, e das posteriores 'Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo', de 1991, e 'Política Nacional de Recursos Hídricos', de 1997, foram importantes passos na formulação de diretrizes de desenvolvimento integrado das infraestruturas regionais e urbanas, visando a implantação de novos modelos de gestão fundados nos princípios da descentralização e participação social. Através dessas políticas, foram criados comitês de bacias hidrográficas para a elaboração de planos específicos para cada bacia, que representaram um grande avanço ao possibilitar o envolvimento de diferentes municipalidades e atores sociais em projetos comuns.

Mais recentemente, a complexidade das relações entre a Região Metropolitana de São Paulo e regiões vizinhas, principalmente no que tange ao abastecimento de água e circulação de mercadorias, fez surgir uma nova escala de planejamento, a Macrometrópole Paulista, permitindo projetos a ações mais abrangentes e integrados. Ao mesmo tempo, alguns estudos, como o 'Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo', ressaltam a necessidade de especial atenção às sub-bacias e microbacias hidrográficas, através de ações distribuídas nas bacias e ações não estruturais de planejamento e gestão que possibilitariam a recuperação da qualidade ambiental urbana dos bairros. Esse conjunto de ações envolvendo diferentes escalas de intervenção, atores sociais e jurisdições pode abrir caminho para uma desejável gestão integrada das águas urbanas, com consequente aproveitamento dos múltiplos usos das águas.

- Primeiros estudos de integração de infraestruturas urbanas em São Paulo

Podemos considerar que os estudos apresentados em 1925 pela Comissão de Melhoramentos do Tietê[1], sob a coordenação do Eng. Saturnino de Brito, representam a primeira tentativa de uma maior integração das infraestruturas urbanas, abordando conjuntamente temas como defesa contra inundações, abastecimento de água, navegação, geração de energia e descarga dos esgotos. Adotando uma visão abrangente da bacia hidrográfica do Alto Tietê, Brito (1926, p. 92) salienta que "os estudos deveriam ser levados ao longo do rio e seus afluentes até as cabeceiras, no sentido de se ver que obras podem fazer-se para modificar o regime do rio a montante, quer retardando a afluência duma parte das águas, quer detendo-as em represas". Do mesmo ponto de

[1] Relatório intitulado 'Melhoramentos do rio Tietê na cidade de São Paulo', apresentado ao Sr. Firmiano Pinto, prefeito de São Paulo, em outubro de 1925, impresso na íntegra em BRITO, 1926.

vista, os estudos deveriam descer até a barragem de Parnaíba, para se conhecerem os acidentes que deveriam ser removidos ou aproveitados para facilitar o escoamento das águas.

Brito reconhece, assim, que seus estudos, focados na cidade de São Paulo, deveriam ir para além dos limites do município, pertencendo mais à iniciativa do Governo do Estado que à do Municipal, para que fosse possível abranger outras utilidades da água como irrigação, abastecimento e explorações hidrelétricas. Mesmo com tais limitações de jurisdição, trata-se de um exemplo extremamente valioso de abordagem integrada das infraestruturas nas variadas escalas da bacia hidrográfica, reunindo questões que só voltariam a ser pensadas conjuntamente muitas décadas depois, contendo, portanto, princípios que continuam válidos para pensarmos soluções para os dias atuais.

Na década de 1950, o desenvolvimento industrial e consequente aumento da população da metrópole de São Paulo, associados à escassez de recursos hídricos na região da BHAT e aos conflitos na utilização dos mesmos, geraram uma complexidade de questões que muitas vezes escapava à alçada dos órgãos técnicos municipais e estaduais incumbidos de atuar em setores específicos de usos da água. Neste contexto, o Governo do Estado de São Paulo, através do Departamento de Águas e energia Elétrica (DAEE), encomendou em 1963 um plano de 'Desenvolvimento Global dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê e Cubatão', realizado pelo convênio Hidroservice-Brasconult-Cesa (HIBRACE). Para acompanhar e orientar os trabalhos contratados foi organizada pelo DAEE uma Comissão de Planejamento do Alto Tietê (COPLAT), com representantes dos diversos órgãos estaduais relacionados aos recursos hídricos (HIBRACE, 1968).

O 'Plano HIBRACE', como ficou conhecido, tinha como principais objetivos o abastecimento de água para a população e indústrias, o destino conveniente dos esgotos, o controle das enchentes, e a geração de energia elétrica (op. cit.) (fig. 156). Trata-se de um importante plano que serviu de base, nas décadas seguintes, para a construção de diversas represas de grande relevância para o controle de enchentes e o abastecimento público, muitas das quais já haviam sido propostas nos estudos de Brito de 1925. Vale ressaltar, porém, que o plano propiciava condições para a manutenção do *status quo* de desenvolvimento da cidade, baseado em importações complexas de água, circulação de bens e pessoas pelo modal rodoviário, alta impermeabilização do solo e ocupação urbana sobre áreas de várzea de rios e córregos, sem representar, assim, um avanço significativo para outros usos da água, como lazer e navegação.

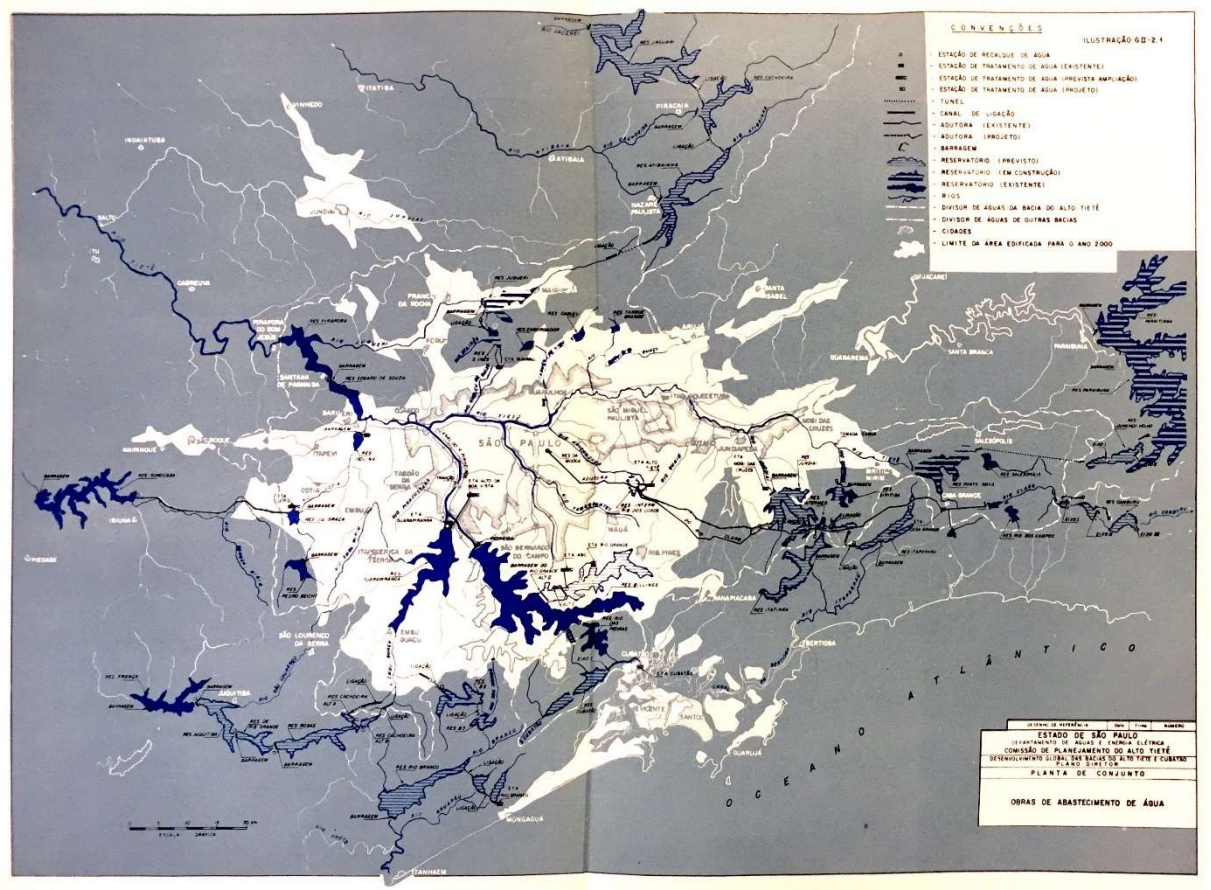


Fig. 156: Planta de abastecimento de água, com novas barragens propostas pelo Plano HIBRACE. Fonte: HIBRACE (1968).

2.1.1 Política Nacional do Meio Ambiente e Política Nacional de Recursos Hídricos

A partir dos anos 1960 nota-se uma crescente preocupação mundial com a questão ambiental, que toma corpo no pós-Segunda Guerra, com a demonstração do potencial destrutivo do arsenal atômico existente. A 'Crise dos Mísseis de 1962'[2] deixa ainda mais evidente o perigo ambiental eminente e o poder de autodestruição da humanidade. Soma-se a isso, principalmente nos países subdesenvolvidos, a escassez de recursos cruciais para a sobrevivência humana e os desdobramentos negativos da industrialização e da urbanização (MARTINS; PIANOVSKI, 2013). Neste contexto ganham força movimentos de contracultura, como a greve geral de maio de 1968 na França e o movimento hippie nos Estados Unidos.

[2] O episódio chamado de 'Crise dos Mísseis de 1962' refere-se aos treze dias de impasse entre Estados Unidos e União Soviética, em outubro de 1962, devido à instalação de mísseis nucleares soviéticos na ilha caribenha de Cuba. Fonte: <http://www.infoescola.com/historia/crise-dos-misseis-de-1962/>

Na esfera ambiental, diversas conferências da Organização das Nações Unidas (ONU) desde 1972 apontam para a necessidade de proteção dos recursos naturais para o bem-estar humano, incluindo, em 1992, a Comissão das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, a ECO-92. Um dos primeiros reflexos deste movimento ambientalista no Brasil foi a criação, em 1968, do 'Centro Tecnológico de Saneamento Básico' (CETESB), ao qual competia, entre outros, "promover [...] pesquisas e estudos no campo da engenharia sanitária em geral e, em particular, no setor de saneamento básico, especialmente no que se relacione com a qualidade das águas de abastecimento, técnicas de purificação, tratamento e disposição de águas residuais, bem como com os demais aspectos relativos ao uso da água" (SÃO PAULO, 1968).

Em 1981, a Lei Federal 6.938 estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, criando o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo responsável em estabelecer as bases técnicas para implantação do SISNAMA. Segundo Palermo (2011), com a implementação desta Política diversos setores envolvidos com o meio ambiente passaram a atuar de forma mais consistente, uma vez que havia sido criado um arcabouço legal e institucional para desenvolver e implantar um sistema de gestão ambiental no país.

Em relação aos recursos hídricos, o CONAMA representou um avanço importante na legislação, que até então contava somente com o Código das Águas, primeiro marco legal em relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil, implantado pelo Decreto Federal 24.643 em 1934. Dentre as atribuições fundamentais do CONAMA podemos citar: (1) estabelecer normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, principalmente os hídricos; e (2) incentivar a instituição e o fortalecimento institucional dos Conselhos Estaduais e Municipais de Meio Ambiente, de gestão de recursos ambientais e dos Comitês de Bacia Hidrográfica (BRASIL, 1981).

O avanço mais importante em relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil veio com a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, também conhecida como Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A Política Nacional de Recursos Hídricos coloca em seu artigo 1º que a água é um recurso natural limitado, de domínio público, mas dotado de valor econômico. Por ser limitado prevê-se que, em

casos de escassez de água no país, seu uso deve ser prioritariamente destinado ao consumo humano e animal. Dispõe que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, e coloca a bacia hidrográfica como unidade territorial a ser adotada para a implementação da lei através da atuação do SINGREH. Por fim, coloca que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) têm como função implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, articulando órgãos gestores e formuladores de políticas nas esferas federal, estadual e municipal. Tem como princípios básicos: (1) a descentralização da obtenção e produção de dados e informações; (2) a coordenação unificada do sistema; e (3) o acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade, fornecendo subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos. Os Planos de Recursos Hídricos devem conter as diretrizes gerais em relação ao crescimento urbano, localização das atividades industriais, proteção dos mananciais, exploração mineral, irrigação, e saneamento, segundo as necessidades de recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos das bacias ou regiões hidrográficas correspondentes.

O SINGREH engloba as seguintes entidades: (1) o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), com representantes de Ministérios, Conselhos Estaduais, dos usuários e organizações civis, com o poder de arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; (2) a Agência Nacional das Águas (ANA); (3) os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; (4) os Comitês de Bacias Hidrográficas, com representantes da União, dos Estados, dos Municípios, dos usuários e de organizações civis, com atribuições de arbitrar conflitos entre usuários, arbitrar rateio de custos de obras de uso múltiplo, aprovar planos de bacia e valores cobrados dos usuários; (5) as Agências de Água, entidades de cunho executivo, que podem atender à um comitê ou a vários comitês, com atribuição de elaborar estudos e planos diretores, gerir sistemas de informações, contrair e conceder empréstimos, efetuar cobranças e propor aos respectivos comitês planos de aplicação de recursos financeiros e rateio das obras, possuindo a mesma área de atuação dos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica; e (6) entidades federais, estaduais e municipais com atribuições relacionadas ao aproveitamento dos recursos hídricos, ou organizações civis interessadas no aproveitamento dos recursos hídricos, tais como consórcios intermunicipais e órgãos de ensino e pesquisa (BRASIL, 1997).

A Agência Nacional das Águas, que integra o SINGREH, foi criada pela Lei Federal 9.984 de 2000 como uma autarquia especial, com autonomia administrativa e financeira, e vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, com a finalidade de implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos.

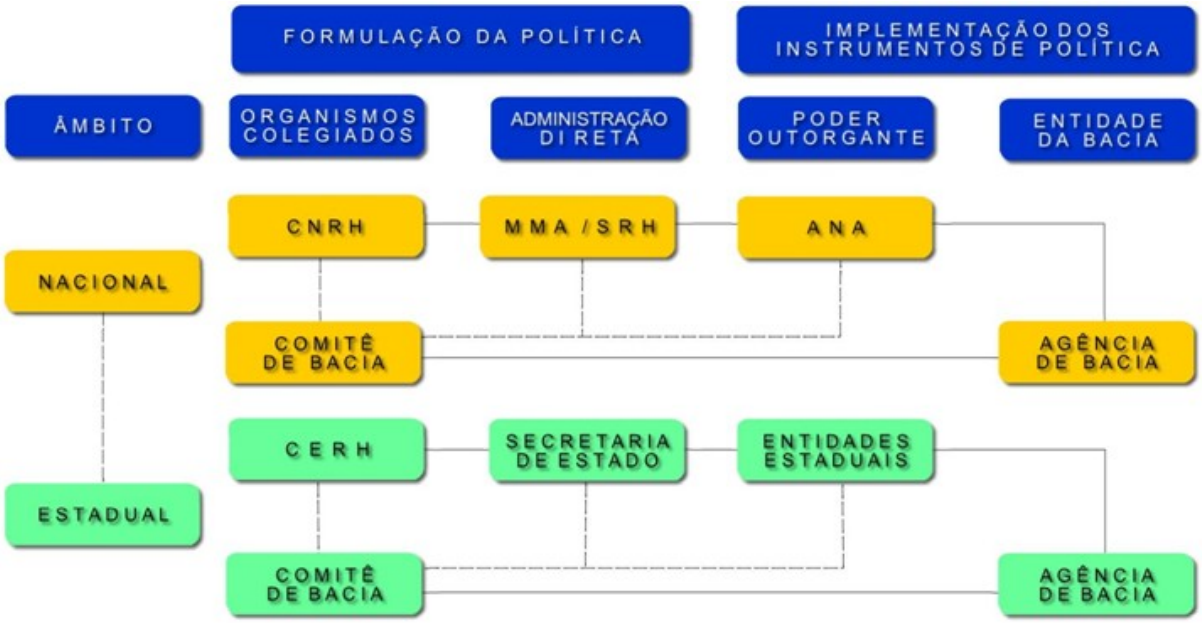


Fig. 157: Estrutura Institucional do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Fonte: Ministério do Meio Ambiente.

As águas são definidas como recursos ambientais, e, portanto, são legisladas nesse contexto, podendo ser utilizadas como recursos hídricos quando apresentarem demanda, disponibilidade e qualidade. Desta forma, é importante o entendimento de que a gestão das águas, como recursos ambientais, demande normas, critérios e padrões específicos que sejam estabelecidos pelas instituições que compõe o SISNAMA, efetuando a prevenção e o controle da poluição e contaminação bem como a proteção do ambiente fluvial, a fim de possibilitar a gestão do recurso hídrico para os múltiplos usos pelas instituições que compõe o SINGREH.

2.1.2. Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo

De forma pioneira, o Estado de São Paulo, através da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos. Segundo Delijaicov (2017)[3], as origens dessa política remontam à reuniões do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, criado em 1987, nas quais o engenheiro Mendes Thame e o biólogo Mario Mantovani[4] alertaram para a problemática da reversão das águas do rio Piracicaba, através do Sistema Cantareira, para o abastecimento da RMSP. Tal reversão prejudicaria o desenvolvimento econômico da região de Campinas, abastecida pela bacia do rio Piracicaba, que, por sua vez, é um rio interestadual, cujas nascentes estão localizadas no estado de Minas Gerais, de forma que sua gestão seria responsabilidade federal. Para a solução desses conflitos foi elaborada então a Política Estadual de Recursos Hídricos, baseada em referências Holandesas e Francesas, que serviu de base para a posterior Política Nacional de Recursos Hídricos, de 1997 (informação verbal).

A Política Estadual de Recursos Hídricos contém princípios bastante avançados, como o conceito de usuário-pagador, que previa o pagamento pela utilização dos recursos hídricos, e o conceito de poluidor-pagador, que possibilitaria autuar as indústrias que poluíam corpos hídricos ao medir a poluição a montante e a jusante das mesmas, o que as levou a tratar seus esgotos. Também se baseia em um gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, com a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento, e com ênfase na utilização múltipla dos recursos hídricos, especialmente para fins de abastecimento urbano, irrigação, navegação, agricultura, turismo, recreação, esportes e lazer. Na mesma lei também foi criado o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SigRH) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH) como órgão central do SigRH.

O SigRH tem como objetivo a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos e a formulação, atualização e aplicação do Plano Estadual de Recursos Hídricos. É representado por membros do Estado, dos Municípios e da Sociedade Civil e tem como base o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), documento elaborado a cada quatro anos, a partir dos Planos de Bacia específicos de cada um dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado. O Sistema conta

---

[3] Informação fornecida por Alexandre Delijaicov durante reunião de orientação em setembro de 2017.

[4] Mário Cesar Mantovani foi um dos fundadores da Fundação SOS Mata Atlântica, criada em 1986, sendo atualmente Diretor de Políticas Públicas da instituição. Participou também, em 1991, da formação do Núcleo União Pró Tietê, através da SOS Mata Atlântica, que resultou na formulação, por parte do governo do estado em 1993, do 'Projeto Tietê', atualização do projeto Sanegran de tratamento de esgotos, com apoio do BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento (SOS MATA ATLÂNTICA, 2016).

também com o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), o qual viabiliza financeiramente projetos ligados aos Recursos Hídricos (SigRH, 2017).

A partir da Política Estadual de Recursos Hídricos foram criados 21 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) no Estado de São Paulo. Os Comitês de Bacia Hidrográfica, integrantes do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SigRH), são órgãos colegiados, consultivos e deliberativos, de nível estratégico, com atuação descentralizada nas respectivas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). As UGRHIs foram estabelecidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual 9.034/94), e constituem unidades territoriais com dimensões e características que permitam e justifiquem o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos, e, em geral, são formadas por partes de bacias hidrográficas ou por um conjunto delas, não podendo ser consideradas como bacias hidrográficas.

O Estado de São Paulo possui 22 UGRHIs, cada uma com um Comitê de Bacia Hidrográfica correspondente, com exceção das UGRHIs 20 e 21, que fazem parte do mesmo comitê. As UGRHIs estão inseridas dentro das sete regiões/bacias hidrográficas do Estado: (1) Bacia do Rio Tietê, com área de 72.391 km², não incluindo a parte da bacia do rio Piracicaba situada em território mineiro; (2) Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Grande, com área de 56.961 km²; (3) Bacia do Rio Paraíba do Sul, com área de 14.444 km², formada pela porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul; (4) Região Hidrográfica da Vertente Litorânea, com área de 21.834 km²; (5) Região Hidrográfica da Vertente Paulista do rio Paranapanema, com área de 51.833 km²; (6) Região Hidrográfica Aguapeí/Peixe, com área de 23.965 km²; e (7) Região Hidrográfica de São José dos Dourados, com área de 6.783 km² (SÃO PAULO, 2013) (figs. 159 e 160).

A criação das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) representam um significativo avanço em direção à uma gestão integrada das águas urbanas ao estabelecer as regiões hidrográficas como unidades administrativas, possibilitando assim planos e ações conjuntos entre diferentes municípios que pertençam à uma mesma URGHI.

Fig. 158: Inserção do Estado de São Paulo nas regiões hidrográficas da Divisão Hidrográfica Nacional. Fonte: PERH 2012-2015 (SÃO PAULO, 2013).

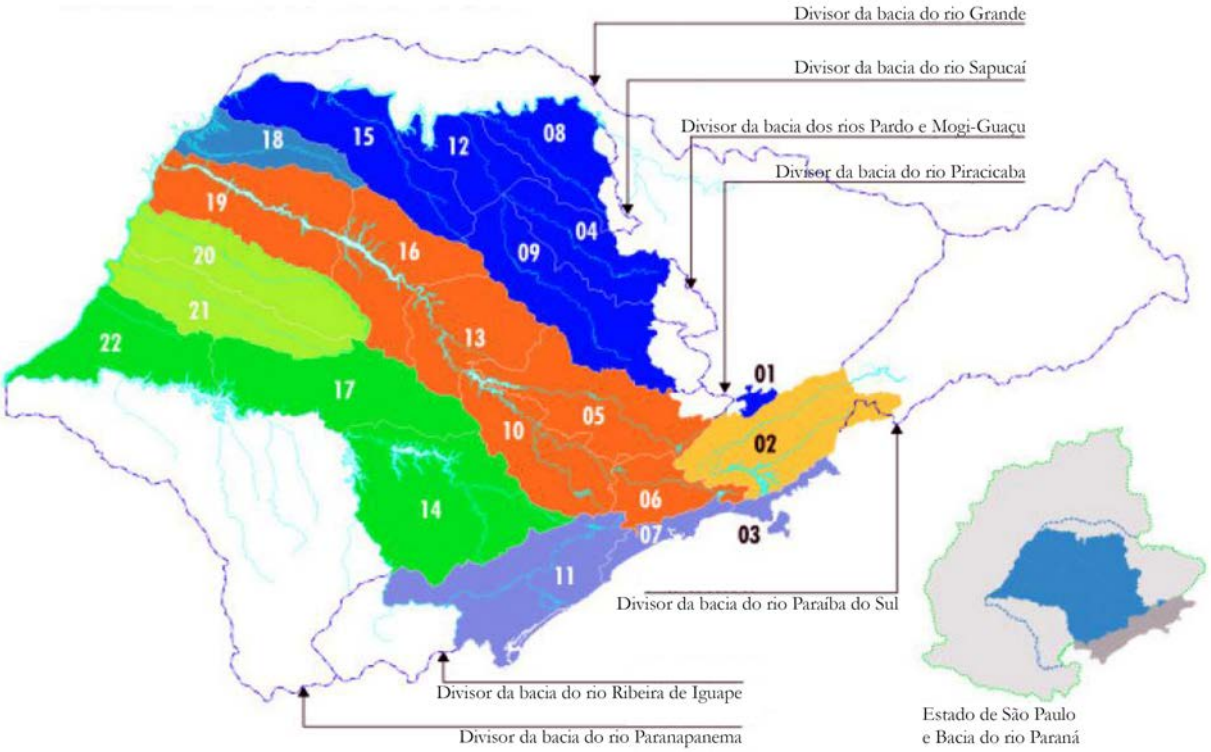


Fig. 159: Inserção das 22 UGRHIs nas 7 regiões/bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Fonte: adaptado pelo autor a partir de base do PERH 2004-07 (SÃO PAULO, 2006).

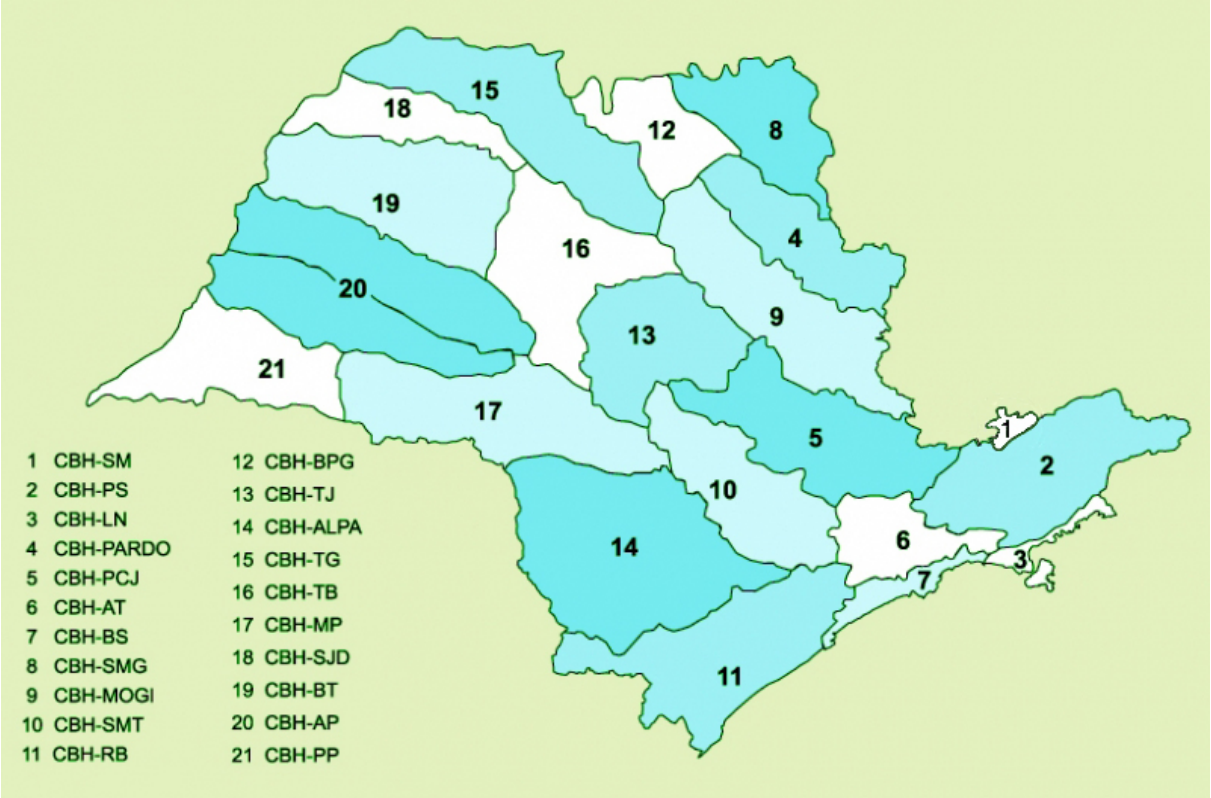


Fig. 160: Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo. Fonte: adaptado pelo autor a partir de base do CBH-SM, disponível em: <www.comitesm.sp.gov.br>. Acesso em 21/07/2017.

Como consequência da 'Política Estadual de Recursos Hídricos', foi desenvolvido, entre 1993 e 1995, o 'Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista'. Tal plano foi encomendado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e realizado pelo Consórcio HIDROPLAN, constituído pelas empresas de consultoria COPLASA, ETEP, FIGUEIREDO FERRAZ, HIDROCONSULT e MAUBERTEC, ficando conhecido pelo nome de 'Plano HIDROPLAN'. Diferentemente do Plano HIBRACE, da década de 1960, o Plano HIDROPLAN contava com a participação, para além de técnicos, da sociedade civil, representada nos Comitês de Bacia e no Conselho Estadual de Recursos Hídricos (HIDROPLAN, 1995).

O principal objetivo do plano era fornecer subsídios para solucionar o conflito de uso de água entre as bacias do Alto Tietê e Piracicaba. Segundo Makibara (1998), durante a formulação do plano os debates foram acirrados, e mesmo após a conclusão dos estudos algumas diretrizes foram contestadas. Uma das principais propostas apresentadas foi a possibilidade, através da aplicação do conceito usuário-pagador, de ressarcimento da Bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiaí pela importação da água através do sistema Cantareira, sendo os custos pagos pelo

conjunto dos consumidores da RMSP. Em relação à macrodrenagem na RMSP, foi prevista, entre outras obras, a implantação de um túnel extravasor de excedentes de cheias da bacia do rio Tamanduateí, com desemboque no rio Perequê na vertente marítima, que não foi executado, assunto que foi abordado com maior profundidade no subcapítulo 1.2 (HIDROPLAN, 1995; MAKIBARA, 1998).

2.1.3. Problemática das águas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), inserida inteiramente no estado de São Paulo, corresponde à área drenada pelo rio Tietê, desde sua nascente, no município de Salesópolis, até o município de Pirapora do Bom Jesus, num total de 5.985 km², com extensa área urbanizada e integrada por 35 municípios. Trata-se de uma bacia de cabeceira, ou seja, contém nascentes de rios, apresentando, portanto, um volume de água relativamente pequeno. Ao mesmo tempo, segundo Silva (2015), a região da BHAT apresenta um alto índice pluviométrico, na faixa dos 1.400 mm por ano, o que faz com que haja uma dupla vulnerabilidade de escassez e cheias, típica das áreas de montante das bacias hidrográficas. Tal situação de vulnerabilidade tem se agravado ao longo do último século em virtude das agressivas alterações produzidas pela urbanização.

A BHAT corresponde à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 06, gerida pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT), que por sua vez está dividido em cinco subcomitês: Tietê-Cabeceiras, Billings-Tamanduateí, Juqueri-Cantareira, Cotia-Guarapiranga e Pinheiros-Pirapora[5] (CBH-AT, 2002). Tais subcomitês e respectivas sub-bacias foram criados de modo a facilitar a administração dos conflitos existentes, tendo sido considerados para sua definição aspectos administrativos, hidrológicos e topográficos.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)[6], instituída em 1973, engloba a totalidade da BHAT, concentrando 39 municípios. É o maior polo de riqueza nacional, com 18% do total do

[5] Apesar de existirem 5 subcomitês, a BHAT está dividida em 6 sub-bacias, sendo o subcomitê Pinheiros-Pirapora responsável pelas sub-bacias Penha-Pinheiros e Jusante Pinheiros-Pirapora.

[6] A organização da RMSP tem por objetivo promover a cooperação entre diferentes níveis de governo visando a utilização racional do território, dos recursos naturais e culturais e a proteção do meio ambiente. Para tanto, foi criado o Conselho de Desenvolvimento da RMSP, com representantes de cada município, para deliberar sobre planos, projetos, programas, serviços e obras a serem realizados com recursos financeiros do Fundo de Desenvolvimento da RMSP (SÃO PAULO, 2011).

PIB brasileiro e 55% do PIB paulista, abrigando quase 50% da população estadual, com 21,2 milhões de habitantes em 2016 (EMPLASA, 2017).

A problemática de recursos hídricos da BHAT decorre, principalmente, do fato da RMSP ser uma das áreas de maior adensamento urbano do mundo, com significativo setor industrial e de serviços, possuindo, entretanto, baixa disponibilidade hídrica por habitante. Para se sustentar, depende da importação de água de bacias vizinhas, como é o caso do Sistema Cantareira, abastecido através da reversão das águas das cabeceiras do Rio Piracicaba, pertencente ao Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH-PCJ), ao norte da Bacia do Alto Tietê. Para a expansão da disponibilidade hídrica da RMSP seriam necessárias novas reversões que dependem de negociação com as bacias vizinhas, já que a região, como um todo, apresenta fortes demandas de abastecimento industrial e agrícola (CBH-AT, 2002). Por outro lado, a importação de bacias vizinhas com boa disponibilidade, como a da Baixada Santista e Ribeira do Iguape, resultam em custos muito altos devido às distâncias e desníveis a serem vencidos, além dos significativos impactos ambientais.

Como é possível observar na fig. 161, a relação demanda/vazão disponível de água na BHAT é de 432%, ou seja, de cada 4,32 litros de água utilizados na região, 3,32 são provenientes de bacias hidrográficas vizinhas. O esquema apresentado na fig. 162 mostra três relações fundamentais entre a BHAT e as unidades hidrográficas vizinhas. Ao Norte tem-se a importação, mediante reversão, de até 31 m^3/s da bacia do rio Piracicaba, vital para o abastecimento urbano da RMSP. As duas outras relações referem-se a descargas, sendo à Oeste a relação com a Bacia do Médio Tietê/Sorocaba, fluxo natural do rio Tietê, que recebe uma grande carga poluidora proveniente da RMSP, e ao sul a descarga do reservatório Billings, através da reversão do rio Pinheiros, para a geração de energia na usina de Henry Borden (SILVA; NUCCI; COSTA, 2012).

Para além da baixa disponibilidade hídrica, o processo de urbanização da região resultou em inúmeros problemas urbanos, como relatado no capítulo 1, que tem como consequência intensa degradação ambiental, principalmente pela ocupação das áreas de várzea e lançamento de esgotos nos corpos hídricos. Tal situação foi agravada nas últimas décadas com a expulsão da população de baixa renda para as zonas periféricas da cidade, o que promoveu a ocupação de áreas de proteção a mananciais, como os entornos das represas Guarapiranga e Billings. Segundo o CBH-AT (2009):

> [...] tal ocupação traz esgoto doméstico, lixo e a carga difusa de poluição gerada nas áreas urbanizadas, levando ao comprometimento da qualidade da água bruta e à possível inviabilização de uso do manancial, dado o aumento do custo do tratamento e também à ameaça de redução da qualidade da água a ser distribuída para a população devido à possível presença de substâncias tóxicas associadas à poluição urbana. É importante enfatizar que a perda de qualquer um dos mananciais superficiais hoje utilizados para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo implicará em transtornos irreparáveis ao sistema de abastecimento da região, dado o nível de investimento que será necessário para repô-lo (CBH-AT, 2009).

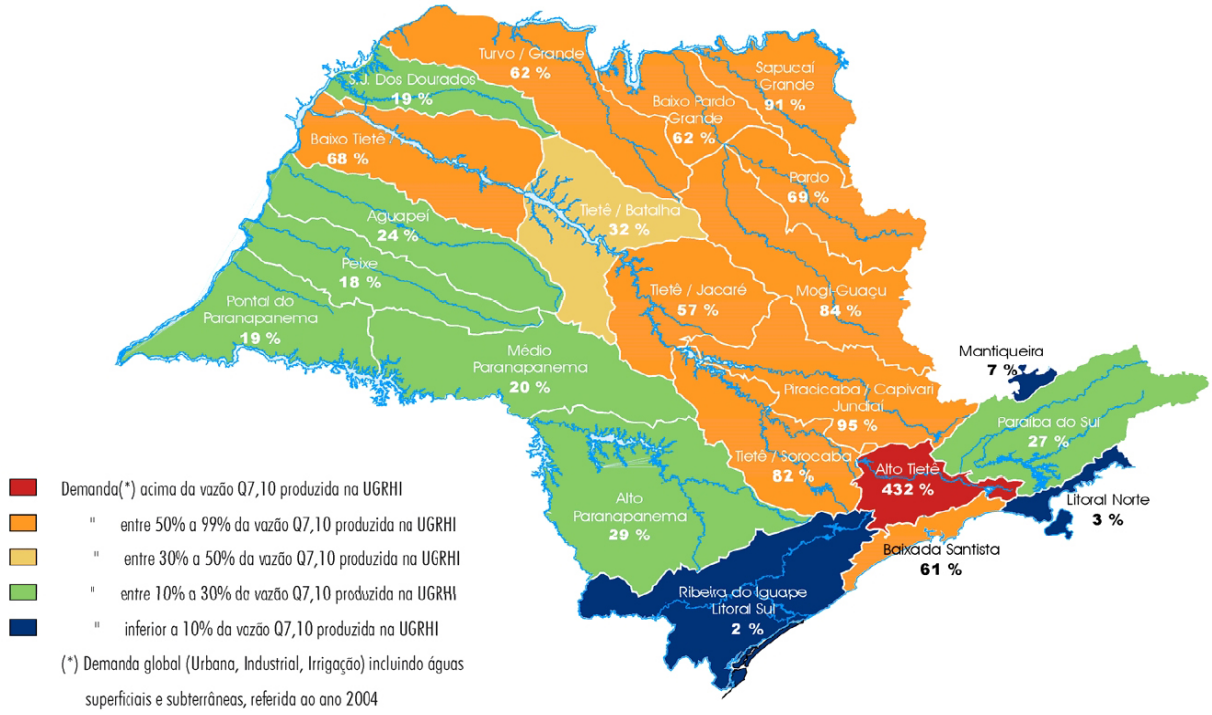


Fig. 161: Disponibilidade Hídrica (demanda/vazão disponível, em %) das UGRHIs do Estado de São Paulo. Fonte: Silva (2011).

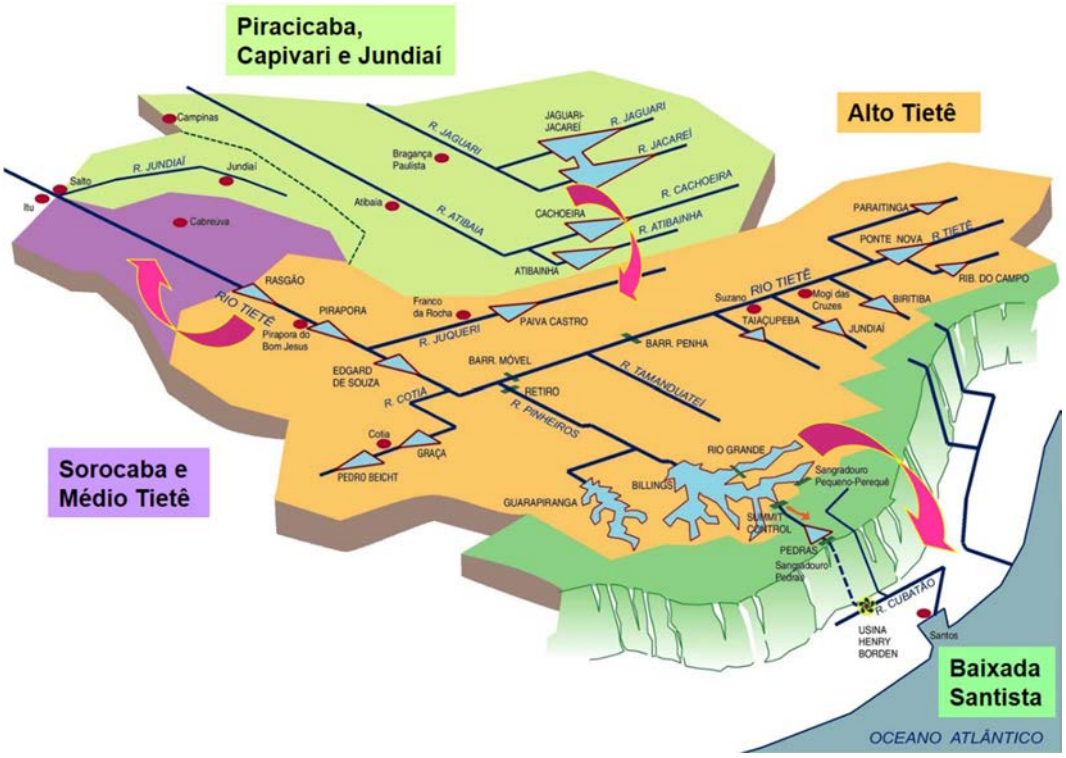


Fig. 162: Esquema da relação da BHAT com bacias vizinhas. Fonte: Silva (2011) - Elaboração: Hiroaki Makibara.

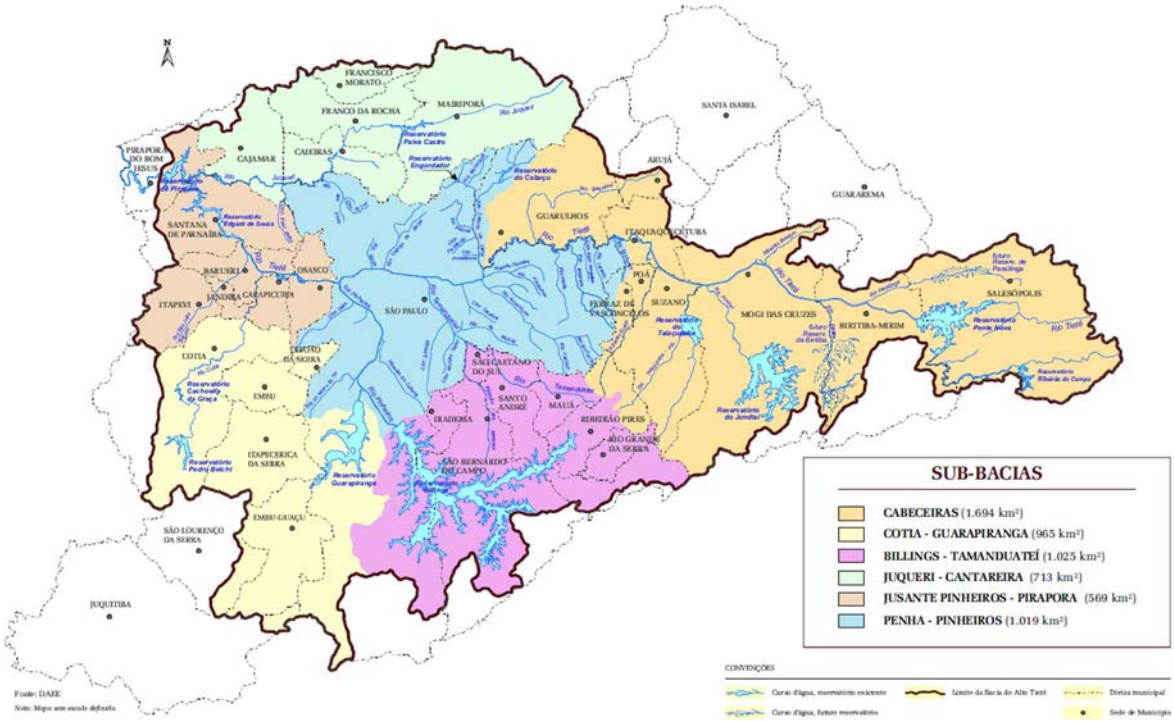


Fig. 163: Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) inserida na RMSP, e divisão de sub-bacias. Notar que as sub-bacias foram definidas levando em conta aspectos administrativos, hidrológicos e topográficos. Fonte: CBH-AT, 2002.

- Macrodrenagem urbana na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

Em relação à macrodrenagem urbana na BHAT, segundo Silva, Nucci e Costa (2012), o processo de uso e ocupação do solo na Região Metropolitana de São Paulo tem seguido um padrão de adensamento e verticalização que, por um lado, contribui para a ocorrência de inundações e, por outro, agrava suas consequências. Tal fato associado a alta média anual de precipitação pluviométrica na BHAT, devido à proximidade com a costa, cria uma situação de alta vulnerabilidade para a qual as soluções possíveis necessariamente dependem da operação de estruturas hidráulicas, esquematizadas na figura 164.

O primeiro grande complexo de estruturas hidráulicas é formado pelos reservatórios do Sistema Produtor do Alto Tietê (SPAT), entre as nascentes do Tietê e a barragem da Penha, construídos a partir das propostas de 1925 de Saturnino de Brito atualizadas pelo Plano HIBRACE em 1968. Para além do abastecimento de água, esses reservatórios são fundamentais para o controle de inundações da metrópole, pois possibilitam a retenção das ondas de cheia (op. cit.). Faz parte deste primeiro complexo de estruturas a barragem da Penha, que propicia a armazenagem das águas do Tietê nas áreas de várzeas a montante da barragem, sendo essencial a manutenção e ampliação dessa retenção através de iniciativas como a do Parque Várzeas do Tietê. Nesse sentido, a construção da Eclusa da Penha, recém-inaugurada junto à barragem, será de grande utilidade ao permitir, entre outros, o transporte hidroviário do sedimento de dragagem proveniente do desassoreamento a ser realizado a montante da barragem, ampliando assim a capacidade de reservação deste lago.

O trecho central da BHAT, que se inicia a jusante da Barragem da Penha, é o que abriga a maior densidade urbana de todo o complexo metropolitano, e consequentemente é o trecho mais crítico em relação à drenagem urbana. Neste trecho localizam-se grande parte das obras previstas nas duas primeiras versões, de 1998 e 2008, do Plano Diretor de Macrodrenagem da bacia do Alto Tietê (PDMAT), sendo as mais significativas os 50 reservatórios de amortecimento, ou 'piscinões', construídos nas sub-bacias dos afluentes do Tietê, com objetivo de amortecer os picos de cheia e adequá-los às vazões de restrição impostas.

O PDMAT3, concluído em 2014, adota uma visão mais abrangente que as duas versões anteriores, englobando toda a bacia do Alto Tietê. Dentre as novas diretrizes previstas no PDMAT3 estão a construção de mais 160 reservatórios de amortecimento, a construção de

diques nas margens do Tietê a montante da barragem da Penha, para proteger as áreas urbanizadas na várzea contra inundações e limitar o crescimento urbano, e novas obras na calha do Tietê para adequá-la ao crescimento das vazões nas últimas décadas. Dentre as alternativas estudadas para o Tietê estão (1) a construção de um túnel com 49 km de distância, entre a foz do Tamanduateí e o trecho a jusante da barragem de Rasgão, para o desvio de até 1.050 m²/s de água (fig. 165), e (2) um novo rebaixamento e aumento de declividade da calha do Tietê, aumentando sua capacidade máxima de vazão para 2.000 m³/s (fig. 166) (DAEE, 2014). Tais obras fazem parte de um conjunto de ações para os próximos 20 anos orçado em cerca de R$ 13,5 bilhões[7].

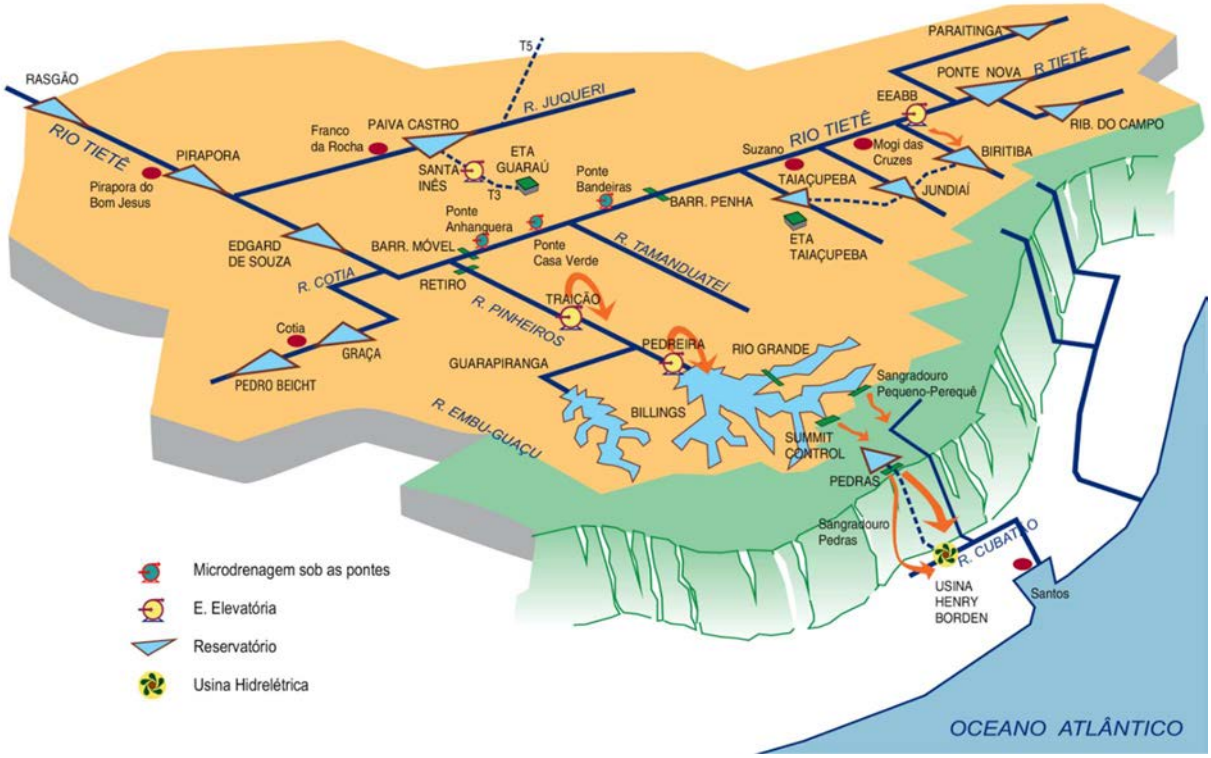


Fig. 164: Esquema operacional das estruturas hidráulicas da BHAT. Fonte: Silva (2011) - Elaboração: Hiroaki Makibara.

[7] Fonte: reportagem do jornal 'Estado de São Paulo', disponível em < http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,estado-planeja-rebaixar-mais-o-tiete-e-o-pinheiros-e-construir-160-piscinoes,10000020938>. Acesso em 29/12/2017.

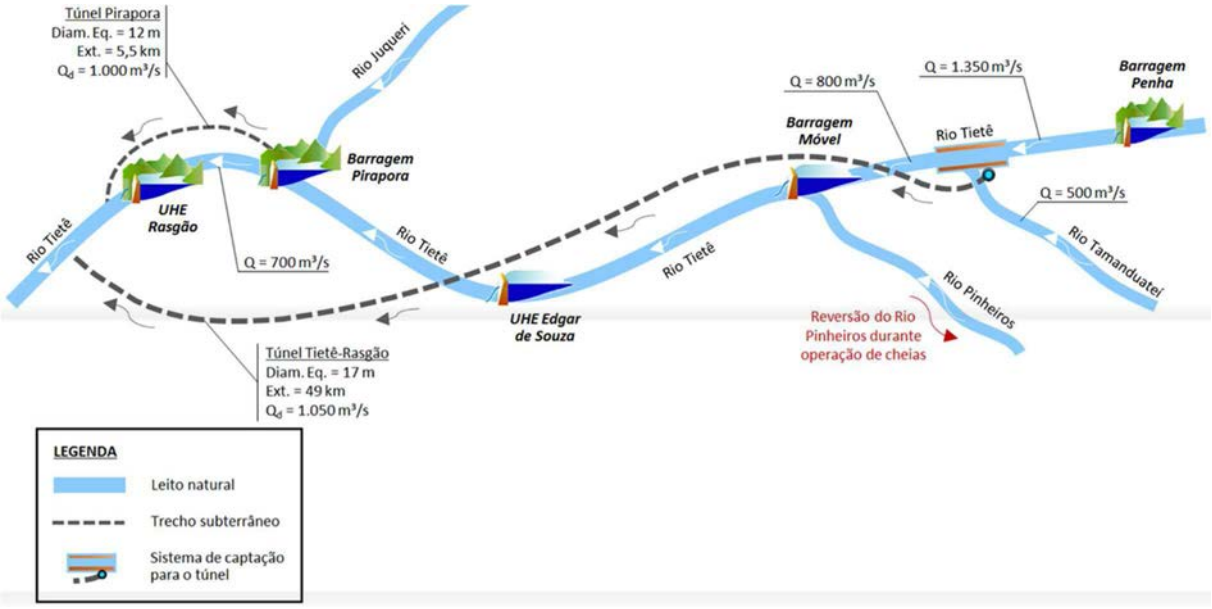


Fig. 165: Alternativa proposta pelo PDMAT3 para o rio Tietê, com desvio de vazões por túneis. Fonte: DAEE (2014)

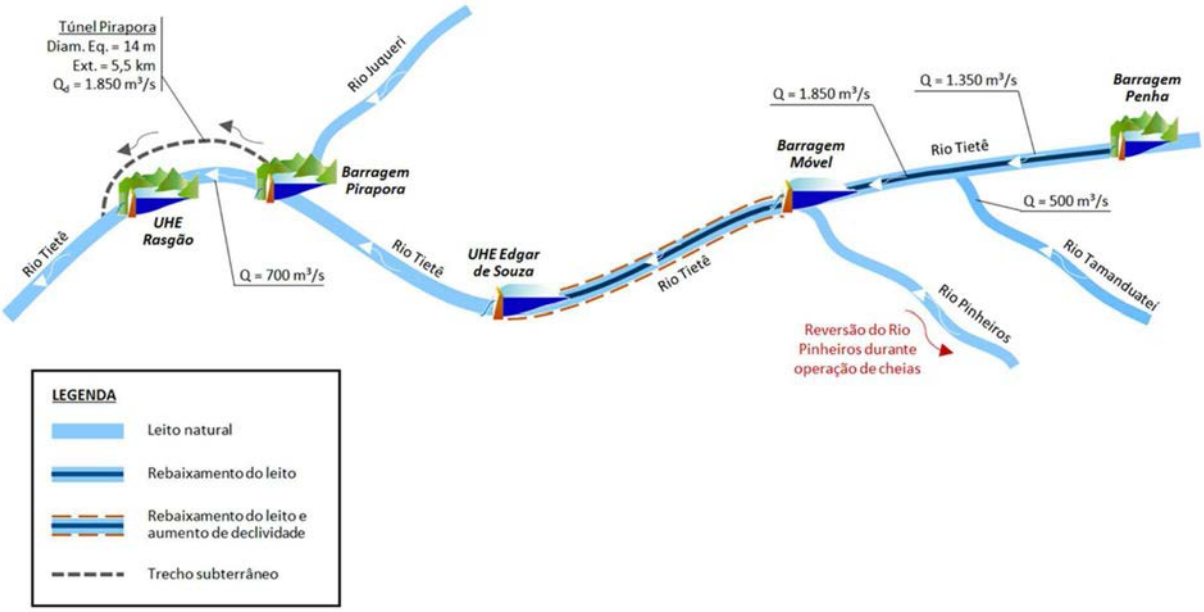


Fig. 166: Alternativa proposta pelo PDMAT3 para o rio Tietê, com rebaixamento do leito e aumento de declividade. Fonte: DAEE (2014)

Para além das grandes obras propostas para a rede de macrodrenagem da metrópole, que agem predominantemente nos impactos causados pela urbanização, o PDMAT3 propõe diversas ações não estruturais, dentre elas a instituição dos 'Distritos de Drenagem', com o objetivo de possibilitar uma maior eficácia na busca de soluções para a drenagem urbana. Foram definidos 12 'Distritos de Drenagem', criados a partir de divisões das 6 sub-bacias instituídas pelo Comitê da

Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT) nos anos 2000 (fig. 167). Em paralelo a essa rearticulação distrital, foi proposta a implantação de um novo modelo de gestão do sistema de drenagem, com a criação de um organismo gestor denominado 'Gestor Metropolitano de Drenagem' (GMD), que centralizaria as ações voltadas à integração das atribuições estaduais e municipais relativas à drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DAEE, 2014).

A partir da atuação desta nova gestão, os 'Distritos de Drenagem' poderiam ser segmentados em 'Subdistritos de Drenagem' para a execução de atividades de nível local, como operação e manutenção de estruturas hidráulicas, limpeza das bocas de lobo, conservação de mecanismos de remoção de poluição difusa e conservação de mecanismos de infiltração e sedimentação. Também é previsto o estabelecimento do 'Zoneamento Ambiental Urbano' para cada distrito de drenagem, identificando áreas passíveis de risco ambiental e espaços propícios para o desenvolvimento de atividades de lazer e proteção ambiental. Outra importante atribuição do GMD seria a expansão do 'Sistema de Monitoramento, Previsão e Alerta na BHAT', eliminando lacunas e aprimorando o atual 'Sistema de Alerta de Inundações de São Paulo' (SAISP), mantido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (DAEE, 2014).

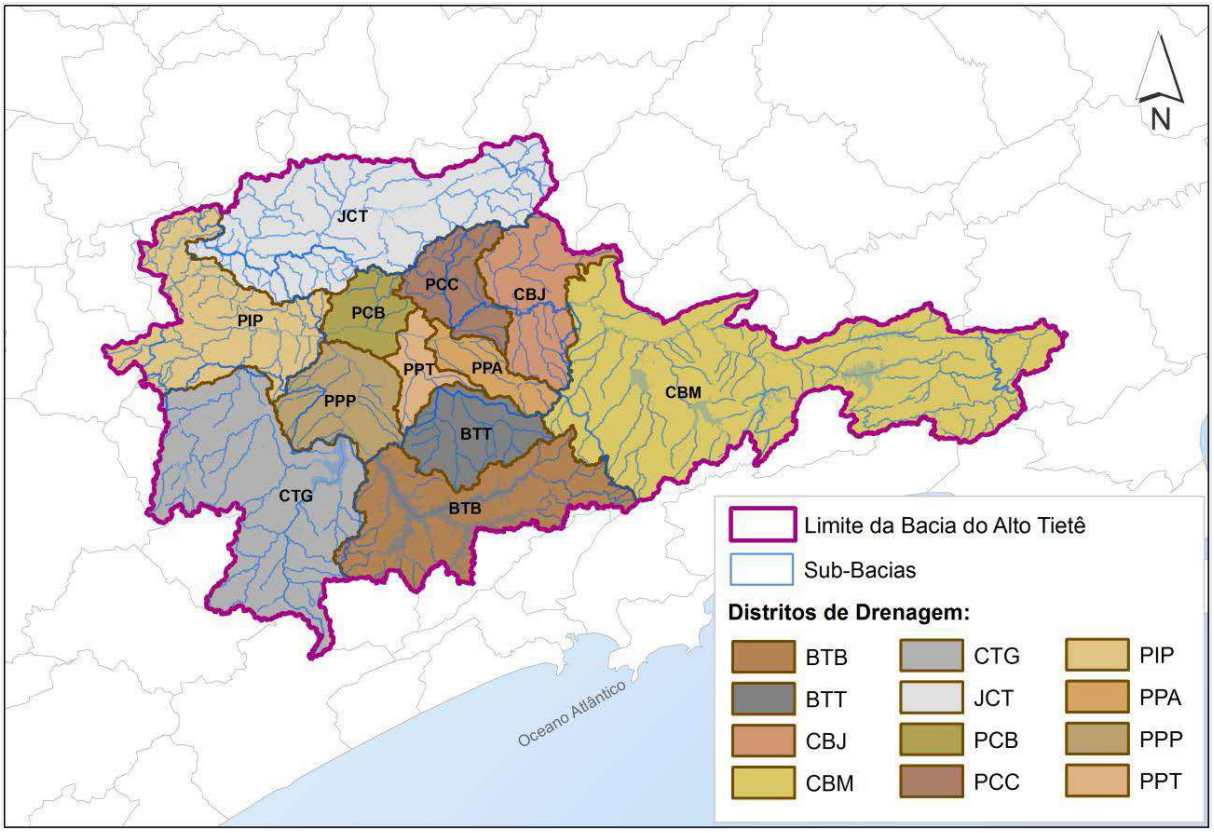


Fig. 167: 'Distritos de drenagem' propostos pelo PDMAT3 para a BHAT. Fonte: DAEE (2014)

- Plano municipal de drenagem urbana

Paralelamente ao PDMAT3 foi desenvolvido pela Prefeitura do Município de São Paulo o 'Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo' (PMAPSP), que teve como um de seus produtos o 'Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais', com conceitos similares aos dos 'Distritos de Drenagem' do PDMAT3. Tal manual sugere a adoção das sub-bacias hidrográficas como unidades de planejamento para a aplicação de intervenções em menor escala, com retenção dos escoamentos na fonte, ou seja, próximo de onde são gerados, com o objetivo de retardar a chegada das águas aos rios (FCTH; SMDU, 2012). Como já comentamos na introdução deste capítulo, as medidas de controle na fonte já são largamente utilizadas em cidades nos EUA e Europa, tendo ainda poucos exemplos de aplicação nas cidades brasileiras. Apesar dos desafios envolvidos, tratam-se de alternativas que devem ser consideradas frente aos custos extremamente altos das grandes obras propostas pelo PDMAT3, e ao fato de que tais obras não servem aos usos múltiplos das águas.

Segundo o manual do FCTH e SMDU (2012), as medidas de menor porte no âmbito das sub-bacias devem ocorrer em paralelo e de forma aderente ao PDMAT3, de forma que as ações sejam pensadas em conjunto para que os resultados se somem. Também são propostas ações integradas com outros setores como habitação, enfatizando a necessidade do envolvimento da população para uma maior efetividade das ações. Como primeiros resultados do PMAPSP e do seu 'Manual de Drenagem', foram concluídos em 2016 os chamados 'Cadernos de Bacias Hidrográficas', elaborados pela Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB) em parceria com o FCTH, cujos objetivo básico é fornecer subsídios para o planejamento e gestão do sistema de drenagem das sub-bacias hidrográficas (FCTH; SIURB, 2016).

Com alguns princípios semelhantes aos do 'Zoneamento Ambiental Urbano' proposto no PDMAT3, os 'Cadernos de Bacias Hidrográficas' propõe a instituição de um 'zoneamento de inundação' como diretriz para a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de risco de inundação, visando minimizar as perdas materiais e humanas resultantes das inundações. As ações propostas adotam o conceito da 'convivência com as inundações', com reservatórios de retenção de menor porte, 'in-line' (com a vazão do córrego passando através do reservatório) e com lâmina d'água permanente, sendo incorporados em parques lineares ao longo dos córregos (fig. 168). Tal zoneamento seria incorporado no Plano Diretor Estratégico (PDE) e na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS) (FCTH; SIURB, 2016).

Fig. 168: Proposta para parque linear dos 'Cadernos de Bacias Hidrográficas', com estruturas de restrição de seção no córrego Jabaquara, na bacia do córrego Águas Espraiadas. Fonte: FCTH; SIURB (2016).

2.1.4. Macrometrópole Paulista

Para além do abastecimento de água da RMSP, para o qual é necessária a reversão de água de bacias vizinhas, diversas outras questões infraestruturais como mobilidade urbana entre cidades, transporte de cargas, saneamento, geração de energia e áreas para expansão urbana extrapolam os limites físicos e institucionais da metrópole de São Paulo, fazendo surgir a necessidade de novos mecanismos para a gestão conjunta com regiões vizinhas. Como exemplo, a poluição lançada no rio Tietê em sua passagem pela RMSP avança por muitos quilômetros a jusante da barragem de Edgard de Souza, o que demonstra as inevitáveis relações intermunicipais para além da Metrópole. Segundo relatório da SOS Mata Atlântica (2016), o trecho de rio com qualidade de água ruim e péssima, portanto imprópria e indisponível para usos múltiplos, possui extensão de 137 km, entre os municípios de Itaquaquecetuba, a jusante do Parque Ecológico do Tietê (a 90 km da nascente) e o município de Cabreúva (a 218 km da nascente)[8].

Negreiros, Santos e Miranda (2015) ressaltam que a criação das regiões metropolitanas, a partir de 1973, não foi acompanhada do equacionamento de condições para desenvolver e implantar instrumentos adequados de gestão, especialmente soluções para o financiamento de projetos de interesse comum. Essas estruturas de governança incorporaram mecanismos de financiamento via fundos metropolitanos, e, com a crise econômica dos anos 1980, o montante de investimentos federais diminuiu, fazendo com que as pautas municipais ganhassem centralidade nas agendas governamentais. Segundo as autoras, somente a partir de 2010 a pauta metropolitana

[8] No Início do 'Projeto Tietê' de despoluição, em 1993, o rio estava 'morto' em um trecho de 530 km, de Mogi das Cruzes até o reservatório de Barra Bonita. No fim de 2010, ao término da segunda etapa do Projeto Tietê, o trecho de rio morto compreendia uma extensão de 243 km, de Suzano até Porto Feliz (SOS MATA ATLÂNTICA, 2016).

voltou a ganhar importância, com a discussão no Congresso Nacional sobre o Projeto de Lei do Estatuto da Metrópole, sancionado em janeiro de 2015. Trata-se de um novo marco regulatório para as regiões metropolitanas brasileiras, que institui a chamada governança metropolitana plena, na qual haveria prioridade para alocação de recursos e recebimento de mecanismos de incentivo.

O Estatuto da Cidade[9], criado em 2001, já continha instrumentos para o compartilhamento da gestão entre entes federativos, que foram aprimorados no Estatuto da Metrópole. Segundo o Estatuto da Metrópole (BRASIL, 2015), a governança metropolitana plena é uma condição de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas que possuam (1) formalização e delimitação mediante lei complementar estadual; (2) estrutura de governança interfederativa própria; e (3) um plano de desenvolvimento urbano integrado (PDUI) aprovado mediante lei estadual. A governança interfederativa, por sua vez, é o "[...] compartilhamento de responsabilidades e ações entre entes da Federação em termos de organização, planejamento e execução de funções públicas de interesse comum" (op. cit.).

Sá et al. (2016) consideram a governança interfederativa uma das mais importantes inovações apresentadas pelo Estatuto da Metrópole, ao permitir o planejamento e a execução de funções públicas de interesse mútuo. Para tanto, a região metropolitana ou aglomeração urbana deve elaborar o Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado (PDUI), a ser revisado a cada 10 anos, e que serve de base para a atualização, no prazo de três anos após sua aprovação, dos Planos Diretores de todos os municípios envolvidos. Tomando como exemplo a questão das águas urbanas, trata-se de um grande avanço ao facilitar o diálogo entre municípios na elaboração de projetos abrangentes na escala das bacias hidrográficas de rios intermunicipais.

A partir dessa retomada da agenda metropolitana nas discussões governamentais, foi concebida no Estado de São Paulo, em 2011, a Macrometrópole Paulista (MMP), que abriga, além da RMSP, as regiões metropolitanas da Baixada Santista, de Campinas, de Sorocaba e do Vale do Paraíba e Litoral Norte, e as Aglomerações Urbanas de Jundiaí e de Piracicaba e a Unidade Regional Bragantina, ainda não institucionalizada. Trata-se da principal área socioeconômica do país, com crescente integração técnica e funcional entre suas regiões, concentrando 174 municípios, 74,6% da população e 82,5% do PIB estadual (EMPLASA, 2017). O objetivo da organização da MMP é criar um meio de cooperação entre níveis de governo e entre o governo e

[9] Estatuto da Cidade: Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.

o setor privado, com acompanhamento e controle da sociedade, através da governança metropolitana. Seria possível, assim, a realização de ações coordenadas de vários agentes com base em uma visão de integração das políticas setoriais, de intervenção em distintas escalas urbanas e, também, de uso de novos modelos de financiamento (NEGREIROS; SANTOS; MIRANDA, 2015).

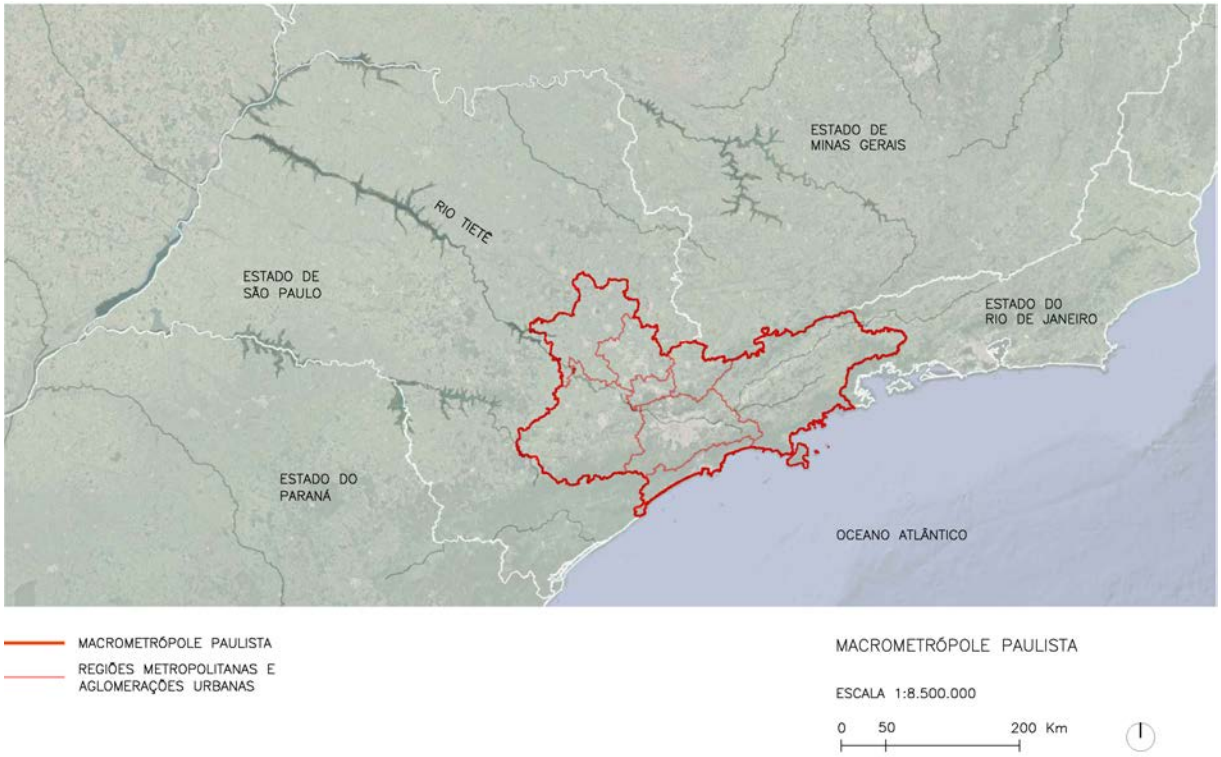


Fig. 169: Inserção da Macrometrópole Paulista no Estado de São Paulo, com subdivisão de Regiões Metropolitanas e Aglomerações Urbanas. Fonte: produzido pelo autor a partir de base da EMPLASA disponível em <http://www.sim.emplasa.sp.gov.br/mapa>). Acesso em setembro de 2017.

Várias ações de governo, em especial no seu planejamento, passaram a considerar essa nova escala da urbanização paulista. Foi elaborado então pela EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento S/A – o 'Plano de Ação da Macrometrópole Paulista (PAM) 2013-2040', um instrumento de planejamento de curto, médio e longo prazo visando a articulação e integração de mais de 145 projetos e 70 ações. O plano foi elaborado por especialistas de 11 secretarias estaduais, autarquias e empresas públicas, que hierarquizaram, sequenciaram e precificaram os diferentes projetos prevendo a apropriação dos mesmos pelos sucessivos governos das próximas três décadas (EMPLASA, 2014). Para Silva (2015), o PAM representa um avanço importante no âmbito do planejamento urbano e regional, ao reconhecer a complexidade de escala que

extrapolou a das regiões metropolitanas isoladamente. Desta forma, abrem-se caminhos para movimentos mais abrangentes de compartilhamento e integração de diferentes modos de infraestrutura.

Dentre as principais questões que abrangem a escala da Macrometrópole Paulista (MMP) podemos apontar o planejamento do transporte de cargas e passageiros, abordado pelo Plano Diretor de Logística e Transporte – PDLT 2030, em desenvolvimento pela Secretaria de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo, e o aproveitamento dos recursos hídricos, abordado pelo Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos da MMP, elaborado pelo DAEE entre 2008 e 2013. As diretrizes de ambos os planos estão consideradas no PAM, articuladas com os demais projetos para a MMP.

- A Macrometrópole Paulista e o transporte de cargas e passageiros

O atual sistema logístico para transporte de cargas do Estado de São Paulo apresenta hoje um baixo grau de eficiência, devido em grande parte à alta dependência no modal rodoviário, por onde circulam 80% das cargas, o que leva a graves prejuízos econômicos, ambientais e de segurança. Segundo Milton Xavier (2016)[10], com um crescimento moderado da economia a demanda de transportes duplicará em 20 anos, e em qualquer hipótese o sistema rodoviário estará saturado a curto prazo na Macrometrópole Paulista (informação verbal). Outro fator problemático, na RMSP, é o compartilhamento das linhas férreas entre cargas e passageiros, cujas causas remontam ao abandono da expansão da malha ferroviária no Estado a partir dos anos 1950. Um dos principais acessos dos trens de carga ao porto de Santos continua passando pelo centro da capital, através da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, construída no século XIX, que hoje é compartilhada com os trens de passageiros da CPTM (linhas 7, 10, 11 e 12), o que acarreta graves problemas para a circulação tanto de passageiros quanto de cargas[11] (figs. 170 e 171).

Desta forma, faz-se necessário, segundo Xavier (2015), uma mudança de paradigma, substituindo o atual modelo logístico disperso, baseado no transporte rodoviário, por um modelo logístico

[10] Informações fornecidas em 15 de julho de 2016, na Secretaria de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo, durante encontro com o Sr. Milton Xavier e o Sr. Mario Eduardo Garcia, acompanhado pelo Prof. Alexandre Delijaicov e pelos estudantes Caio Berlande e Natasha Arabuski.

[11] Segundo Milton Xavier (2015) ocorrem em média 24 ocorrências por mês de interferências do trem de carga no transporte de passageiros, resultando num atraso médio de 90 minutos por ocorrência.

estruturado, baseado numa rede regional de plataformas logísticas e na transferência de cargas para ferrovias e hidrovias, que seria utilizado para o transporte de cargas de alto valor agregado na Macrometrópole Paulista. Este complexo arranjo de infraestruturas começou a ser estudado pelo Plano Diretor de Desenvolvimento de Transportes – PDDT 2020, e agora está sendo atualizado para o Plano Diretor de Logística e Transporte – PDLT 2030, com previsão de conclusão até o final de 2018, sempre em constante diálogo com o PAM (figs 172 a 175).

O novo modelo logístico para transporte de cargas seria viabilizado com a construção de uma nova malha ferroviária exclusiva para cargas ao redor da RMSP, conectada às linhas existentes na Macrometrópole, e de uma série de plataformas logísticas que fariam a distribuição das cargas em contêineres. Esta nova malha ferroviária seria composta pelo Ferroanel, que contornaria a RMSP, e por linhas de carga que entrariam na área urbanizada com destino às plataformas que fariam a distribuição final das cargas. Do projeto do Ferroanel já está em funcionamento o 'tramo leste', que corre paralelo à rod. Índio Tibiriçá (SP-031), enquanto o 'tramo norte' ou 'Ferroanel norte', que será construído paralelamente ao trecho norte do Rodoanel, já teve o EIA-RIMA concluído em junho de 2017. As plataformas logísticas intermodais conectadas à esta malha ferroviária seriam de três tipos, segundo Milton Xavier (2015) e DERSA (2017):

- Plataformas Avançadas Metropolitanas (PAM): localizadas em polos fora da RMSP, nos eixos Campinas, Sorocaba, São José dos Campos e Santos, junto a rodovias, ferrovias e ao Porto de Santos, em áreas de 250 a 400 ha. Nestes locais as cargas seriam preparadas para entrega direta ao varejo em contêineres urbanos de 4 toneladas. Destas plataformas logísticas sairiam trens com contêineres urbanos em double stack (dois contêineres empilhados) com destino às Plataformas Logísticas Periféricas.

- Plataformas Logísticas Periféricas (PLP): localizadas nos entroncamentos do Ferroanel, Rodoanel e Hidroanel, em áreas de 70 a 150 ha. Lá os contêineres urbanos seriam organizados em trens menores que partiriam com destino à uma das 8 Plataformas Logísticas Urbanas.

- Plataforma Logística Urbana (PLU): localizadas internamente ao Ferroanel e ao Rodoanel, em áreas de até 70 ha, especialmente no município de São Paulo. Nessas plataformas seria articulada a entrada e a saída de cargas no município, através de pátios de transferência modal onde os contêineres urbanos seriam transferidos para os Veículos Urbanos de Carga (VUCs), que

circulam sem restrições pela cidade, e que seriam assim elementos chave para a distribuição final dos produtos.

Em relação ao papel das hidrovias nesse sistema de transporte de cargas, Xavier (2016) ressalta que algumas Plataformas Logísticas Urbanas (PLUs) seriam inacessíveis pelo trem, na região do rio Pinheiros, onde as condições de urbanização não possibilitariam a construção do ramal ferroviário. Desta forma, estuda-se a possibilidade de, a partir da Plataforma Logística Periférica Oeste (PLP-O), na região de Carapicuíba e junto ao rio Tietê, transferir os contêineres urbanos para barcos que os levariam pela hidrovia até as PLUs do rio Pinheiros, onde seriam então transferidos para VUCs que fariam a entrega final. O uso da hidrovia evitaria assim o intenso tráfego noturno de caminhões pesados pela Marginal Pinheiros (informação verbal).

Para além das PLUs do rio Pinheiros, Xavier (op. cit.) acredita que a hidrovia poderia ter somente um uso auxiliar ou de redundância, pois a ferrovia já supriria a demanda. Já Alexandre Delijaicov (2016)[12], que em reuniões anteriores com Milton Xavier participou da definição da localização das PLUs do rio Pinheiros, destaca que a maioria das Plataformas Logísticas Urbanas e Periféricas estariam localizadas junto aos rios, e que seria possível, portanto, pensar em uma forte integração entre ferrovias e hidrovias, inclusive com a distribuição final dos contêineres feita também por BUCs, os Barcos Urbanos de Carga (informação verbal). Presente no PAM 2040, o projeto do Hidroanel Metropolitano de São Paulo, uma rede de hidrovias urbanas com portos de origem e destino dentro da RMSP (GMF, 2011), poderia ter, assim, importante papel neste sistema logístico de cargas.

No que tange o transporte de passageiros, para além da melhoria das linhas da CPTM propiciada pela segregação das linhas de carga, está prevista no PDLT 2030 uma rede regional de transporte de passageiros entre as principais cidades da MMP. Imagina-se que tal rede possa ser indutora de uma redistribuição populacional entre as cidades, uma vez que o acesso à diferentes localidades seria facilitado, gerando um cenário de maior equilíbrio demográfico (XAVIER, 2015).

[12] Informação obtida durante reunião de orientação em junho de 2016.

Fig. 170: Compartilhamento das ferrovias entre trens de carga e de passageiros na Estação da Luz. Fonte: Foto de Eduardo Nicolau, Jornal Estadão, junho de 2017.

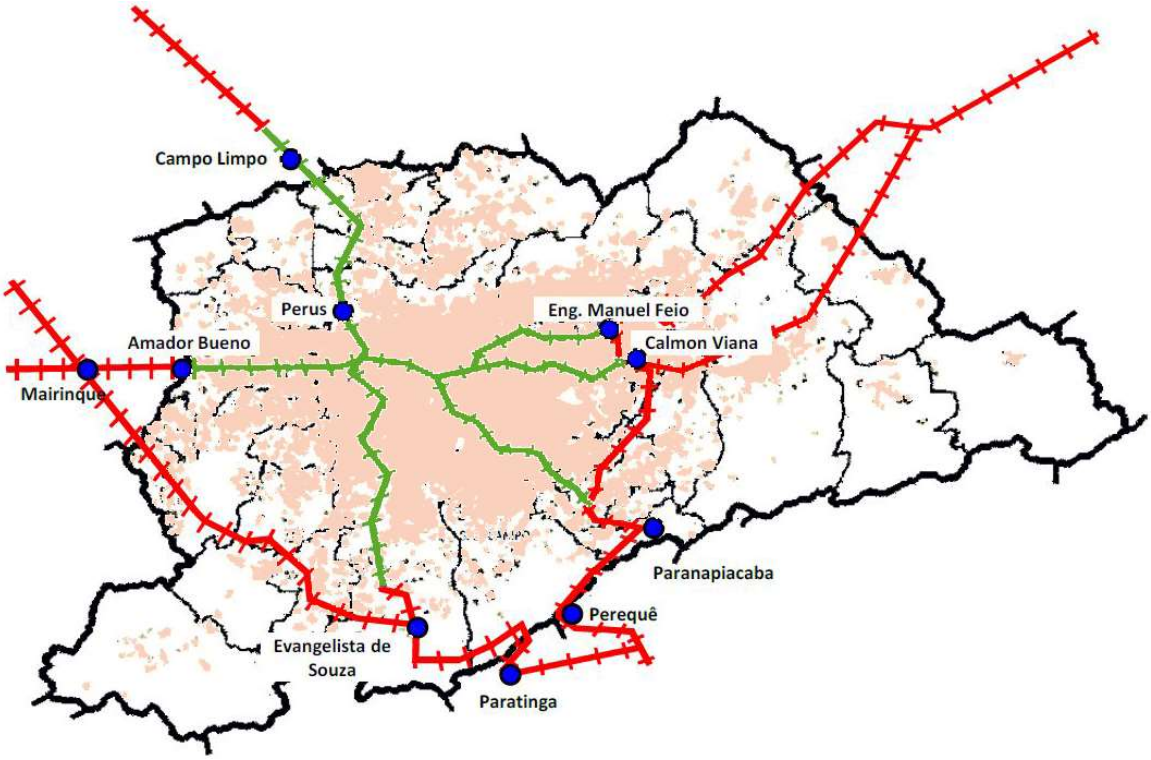


Fig. 171: Ferrovias de carga (em vermelho) e de passageiros (em verde) existentes na Região Metropolitana de São Paulo. Notar a falta de conexão entre as ferrovias de carga, obrigando o compartilhamento das linhas de passageiros com trens de carga. Fonte: DERSA (2017).

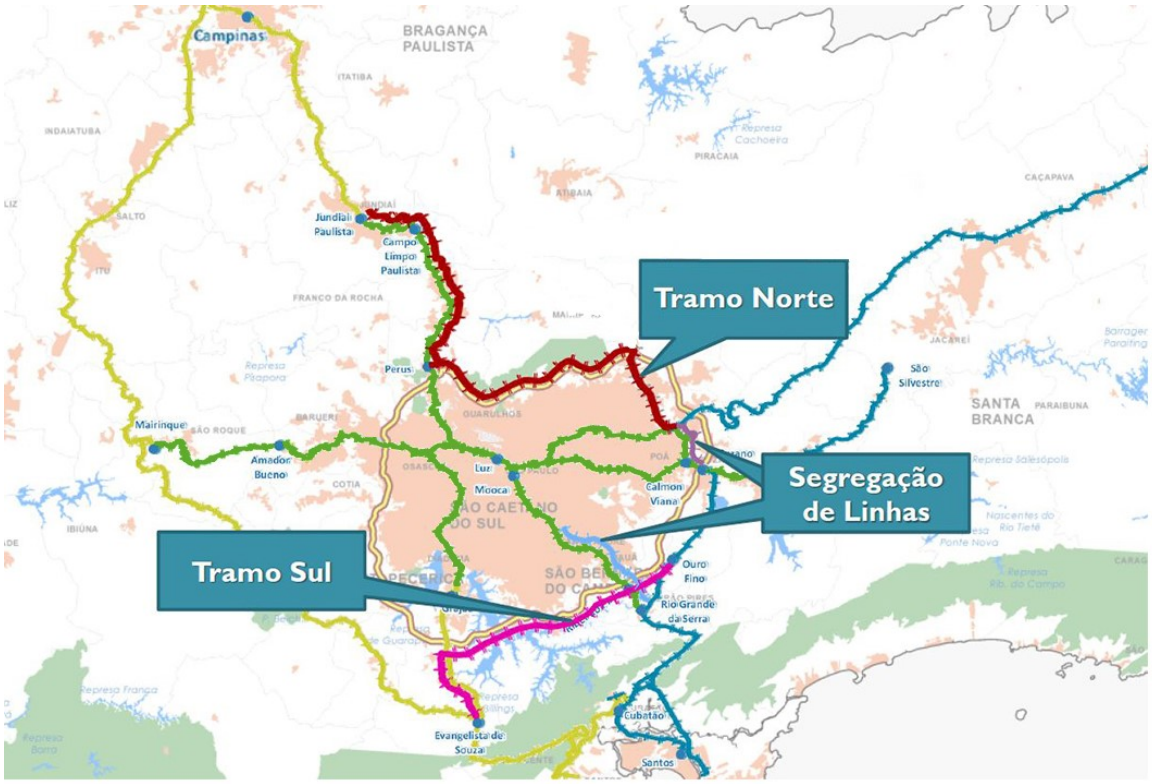


Fig. 172: Proposta dos novos trechos do Ferroanel: tramo norte e tramo sul, segregando linhas de passageiros (em verde) das linhas de cargas (em diversas cores). Fonte: DERSA (2017).

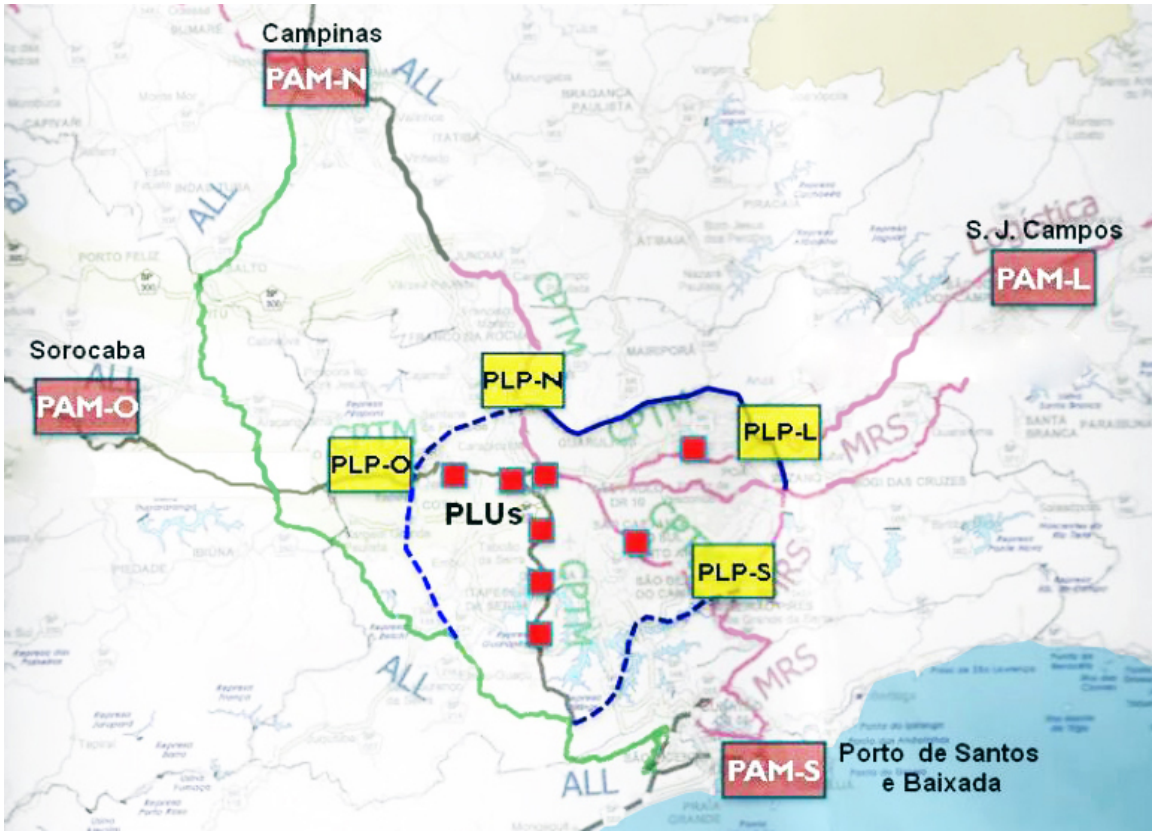


Fig. 173: Proposta do sistema de plataformas logísticas para o transporte de cargas na Macrometrópole Paulista, conectadas ao Ferroanel (linha azul) e às linhas férreas existentes (coloridas). Fonte: Xavier (2015).

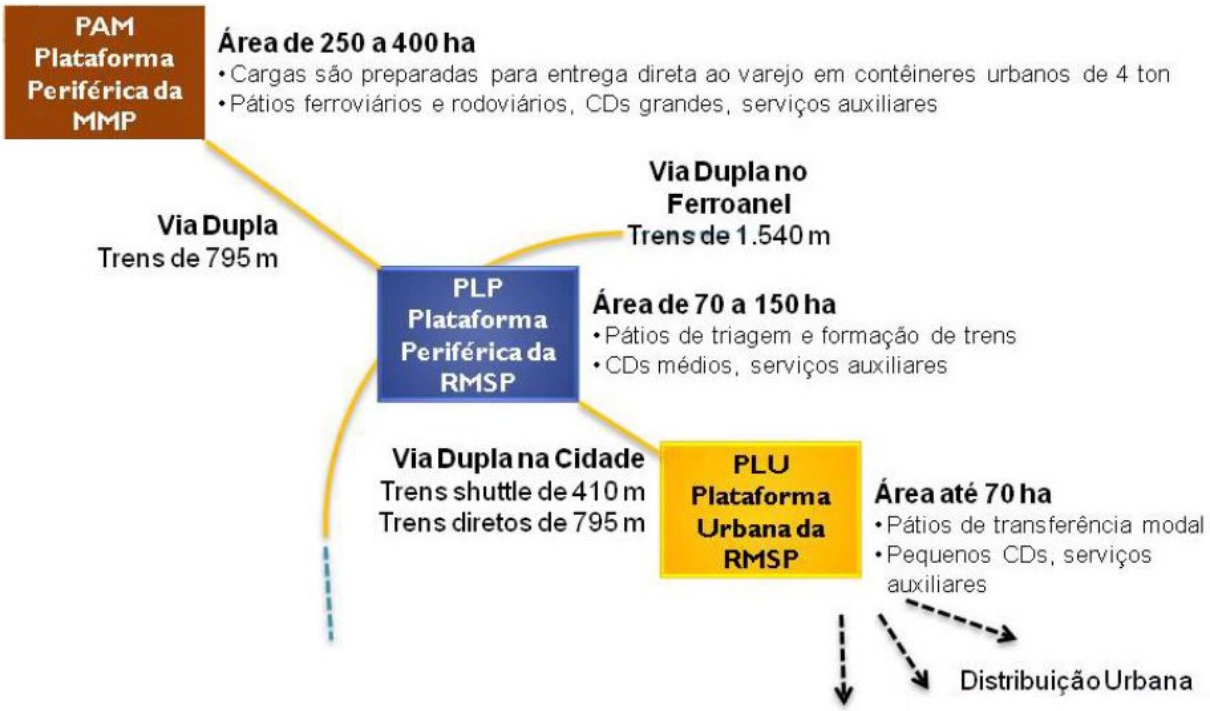


Fig. 174: Esquema de funcionamento do sistema logístico de transportes de cargas. Fonte: Xavier (2015).

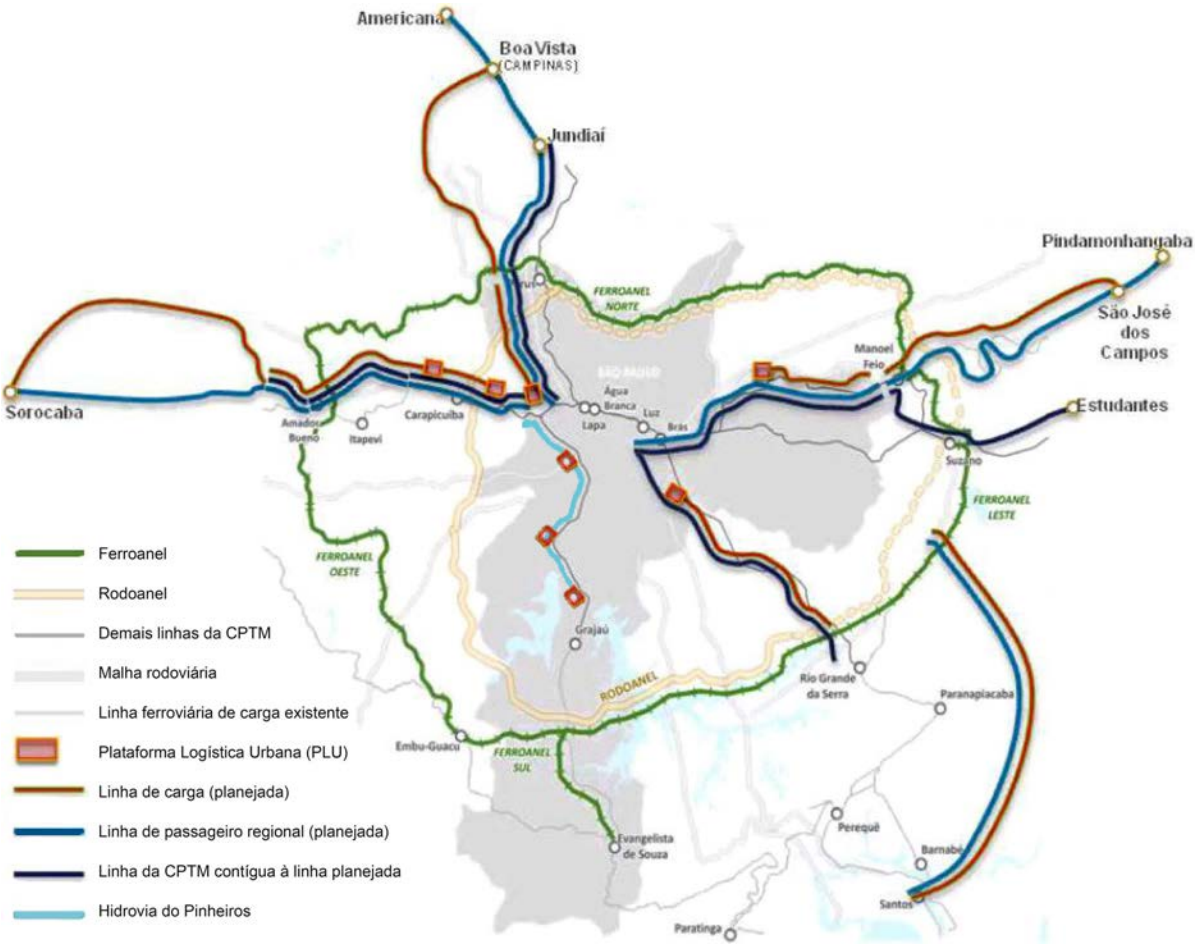


Fig. 175: Nova malha ferroviária para cargas e passageiros planejada para a MMP. Fonte: Adaptado de Xavier (2015), com inclusão da hidrovia do Pinheiros.

- A Macrometrópole Paulista e a questão hídrica

Como vimos nos subcapítulos anteriores, a problemática de escassez hídrica e combate às enchentes da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) levou à elaboração de inúmeros planos e projetos. Os mais abrangentes, encomendados pelo DAEE, foram o 'Plano HIBRACE', elaborado na década de 1960, que resultou na construção de cinco reservatórios para abastecimento público e controle de enchentes nas cabeceiras do Tietê, e o 'Plano HIDROPLAN', elaborado em 1995 a partir da instituição da 'Política Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo', cujo principal objetivo era encontrar soluções para os conflitos advindos da reversão de água da bacia do Piracicaba para a bacia do Alto Tietê.

Recentemente, com a ampliação da complexidade dos sistemas de infraestrutura e com a crescente demanda de recursos hídricos para o abastecimento da RMSP e regiões vizinhas, fez-se necessária a realização de um terceiro plano diretor que abarcasse a escala da Macrometrópole Paulista (MMP), sendo encomendado pelo DAEE o 'Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista', iniciado em 2008 e concluído em 2013. Como é possível observarmos na figura 176, a área da MMP engloba integralmente as UGRHIs 6, 2, 3, 7 e 1, (Alto Tietê, Paraíba do Sul, Litoral Norte, Baixada Santista e Mantiqueira), a quase totalidade das UGRHIs 5 e 10 (Piracicaba/Capivari/Jundiaí e Tietê/Sorocaba) e parte das UGRHIs 14, 11 e 9 (Alto Parapanema, Ribeira de Iguape/Litoral Sul e Mogi-Guaçu), o que permite a elaboração de estudos abrangentes envolvendo diversas bacias hidrográficas.

As análises do plano indicaram a necessidade de um grande aumento na disponibilidade de água, de 60 m^3/s, vital para a garantia da segurança hídrica da MMP, cuja demanda em 2035 pode chegar a 283 m^3/s. Tal acréscimo equivale ao dobro da atual capacidade do sistema Cantareira e a quatro vezes a do sistema Guarapiranga, o que levou à proposição de uma série de novos reservatórios e reversões de bacia. Devido à crise hídrica que atingiu o Estado em 2014, o plano gerou subsídios, antes mesmo de ser concluído, que permitiram ao Governo do Estado decidir pela construção do sistema produtor São Lourenço, cujas obras foram iniciadas em 2014, e que aduzirá mais 4,7 m^3/s até 2018 para abastecimento da RMSP (podendo ser ampliado a 6 m^3/s), e das Barragens de Duas Pontes, em Amparo, e Pedreira, nos municípios de Campinas e Pedreira, em fase de projeto, que ampliará a oferta hídrica para as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí em cerca de 7 m^3/s (DAEE, 2013).

Apesar da grande distância a ser vencida pelo sistema São Lourenço, sendo necessários 83 km de adutoras, e do desnível de mais de 300 m imposto pela serra de Paranapiacaba, tal obra, que reverte águas da bacia do Ribeira de Iguape para a bacia do Alto Tietê, foi vista como prioritária devido à grande disponibilidade hídrica desta bacia (SABESP, 2011). Como é possível ver na figura 161, a UGRHI 11, onde está inserida a bacia do Ribeira de Iguape, possui relação demanda/vazão disponível de 2 %, enquanto a vizinha UGRHI 6, onde está a bacia do Alto Tietê, tem relação demanda/vazão disponível de 432 %. Desta forma, o sistema São Lourenço é visto como o principal projeto da Sabesp para aumentar a oferta de água na Grande São Paulo e diminuir a dependência do sistema Cantareira.

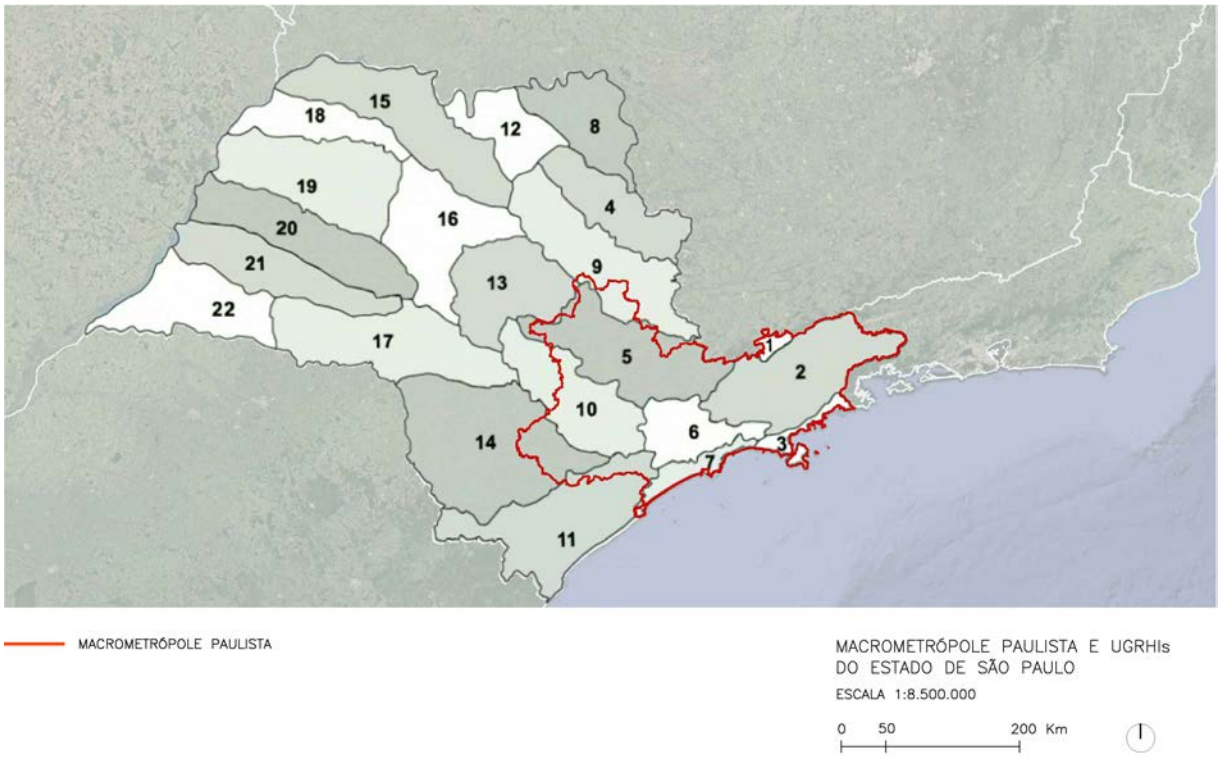


Fig. 176: Relação entre Macrometrópole Paulista e UGRHIs do Estado de São Paulo. Fonte: produzido pelo autor a partir de sobreposição de bases da EMPLASA (disponível em <http://www.sim.emplasa.sp.gov.br/mapa>) e do CBH-SM (disponível em <www.comitesm.sp.gov.br>). Acesso em setembro de 2017.

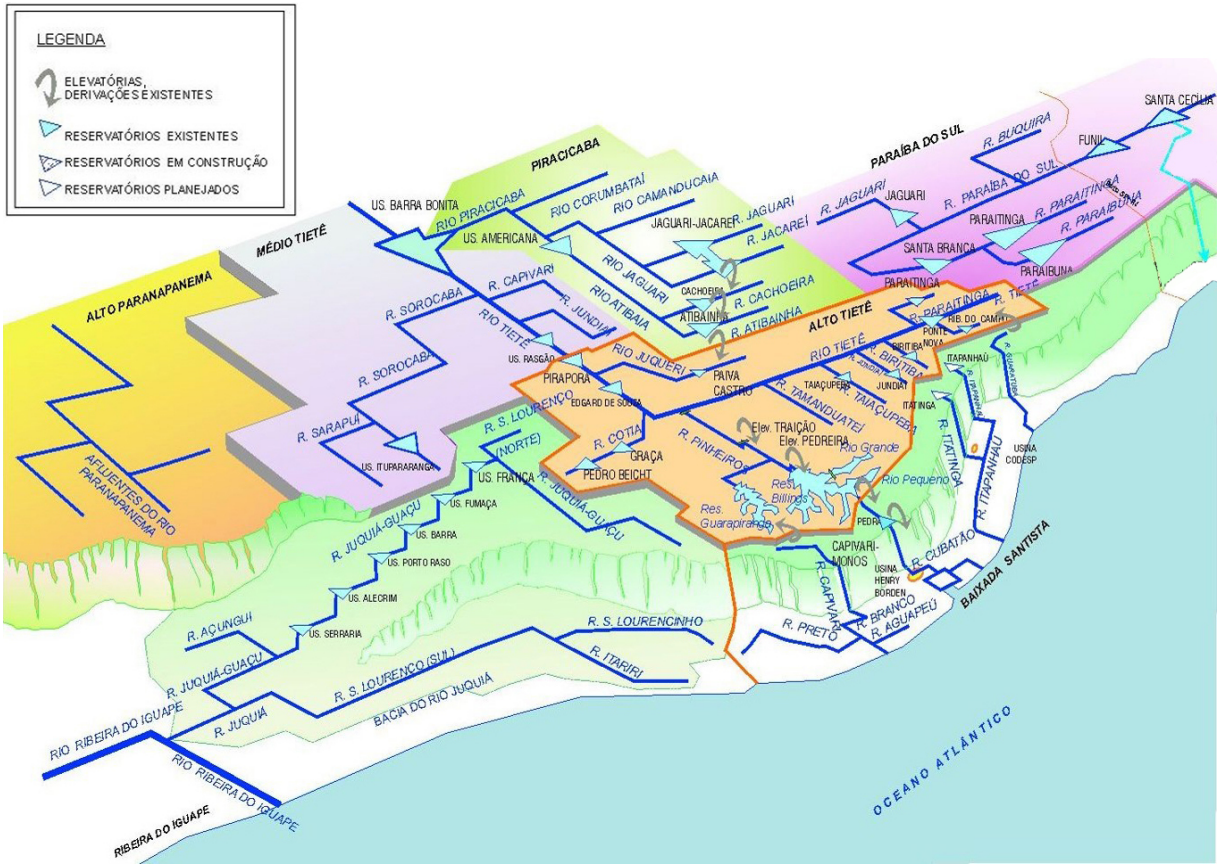


Fig. 177: Esquema das interconexões hídricas macrometropolitanas existentes. O futuro sistema São Lourenço captará água do reservatório Cachoeira do França, primeira barragem do rio São Lourenço. Fonte: Silva (2011) – elaborado por SABESP.

2.1.5. Uso múltiplo das águas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

Mesmo constando na 'Política Nacional de Recursos Hídricos' de 1997, conhecida como 'Lei das Águas', que "[...] a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas" (BRASIL, 1997, art. 1º, IV), o que vemos na área urbanizada da BHAT é um predomínio absoluto de obras para drenagem urbana e controle inundações, deixando de lado os outros potenciais usos para os rios da cidade, como lazer e navegação. Tais obras, em sua maioria canalizações em vala profunda e piscinões, podem ser classificadas como medidas estruturais de grande porte, ou intensivas, que atuam principalmente nos impactos causados pelo agressivo padrão de urbanização, baseado em ocupação das áreas de várzea, impermeabilização do solo e circulação de automóveis. Como resultado temos rios e córregos entrincheirados em canais profundos ladeados por vias expressas, afastados da vida urbana, e grandes reservatórios cercados e inacessíveis à população, que ficam secos na maior parte do tempo só sendo úteis em poucos dias do ano quando o volume da chuva extravasa a capacidade dos canais.

O padrão de canalização de rios e córregos em 'vala profunda' tem como objetivo criar um volume de espera para receber os picos de cheia nos períodos chuvosos, mas acaba dificultando a visualização das águas por quem passeie em suas margens, já que a vazão de base dos cursos d'água ocupa somente uma pequena porção do fundo da vala. Também não favorece a navegação, uma vez que a grande variação do nível d'água nos picos de cheia e o aumento de velocidade das águas, característicos deste tipo de canalização, são prejudiciais ao tráfego e atracagem de embarcações e ao transbordo em estruturas portuárias. Desta forma, a compatibilização do sistema de macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) com a navegação torna-se bastante desafiadora. Não à toa, os três grandes planos integrados de recursos hídricos da BHAT, o Plano HIBRACE, de 1968, o plano HIDROPLAN, de 1995, e o 'Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista', de 2013, não dão ênfase ao potencial de navegação pelos rios da metrópole.

A extrema poluição dos corpos hídricos nas áreas urbanizadas da BHAT, causada pelo lançamento de esgotos e pela poluição difusa carregada pelas chuvas, prejudica o uso paisagístico das águas e impede seu consumo como água potável, ao mesmo tempo em que são realizadas importações hídricas cada vez mais custosas para o abastecimento da população. A má qualidade das águas também impede a geração de energia através da Usina de Henry Borden, uma vez que a reversão do rio Pinheiros foi restringida devido à carga poluidora lançada na represa Billings. Em relação à navegação pelos rios da RMSP, a poluição das águas não representa um impedimento imediato ao tráfego de embarcações, sendo mais restritivas as relações com o sistema de macrodrenagem.

Sobre a possível poluição resultante da navegação nas represas Billings, Guarapiranga e Taiaçupeba, que servem ao abastecimento de água potável para a população, as embarcações, desde que tomados os cuidados usuais, não são muito poluentes, existindo meios de restringir um eventual desprendimento de óleos e graxas pelos motores. Apenas no caso de acidentes, extremamente raros nas vias navegáveis interiores, com embarcações transportando cargas poluentes, é que poderiam surgir problemas (CNEC, 1982). Para minimizar este possível impacto, é possível a adoção de embarcações construídas com cascos duplos (PADOVEZI, 2013).

- Navegação e macrodrenagem na BHAT

O relatório do Plano SANESP (CNEC, 1982) considera que a navegação fluvial na BHAT é inteiramente compatível com os outros usos da água, havendo algumas interferências em relação à segurança das embarcações que podem ser contornadas mediantes cuidados especiais nos projetos das obras e na operação do sistema hídrico. Como já dissemos anteriormente, a aspecto mais crítico é a relação entre macrodrenagem e navegação, uma vez que para o tráfego seguro das embarcações há interesse na manutenção dos níveis d'água dos canais acima de certos limites, enquanto que para o atual sistema de macrodrenagem o interesse é que os canais fiquem com os níveis d'água mais baixos possíveis, tendo assim maior capacidade para amortecer as vazões de cheias dos rios.

As variações bruscas dos níveis d'água também são inconvenientes para a navegação, podendo levar ao rompimento de amarras e consequente lançamento de embarcações à deriva, bem como ao encalhe de embarcações. A princípio, as variações máximas toleráveis são de 0,30 m em 10 minutos, 1,5 m em uma hora e 6,0 m em 12 horas, valores esses que usualmente não são ultrapassados nos rios da BHAT (CNEC, 1982). No caso do rio Pinheiros, entretanto, o relatório da FAT (2004) ressalta que durante épocas de chuvas intensas a profundidade do rio pode variar 2 metros em apenas 15 minutos, devido à operação das usinas elevatórias de Traição e Pedreira para controle de enchentes, o que exigiria a interrupção temporária do tráfego de embarcações, que permaneceriam atracadas em portos de espera até que o regime do rio fosse reestabelecido. Para tanto seria necessária a atuação de um sistema de monitoramento que conseguisse prever as cheias com antecedência compatível com a chegada das embarcações à locais seguros.

A montante da barragem da Penha, na divisa entre São Paulo e Guarulhos, diversos estudos, desde Saturnino de Brito (1926), ressaltam a importância na preservação das áreas de várzea para amortecimento das cheias do Tietê. Como consta no relatório do primeiro PDMAT (1998), "[...] deverão ser tomadas medidas e envidados todos os esforços no sentido de bloquear a ocupação das várzeas, evitar projetos de canalização que venham acelerar o fluxo hidráulico, e criar condições de amortecimento, a montante, com o objetivo até de reduzir o aporte na barragem da Penha". Para possibilitar a navegação a montante da barragem da Penha sem obras de canalização do rio que prejudicariam a função de amortecimento, os estudos para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011) propõem a criação de três grandes lagos navegáveis formados pela barragem da Penha e pelas futuras barragens de São Miguel Paulista e

Itaquaquecetuba. Tais lagos atuariam como bacias de retenção, podendo variar em até 1 metro o nível da lâmina d'água, sendo também importantes elementos paisagísticos para a consolidação do parque metropolitano das várzeas e estruturação da ocupação urbana nas orlas (fig. 178).

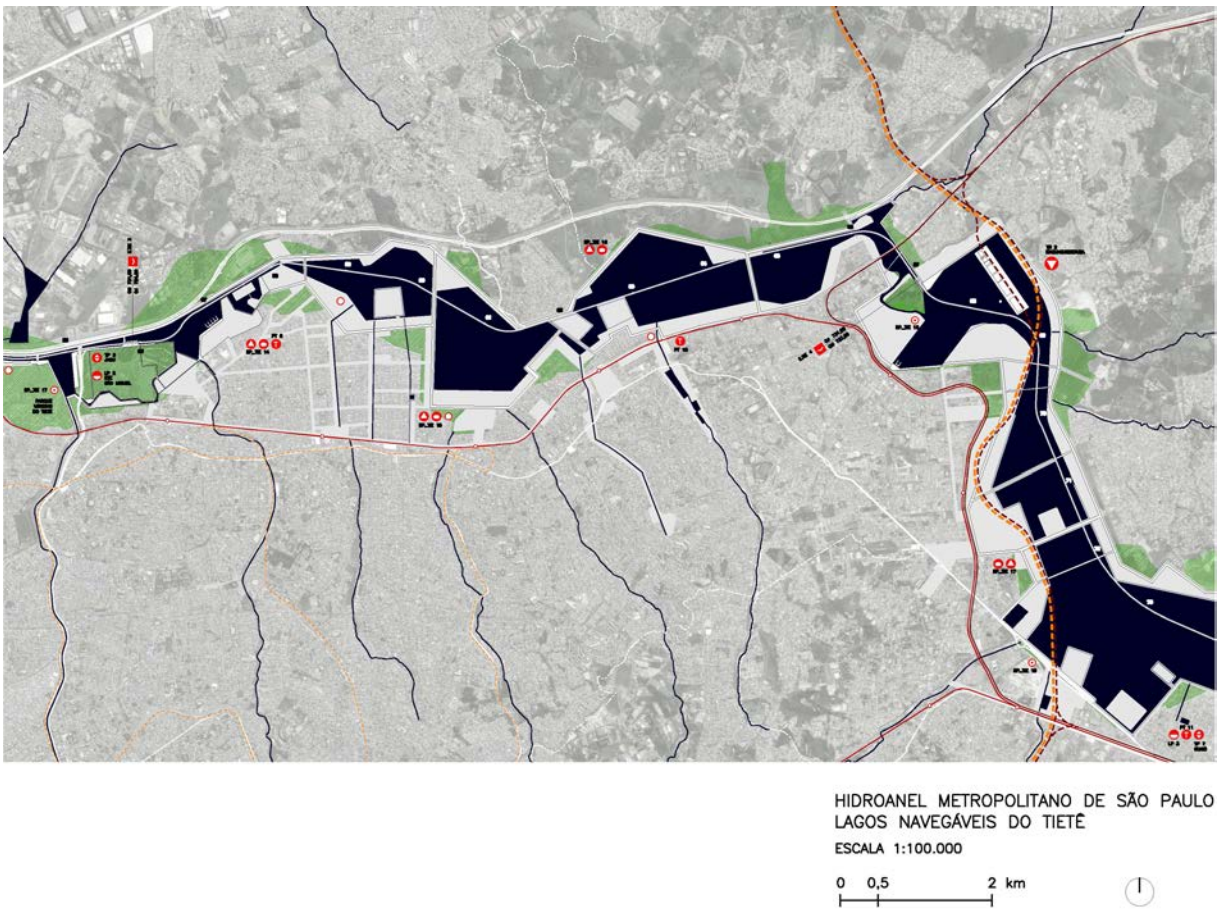


Fig. 178: Lagos navegáveis de São Miguel Paulista e Itaquaquecetuba, a montante da barragem da Penha no rio Tietê, propostos nos estudos para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo'. Fonte: GMF (2011).

Para abrirmos horizontes para o uso múltiplo das águas em São Paulo faz-se necessária uma mudança de paradigma, rompendo com o padrão de canalização em vala profunda e piscinões. Para tanto, deve ser adotada uma visão ampla da bacia hidrográfica, com ações que vão desde a escala da microbacia, com retenção na fonte e controle de poluição, passam pela rede de macrodrenagem, com estruturas hidráulicas que possibilitem a navegação e o convívio com as águas, e chegam até a escala da Macrometrópole, com movimentos abrangentes de integração de infraestruturas. Através da gestão integrada das águas urbanas, com instrumentos que propiciem a relação de diversos atores sociais em torno de projetos comuns, é possível vislumbrarmos um cenário de maior equilíbrio ambiental urbano em São Paulo.

2.2. Hidroanel Metropolitano de São Paulo

Como vimos no subcapítulo 1.3, diversos estudos vislumbraram a possibilidade de navegação na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT), dentre eles o estudo desenvolvido pelo IPT, intitulado 'Anel Hidroviário de São Paulo', que foi coordenado pelos engenheiros Joaquim Riva e Arnaldo Giraldo. Neste estudo era prevista a navegação nos principais rios da BHAT, incluindo a ligação, através de um canal artificial, entre as represas Billings e Taiaçupeba, que completaria o anel hidroviário. A posterior pesquisa desenvolvida pelo Prof. Alexandre Delijaicov, ao longo de seu mestrado (1998) e doutorado (2005), retoma a ideia do anel hidroviário, ressaltando o potencial dos rios navegáveis como eixos lineares de desenvolvimento urbano, que concentrariam as principais funções da cidade.

Nos anos 2000, com a conclusão das obras na calha do rio Tietê, a construção da eclusa do Cebolão para o transporte fluvial do material de dragagem e a perspectiva de construção da eclusa da Penha, bem como o andamento das obras de controle de poluição das águas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a pauta hidroviária ganhou força na agenda governamental. Em outubro de 2003, através do contrato nº DH 007/2003, o Departamento Hidroviário contratou junto à Fundação de Apoio à Tecnologia (FAT) trabalhos de consultoria visando o desenvolvimento do 'Plano Estratégico Hidroviário', que serviria para balizar as suas ações futuras. Um dos relatórios desse plano, concluído em 2004, teve como foco a RMSP, sendo intitulado 'Estudo Preliminar de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana' (FAT, 2004). Tal relatório, além de listar e comentar resumidamente estudos realizados anteriormente, fez uma descrição das condições existentes dos canais, pontes e obras hidráulicas, e apontou diretrizes para o desenvolvimento do transporte hidroviário na RMSP.

O 'Estudo Preliminar de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana' concluiu que as hidrovias metropolitanas apresentavam um potencial de uso imediato considerável, que poderia ser expandido em curto, médio e longo prazos, mediante melhorias das suas condições físicas e da qualidade de suas águas. Dentre as possibilidades de uso, apontou como principais cargas a serem transportadas aquelas de baixo valor agregado e grande circulação, como areia, brita e produtos agrícolas, e cargas consideradas de responsabilidade pública, como os resíduos sólidos, entulho, lodo de estações de tratamento e material de dragagem dos rios. Considerou também viável o transporte de passageiros, desde que a qualidade das águas apresentasse melhora significativa (FAT, 2004, p. 66).

O inventário dos projetos hidroviários anteriores apresentado no relatório da FAT serviu de base para a realização, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), do seminário '100 anos de navegação na Região Metropolitana de São Paulo', organizado pelo Departamento Hidroviário (DH) em 22 outubro de 2008. O objetivo do seminário, segundo o então diretor do DH Frederico Bussinger, era trazer à tona o histórico de projetos de navegação para São Paulo para que fossem vislumbradas novas perspectivas do uso múltiplo das águas na RMSP[1].

Em 2009, através do edital de licitação nº DH-008/2009, o Departamento Hidroviário contratou a empresa PETCON, de Brasília, para realizar o 'Estudo de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo'. Alguns anos mais tarde, no primeiro semestre de 2011, o professor Alexandre Delijaicov, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (FAU USP), foi convidado pelo Departamento Hidroviário para a realização de uma consultoria a tal estudo, ocasião na qual foi organizado o Grupo de Pesquisa em Projeto de Arquitetura de Infraestruturas Urbanas Fluviais – Grupo Metrópole Fluvial (GMF), inserido no Laboratório de Projeto do Departamento de Projeto da FAU USP, reunindo professores, alunos da graduação e da pós-graduação e técnicos, e coordenado pelos professores Alexandre Delijaicov, Antonio Carlos Barossi, Milton Braga e pelo arquiteto da Prefeitura do Município de São Paulo André Takiya.

Dessa forma, inserido no eixo extensão do grupo, foi realizado ao longo de 2011 o trabalho intitulado 'Articulação Arquitetônica e Urbanística do Estudo de Pré-viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011), contando com a consultoria do eng. Joaquim Riva. Tal trabalho foi entregue ao Departamento Hidroviário em 2011 e apresentado à comunidade acadêmica através de seminário e exposição realizados na FAU USP, sendo os resultados brevemente apresentados nas páginas seguintes[2].

---

[1] Fonte: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Transporte fluvial na Grande São Paulo. Artigo eletrônico. 24 de outubro de 2008. Disponível em < http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=13>. Consultado em 21/12/2017.

[2] O trabalho desenvolvido pelo GMF, incluindo o Relatório Conceitual, Memorial Descritivo e pranchas com desenhos das infraestruturas projetadas, encontra-se disponível na íntegra em <www.metropolefluvial.fau.usp.br>.

- Articulação Arquitetônica e Urbanística do Estudo de Pré-viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo

O projeto do 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (HMSP) prevê um sistema de hidrovias urbanas na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê constituído por uma rede de canais e lagos navegáveis, que incluem o trecho urbano do rio Tietê, o rio Pinheiros, as represas Billings, Guarapiranga e Taiaçupeba, e dois canais de ligação: (1) o canal Billings-Taiaçupeba, que conecta as represas Billings e Taiaçupeba, conformando o Hidroanel exterior com 170km de extensão; e (2) o canal Billings-Tamanduateí, cruzando o espaço urbano pelo centro do município de São Paulo através dos rios Tamanduateí, Meninos, Couros e do canal de ligação Alvarenga-Couros, conformando o Hidroanel interior. As obras previstas para o Hidroanel exterior, eclusas, portos e novos canais seguiriam um cronograma de curtíssimo, curto, médio e longo prazo, com horizonte de conclusão para 2040.

Os estudos desenvolvidos pela FAU USP são amparados pelas diretrizes de três políticas públicas: Política Nacional de Recursos Hídricos[3], Política Nacional de Resíduos Sólidos[4] e Política Nacional de Mobilidade Urbana[5].

O preceito do 'Uso Múltiplo das Águas', estabelecido na Política Nacional de Recursos Hídricos, é uma das ênfases do projeto, e prevê o transporte hidroviário na gestão integrada das águas urbanas, visando um desenvolvimento urbano sustentável. Dessa forma, o HMSP teria o potencial de organizar a relação entre as águas e a cidade, contemplando, além da navegação, lazer, macrodrenagem, abastecimento, controle de poluição, geração de energia e irrigação, sendo o eixo estruturador urbano primordial, articulando as infraestruturas existentes, os equipamentos públicos e habitações nas orlas. Para além dos rios navegáveis, o Hidroanel se ramifica ao longo dos inúmeros afluentes na forma de parques lineares, visando a proteção das águas urbanas desde as nascentes e criando orlas fluviais com qualidade ambiental urbana, adequada à escala do pedestre.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos também ampara a concepção do HMSP, na medida em que se propõe o transporte hidroviário de resíduos urbanos, considerados cargas públicas, cuja

---

[3] Lei nº 9.433, de 08/01/1997.

[4] Lei nº 12.305, de 02/08/2010.

[5] Lei nº 12.587, de 03/01/2012.

gestão integrada é de responsabilidade do poder público. Esses resíduos são classificados em: sedimentos de dragagem, lodo, lixo, entulho e terra. Ao longo do Hidroanel é proposta a implantação de um sistema composto por mais de cem portos de origem que recebem essas cargas, podendo ser de 4 tipos: Dragaportos, Lodoportos, Transportos e Ecoportos. A partir desses portos as cargas são encaminhadas através das hidrovias para um dos três portos de destino, os Triportos, localizados nos entroncamentos com o Rodoanel e o futuro Ferroanel, e que abrigam plantas industriais de processamento dos resíduos. Os produtos gerados nos Triportos, resultantes de reciclagem e biodigestão, devem ser transportados pelos três modais: hidrovia, ferrovia e rodovia, para indústrias que possam reutilizá-los como matéria-prima.

Para além dos resíduos sólidos, existe o interesse na utilização das hidrovias metropolitanas para o transporte de cargas gerais, dentro do novo sistema logístico previsto para a Macrometrópole Paulista. Tal sistema ligaria rodovias, ferrovias e hidrovias a uma rede de plataformas logísticas para abastecimento do varejo da cidade, e faz parte do Plano Diretor de Logística e Transporte – PDLT 2030, em desenvolvimento pela Secretaria de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo (vide subcapítulo 2.1).

A terceira política pública que ampara o projeto do HMSP é a Política Nacional de Mobilidade Urbana, que prevê o acesso universal à cidade a partir de uma distribuição equilibrada de infraestruturas de transportes, espaços livres, equipamentos públicos e habitação social, considerando também a necessidade de formas de transporte que sejam alternativas à rodoviária. Nesse sentido, a reestruturação urbana tendo os rios como eixos estruturais permitiria a criação de bairros fluviais nos antigos parques industriais que ocupam as áreas de várzea dos rios, possibilitando aos cidadãos morar perto do trabalho e diminuindo a distância dos deslocamentos diários. A rede hidroviária também serviria ao transporte de passageiros, principalmente em travessias lacustres nas represas, e para fins turísticos nos demais canais.

Em relação aos parâmetros físicos do sistema hidroviário são previstos canais com calado mínimo de 2,5 m e raios de curvatura mínimos de 500 m, com eclusas com 60 m de comprimento por 9 m de largura, tanto para os rios Tietê quanto para o rio Pinheiros. As embarcações são compatíveis a estas condições, devendo visar a qualidade ambiental urbana, não contribuindo para a poluição das águas, do ar e sonora, devendo ser preferencialmente auto propelidas e movidas com propulsão elétrica ou híbrida.

O projeto do Hidroanel Metropolitano de São Paulo retoma, assim, diversos preceitos de estudos anteriores, como o transporte de resíduos sólidos e a ligação entre as represas Billings e Taiaçupeba, presentes nos estudos do IPT de 1978, e as barragens a montante da Penha propostas pela PROMON também em 1978, indo além ao vislumbrar os rios como eixos de infraestrutura para uma reestruturação urbana das orlas fluviais. Diferentemente da proposta da PROMON (1978b), que previa a retificação do Tietê a montante da Penha, o HMSP propõe a fixação do leito maior do rio na forma de grandes lagos-canais, com importante papel no amortecimento das cheias e possibilitando a incorporação paisagística dos lagos no parque das várzeas, o que evidencia a ênfase do projeto no uso múltiplo das águas.

Ao articular as políticas referentes aos recursos hídricos, resíduos sólidos e mobilidade urbana, o HMSP pressupõe uma mudança no padrão de planejamento e governo. Novas unidades de gestão se fazem necessárias, definidas segundo critérios da geomorfologia do sítio urbano, que muitas vezes não coincidem com a atual divisão de distritos e subdistritos. Para tanto, defende-se a implantação de unidades hidrográficas de planejamento e gestão, contendo as categorias de bacia, sub-bacia e microbacia.

O HMSP abre assim caminhos para uma efetiva gestão integrada das águas urbanas, com movimentos abrangentes de integração das infraestruturas nas diversas escalas da urbanização e tendo como base um projeto comum com potencial de recuperar a qualidade ambiental urbana da metrópole. Para além das infraestruturas urbanas, as orlas fluviais passam a ser os principais logradouros públicos, espaços de encontro e contemplação e com a potencialidade de reconectar os cidadãos às águas da cidade.

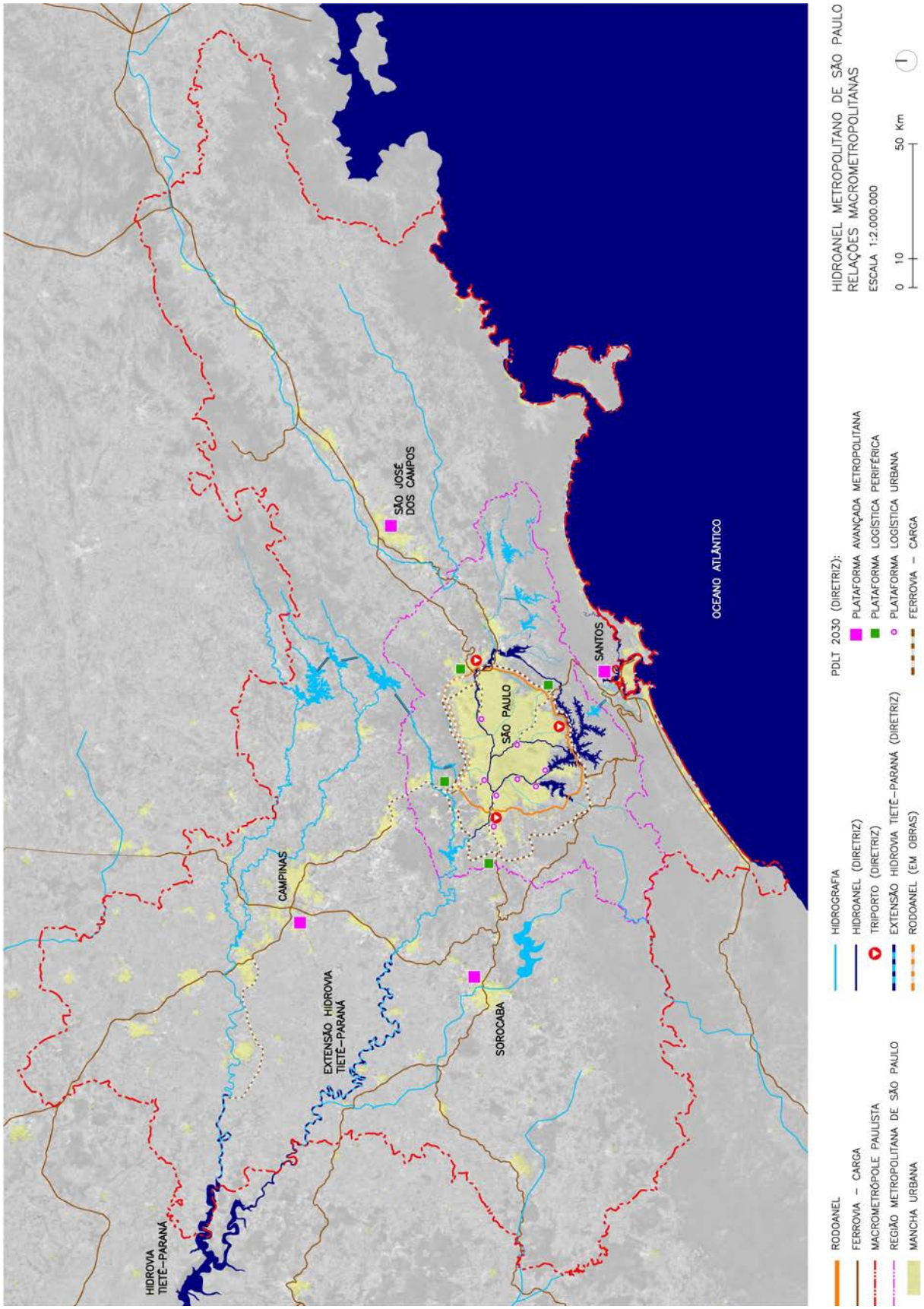


Fig. 179: Relações macrometropolitanas do Hidroanel Metropolitano de São Paulo. Fonte: elaborado pelo autor a partir de bases da EMPLASA e do GMF (2011). Ferrovias e Plataformas logísticas previstas desenhadas a partir de informações em Xavier (2015), com exceção do trecho leste do Ferroanel, desenhado a partir de GMF (2011).

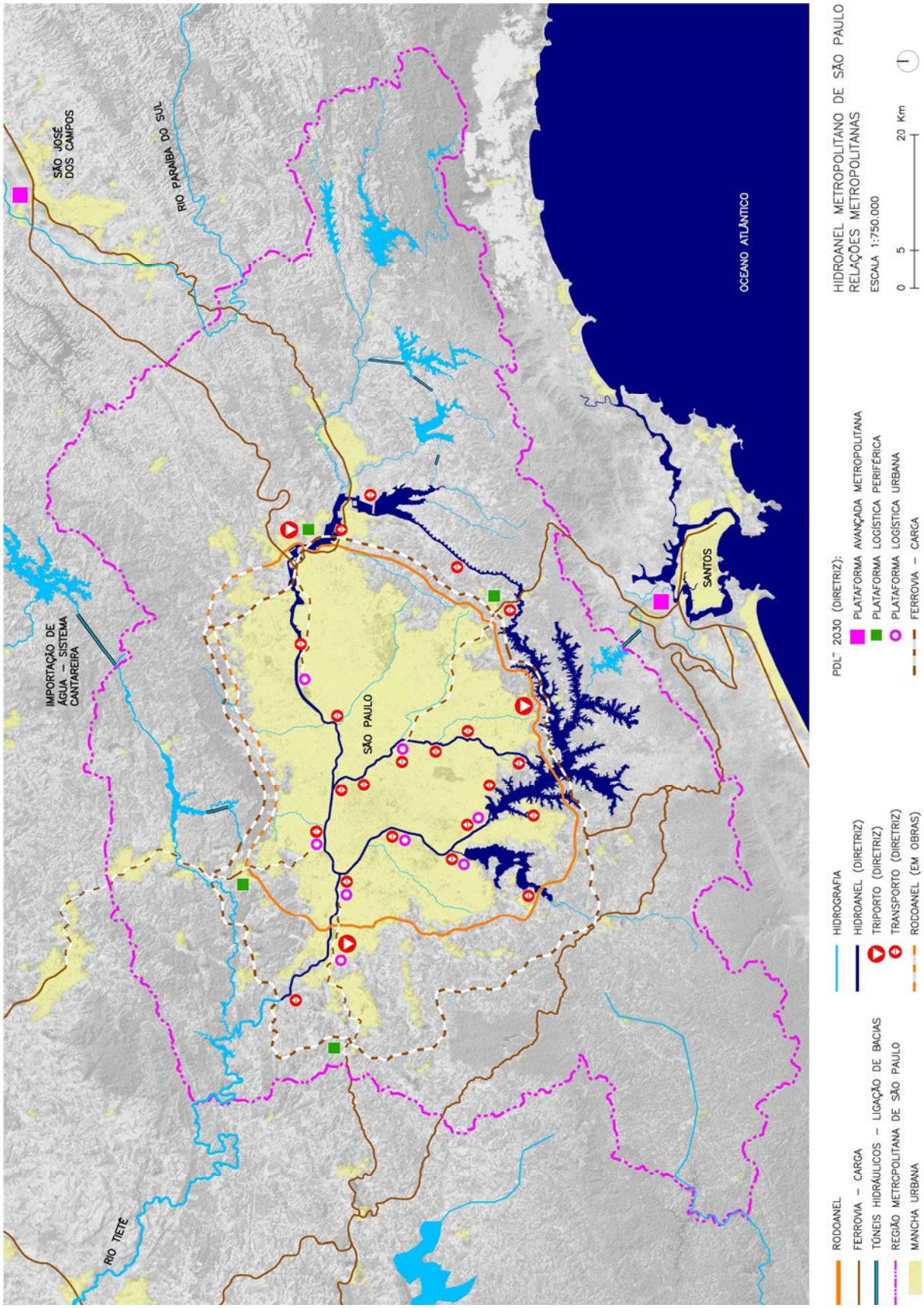


Fig. 180: Relações metropolitanas do Hidroanel Metropolitano de São Paulo. Fonte: elaborado pelo autor a partir de bases da EMPLASA e do GMF (2011). Ferrovias e Plataformas logísticas previstas desenhadas a partir de informações em Xavier (2015), com exceção do trecho leste do Ferroanel, desenhado a partir de GMF (2011).

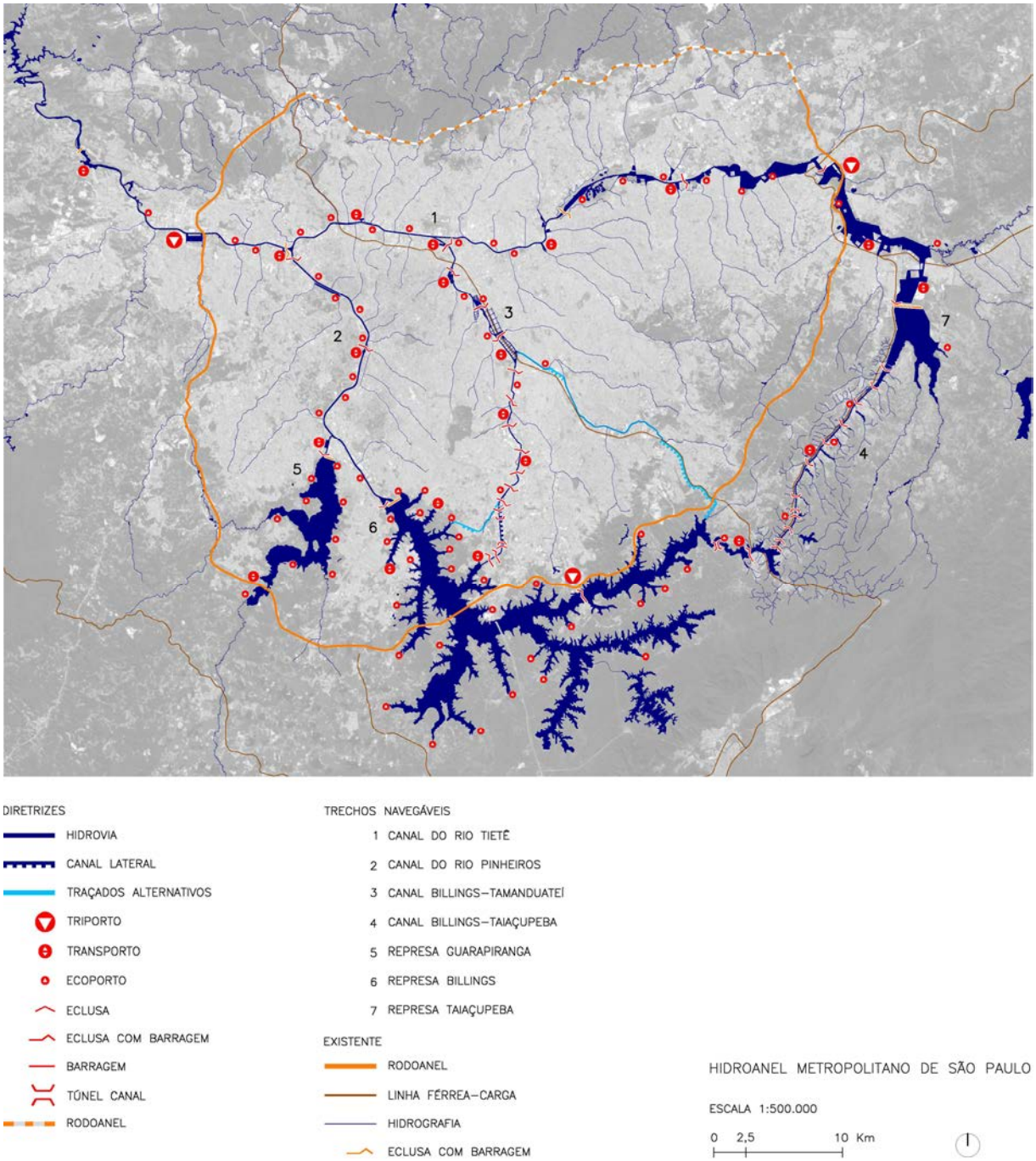


Fig. 181: Canais e lagos navegáveis e portos fluviais do Hidroanel Metropolitano de São Paulo. Fonte: elaborado pelo autor a partir da atualização dos estudos de 2011 do GMF, com a inclusão da localização preliminar dos portos e eclusas do Canal Billings-Tamanduateí.

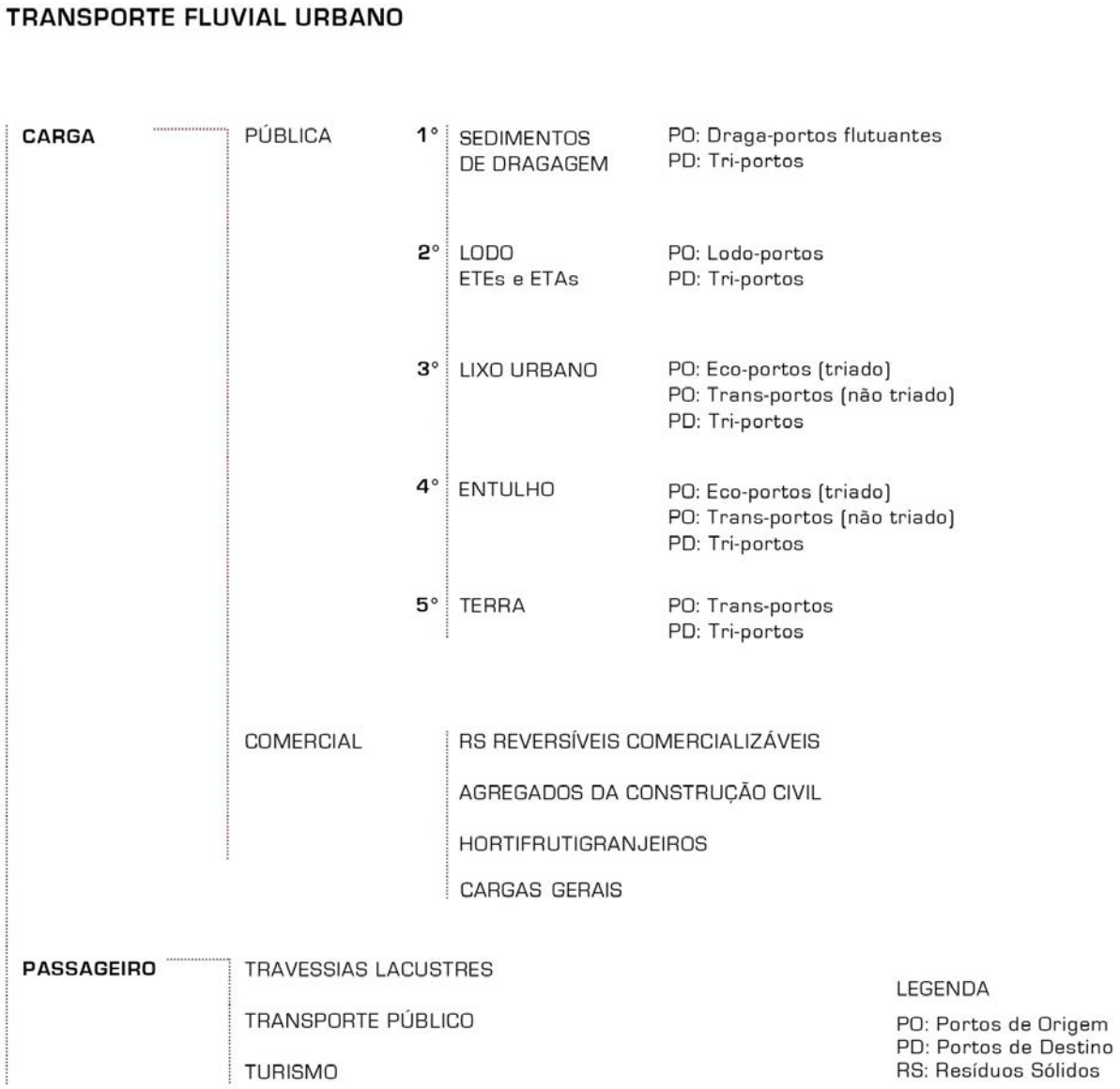


Fig. 182: Diagrama do Transporte Fluvial Urbano de cargas e passageiros do Hidroanel Metropolitano de São Paulo. Fonte: atualizado pelo autor a partir de GMF (2011).

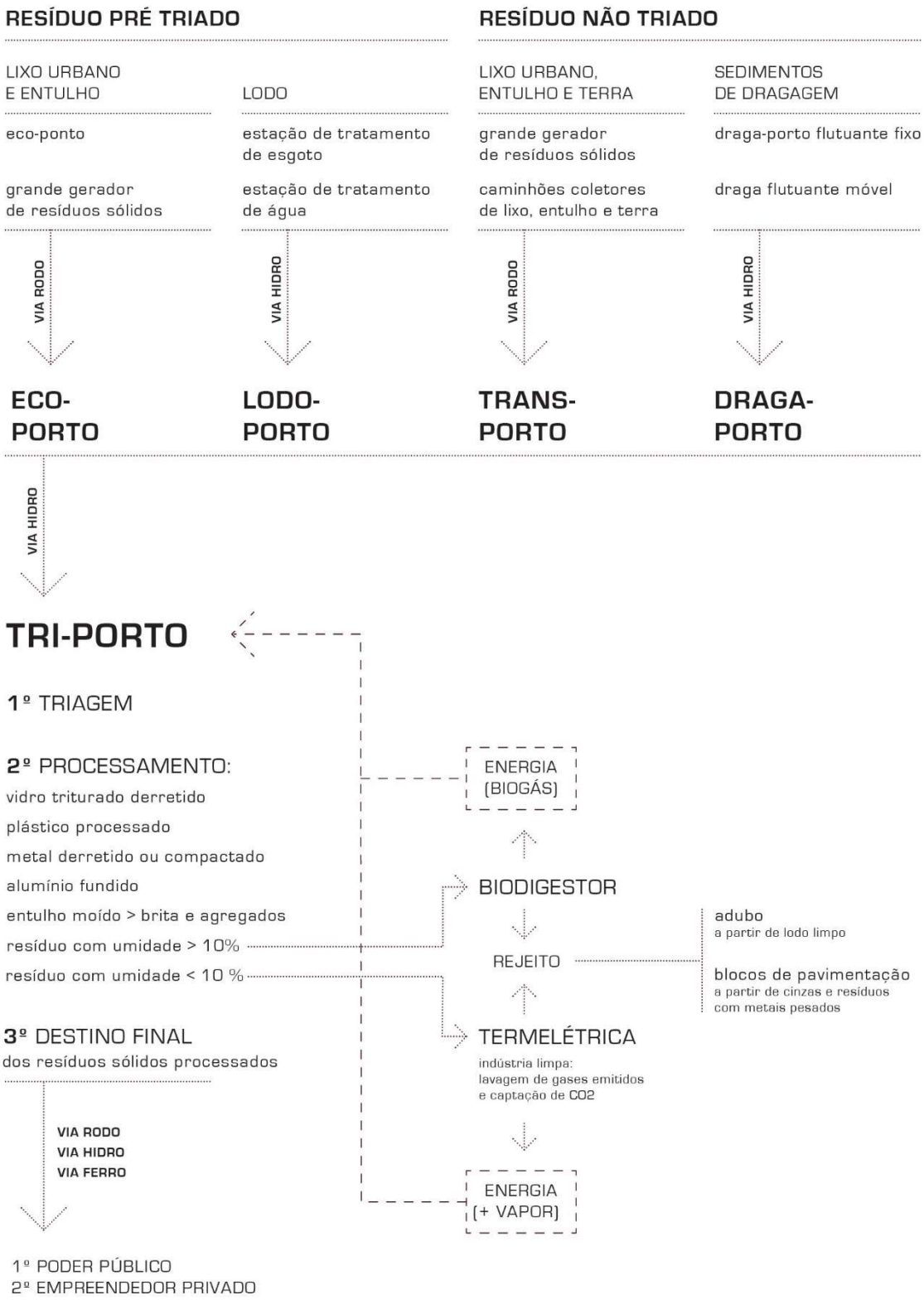


Fig. 183: Diagrama de transporte e processamento dos Resíduos Sólidos Urbanos através do Hidroanel Metropolitano de São Paulo. Fonte: GMF (2011).

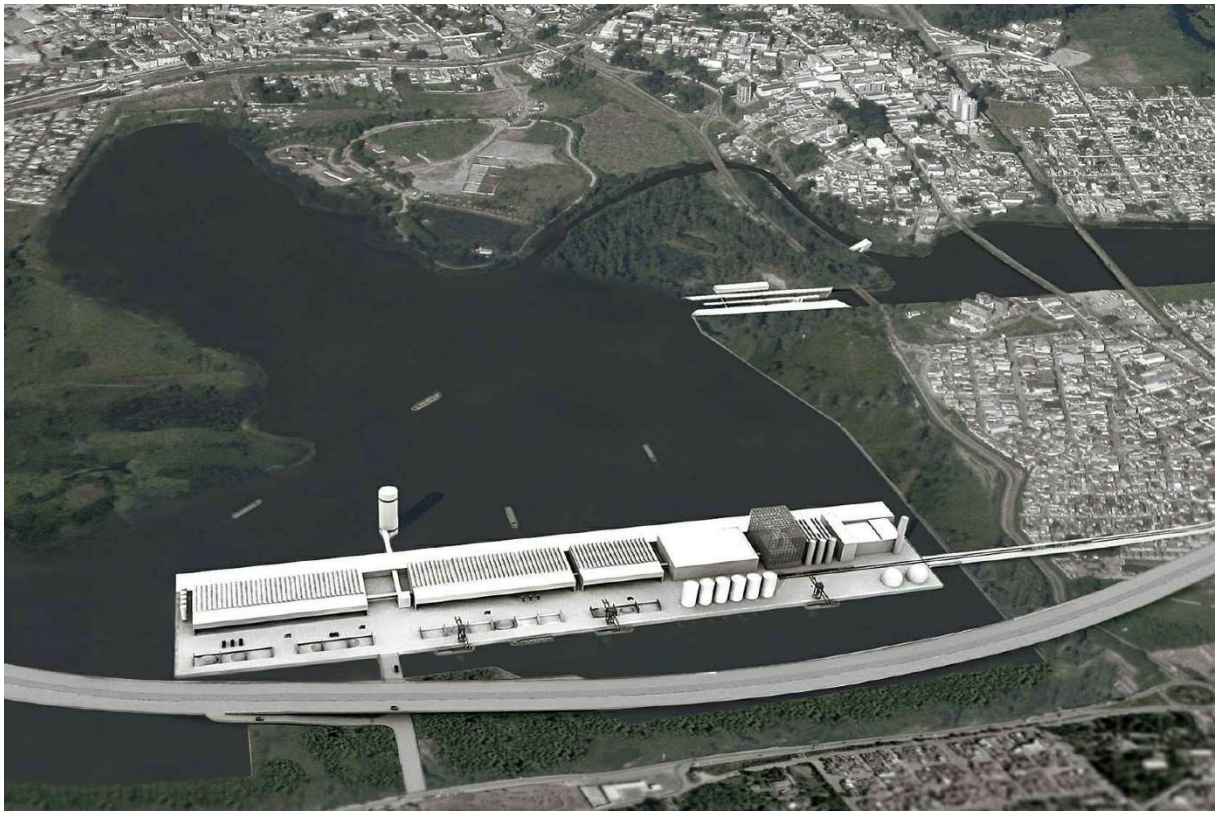


Fig. 184: Triporto de Itaquaquecetuba, planta industrial conectada ao Rodoanel e Ferroanel, em forma de ilha no lago formado pela barragem e eclusa de Itaquaquecetuba, também visíveis na imagem. Fonte: GMF (2011).

Fig. 185: Dársena e Transporto do Cebolão / Retiro, com acesso através de canal sob a avenida marginal. Fonte: GMF (2011).

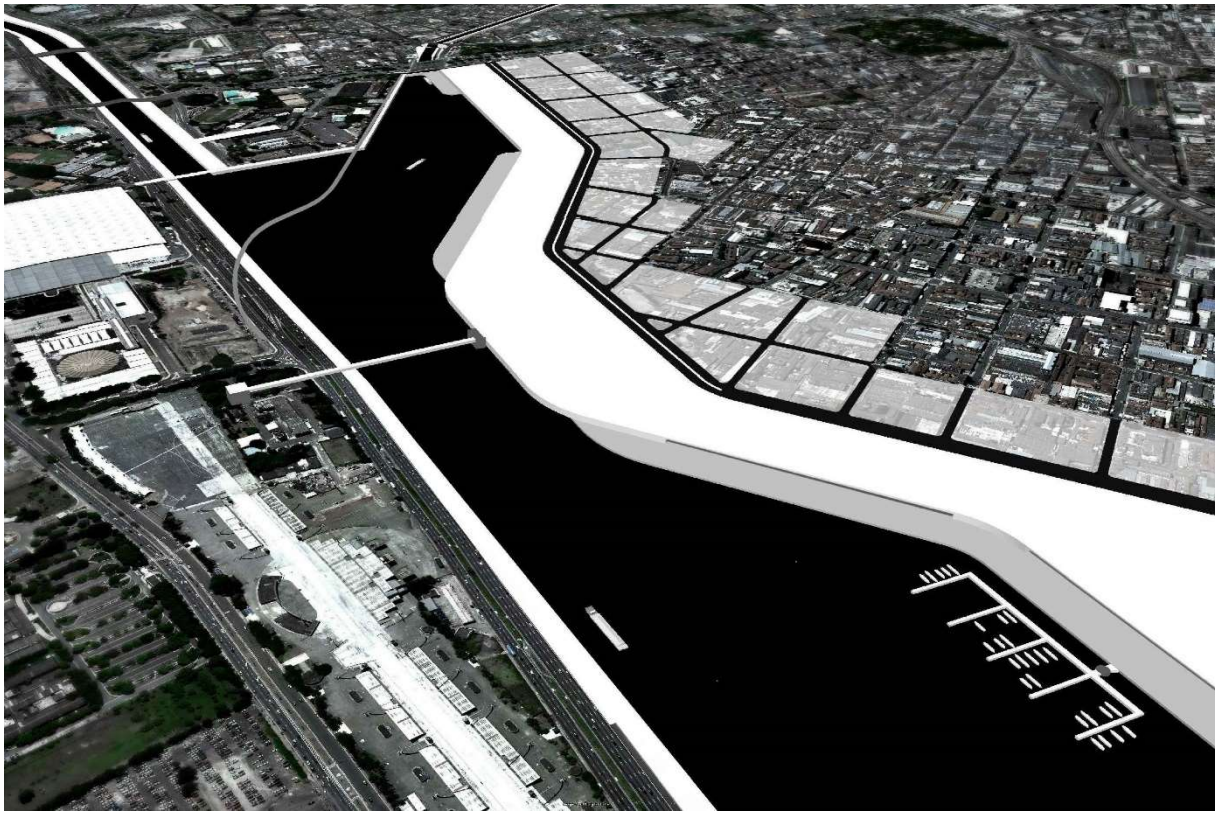


Fig. 186: Dársena e Transporto do Tamanduateí. Porto Turístico Tamanduateí /Anhembi. Proposta de lago no Tietê na foz do rio Tamanduateí. Fonte: GMF (2011).

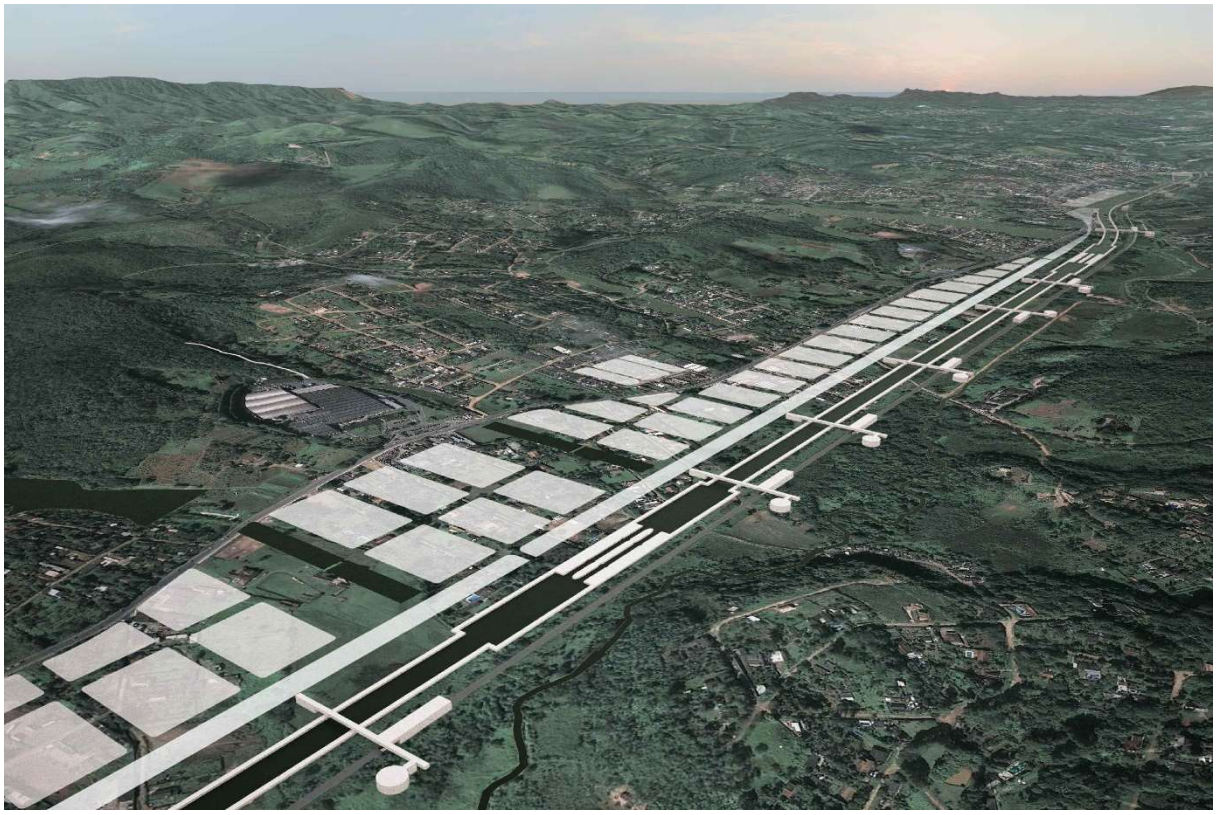


Fig. 187: Canal Billings-Taiaçupeba. Cidade-canal Billings-Taiaçupeba. Fonte: GMF (2011).

2.3. Conceitos e referências de projetos para a orla fluvial dos rios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

O projeto do 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' vislumbra uma cidade fluvial onde o rio é o eixo estruturador de uma nova urbanidade a ser construída na escala do homem. Na orla fluvial, é possível caminhar próximo às águas, e ao se sentar nas margens dos rios e córregos toca-se na água com a ponta dos pés. O nível da água é controlado por um sistema de lagos e barragens que controlam as vazões desde as nascentes dos pequenos afluentes, ao longo dos córregos e assim progressivamente até os rios de maior porte, onde as barragens são também equipadas com eclusas para a passagem de embarcações. Para além das barragens, a água das chuvas é reservada em todos os edifícios, em pequenas cisternas, e também em jardins de chuva presentes em praças e calçadas.

Nas microbacias drenadas por córregos de pequeno porte, com até 2 km de comprimento, a orla fluvial é o local ideal para morar. Ao longo do córrego está o parque linear, que preserva a planície aluvial e possui uma série de pequenas barragens formando lagoas, que além de amortecerem as águas da chuva possuem funções filtrantes, através de plantas aquáticas, para tratar os poluentes provenientes da poluição difusa. A copa das árvores na beira do córrego sombreia e preserva a umidade dos lagos, tornando o ar fresco e convidativo ao caminhar. Nos quarteirões adjacentes ao parque linear é incentivado o adensamento populacional, com edifícios de uso misto com até 6 andares e comércio no térreo. Os apartamentos possuem amplas janelas, a partir das quais é possível ver a copa das árvores e as águas dos pequenos lagos. Os quarteirões têm no máximo 100 metros de largura, permitindo a multiplicação das esquinas, com padarias, mercados e bares.

Diferentemente dos vales dos rios de maior porte, que abrigam vias que ligam diferentes regiões da cidade e linhas de trem expresso, nas microbacias o tráfego é controlado, com vias de trânsito local, privilegiando pedestres e ciclistas, e VLTs ao longo dos vales, junto aos parques fluviais. Dessa forma, as microbacias são 'ilhas de tranquilidade urbana'[1] dentro da metrópole, formando unidades de vizinhança que favorecem a apropriação social do espaço, e, consequentemente, a manutenção das infraestruturas a serem construídas.

[1] Campos Filho (2010, p 34) apresenta o conceito de unidade ambiental de moradia, que estabeleceria 'ilhas de tranquilidade urbana' inseridas na metrópole.

Os pontos notáveis da microbacia são os lagos das nascentes, os lagos das confluências e o lago da foz, junto aos quais a vida social do bairro se concentra. Nas nascentes dos córregos, praças preservam a infiltração e o carregamento do lençol freático, e os lagos da nascente retém as águas assim que nascem. Os lagos das confluências são formados logo após a confluência com pequenos afluentes e galerias de drenagem, ao lado dos quais localizam-se as Microestações de Tratamento de Águas Pluviais (METAP), ligadas ao sistema de lagoas filtrantes do parque linear. Junto às METAPs estão os Centros de Educação Ambiental, que também são centros comunitários, visando a conscientização da população sobre a gestão das águas urbanas.

No trecho final do córrego forma-se o lago da foz, com importante função de retenção de sedimentos carregados pelas águas, junto ao qual ficam a Microestação de Tratamento de Esgoto (METE), que trata localmente todo o esgoto da microbacia, e a Microestação de Tratamento de Água (META), que utiliza as águas do lago da foz para produzir água potável para a população. Esse sistema de lagos e parques estão conectados entre si por caminhos densamente arborizados, com prioridade para pedestres e ciclistas, e que se conectam também com os lagos e parques das microbacias vizinhas e com os equipamentos públicos da região.

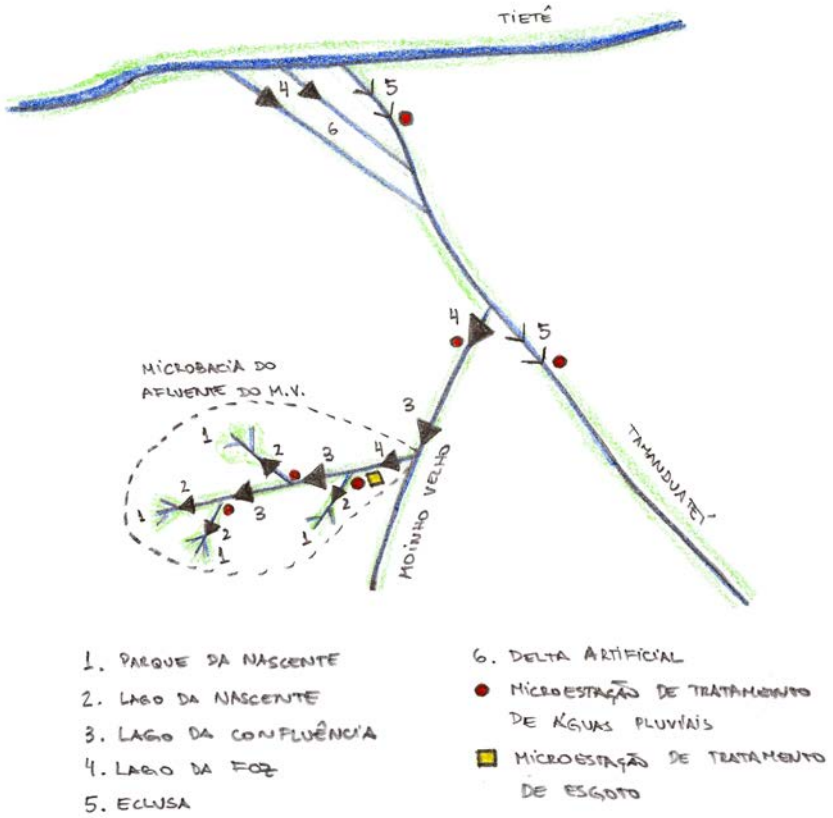


Fig. 188: Esquema conceitual das estruturas hidráulicas e paisagísticas para os rios da bacia hidrográfica do Tamanduateí. Fonte: desenho do autor.

Nos rios e córregos de maior porte, o volume d'água e a menor inclinação do canal possibilitam o tráfego de embarcações, possibilitando o transporte fluvial de cargas públicas e comerciais. O relevo plano do vale também é favorável ao transporte de cargas e passageiros por trilhos, criando eixos metropolitanos propícios à edifícios comerciais, residenciais e indústrias não poluentes.

O transporte fluvial segue os preceitos da navegação fluvial urbana em canais estreitos e rasos. Urbana porque difere da regional, como é o caso da Hidrovia Tietê-Paraná, onde comboios percorrem grandes distâncias para exportação de soja e outros produtos. Na navegação fluvial urbana, nos rios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, os portos de origem e destino das cargas estão dentro da Região Metropolitana de São Paulo, estabelecendo trajetos intra-urbanos. Por ser uma bacia de cabeceira, onde os rios têm pouco volume d'água e maior declividade, a navegação se dá em canais estreitos e rasos, e em águas restritas e lentas, uma vez que estão contidas entre barragens móveis e eclusas que asseguram os níveis d'água mínimos. As embarcações são adaptadas a essas condições, sendo estreitas e com calado e altura reduzidos, possibilitando a passagem sob pontes de pouca altura.

Nos rios navegáveis, as barragens móveis necessárias à navegação também contribuem para a macrodrenagem da bacia ao formarem lagos que retém a água das cheias, podendo variar até 1 m o nível da lâmina d'água. Além dos lagos, canais de derivação na foz dos rios distribuem as vazões, formando deltas artificiais, que junto com os lagos navegáveis aumentam a superfície de água na cidade, contribuindo para a diminuição da variação do nível d'água e a melhoria do clima da região. Nas margens dos canais correm paralelos os coletores tronco de esgoto e as galerias de água pluvial, subterrâneos, que interceptam as águas poluídas evitando a contaminação do canal. As águas pluviais são encaminhadas para microestações de tratamento localizadas junto às eclusas, sendo então lançadas já limpas nos canais.

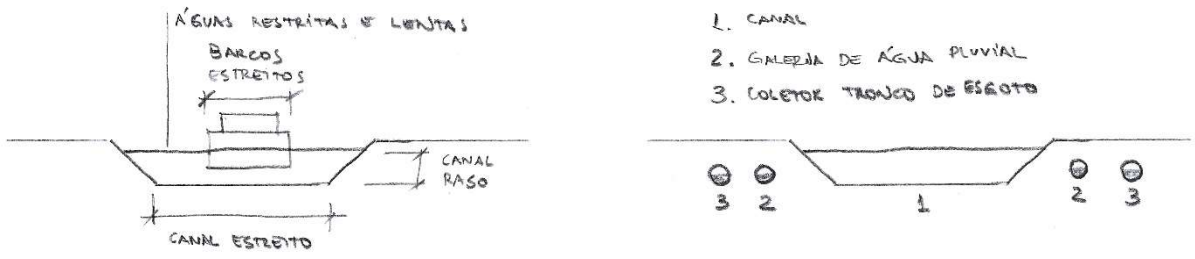


Fig. 189: Esquemas da navegação em canais estreitos e rasos (à esquerda) do feixe de 5 canais, interceptando os poluentes (à direita). Fonte: desenho do autor.

2.3.1. Projeto da cidade-canal Tamanduateí: parques e portos fluviais

Em seu mestrado e doutorado, Delijaicov (1998; 2005) apresenta estudos para reurbanização da orla fluvial do rio Tamanduateí, partindo das diretrizes dos 'Corredores Metropolitanos' propostos na década de 1970 (vide subcapítulo 1.2), que previam forte adensamento populacional ao longo dos eixos ferroviários existentes, que coincidem com os vales dos principais rios da metrópole, Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. Com o esvaziamento progressivo do parque industrial localizado junto a esses eixos, seria possível a liberação de áreas para reorganização do espaço urbano.

Para Delijaicov (1998), seriam os rios os grandes eixos de desenvolvimento urbano, concentrando em suas orlas as principais funções da cidade, que configurariam verdadeiras praças de convívio humano, organizadas linearmente. Ao longo do canal navegável do Tamanduateí haveria uma sequência de lagos que modulariam a orla fluvial e estruturariam a rede de portos e parques fluviais (figs. 191 e 192). O lago-porto do centro histórico (fig. 193), na antiga Várzea do Carmo, atual Parque Dom Pedro II, teria aproximadamente 500 m de largura e 2.500 m de extensão, possibilitando o regaste histórico da presença do Tamanduateí na vida urbana da cidade, registrado na pintura de 1892 de Benedito Calixto, "Inundação da Várzea do Carmo" (vide subcapítulo 1.1, fig. 11).

O Lago do porto-parque da Mooca seria implantado entre a foz do córrego da Mooca e do córrego Ipiranga, trecho no qual o canal seria alargado até o limite da av. Presidente Wilson (fig. 194). Entre a orla fluvial e a orla ferroviária existiriam, de modo integrado, habitação, equipamentos sociais, comércio e indústrias não poluentes (DELIJAICOV, 2005). Para solucionar a barreira imposta pela Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, atual linha 10 da CPTM, um novo nível da cidade seria criado sobre a ferrovia, acessado através de rampas suaves a partir da orla fluvial, dando a percepção ao transeunte de caminhar por um relevo natural (fig. 190).

Para ser navegável, o canal do Tamanduateí seria alargado e aprofundado para atingir a seção transversal de trinta metros de largura e três metros de profundidade, sendo necessárias também a construção de barragens móveis, eclusas e canais laterais de derivação. Para Delijaicov (2005), o alargamento do canal modificaria a largura e o caráter das avenidas marginais, que passariam de rodovias urbanas para avenidas com semáforos a cada duzentos metros, com largos passeios públicos densamente arborizados.

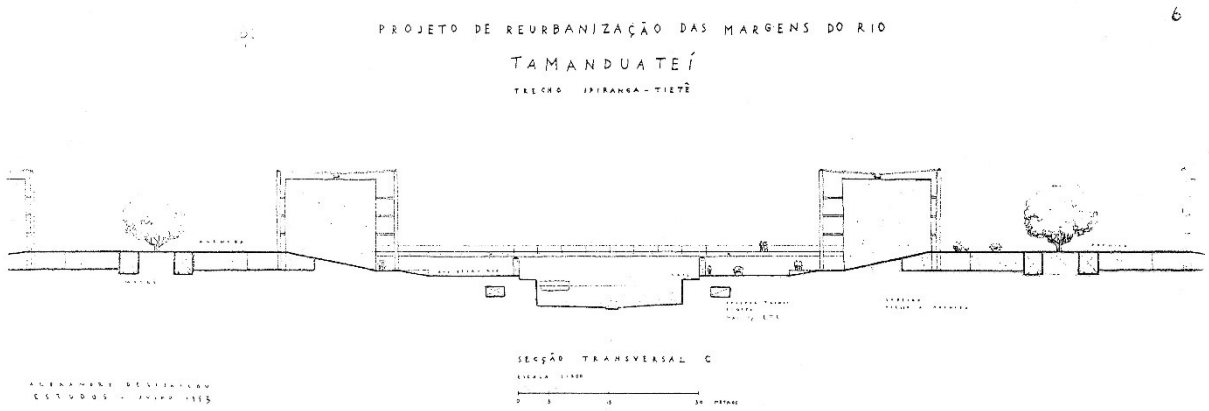


Fig. 190: Corte transversal do projeto de reurbanização das margens do rio Tamanduateí, com a criação de um novo nível da cidade sobre a ferrovia. Fonte: Delijaicov, 1998.

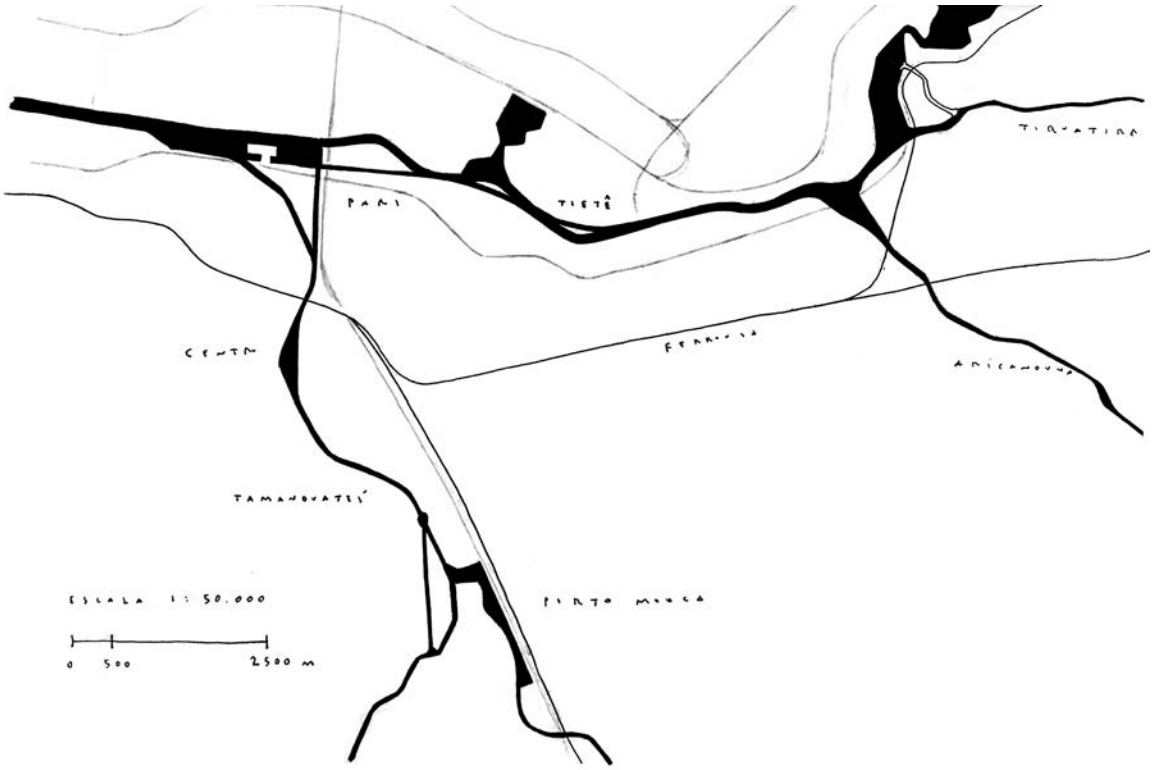


Fig. 191: Projeto de rede de canais navegáveis nos rios Tamanduateí e Tietê. Fonte: Delijaicov, 2005.

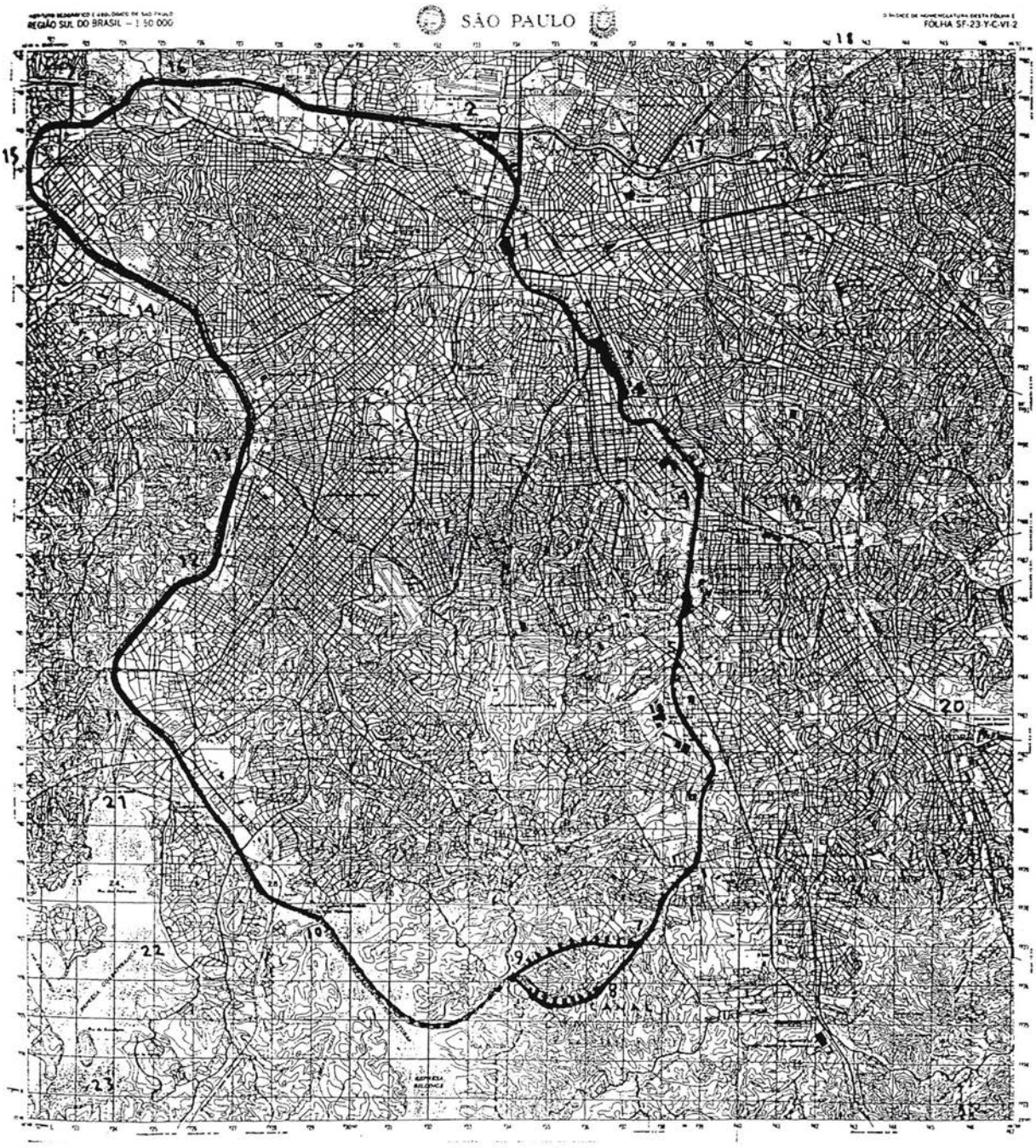


Fig. 192: Estudo preliminar do Hidroanel interior, através dos rios Pinheiros, Tietê, Tamanduateí, Meninos e Couros, e de um canal artificial de ligação com a represa Billings. Fonte: Delijaicov, 1998.

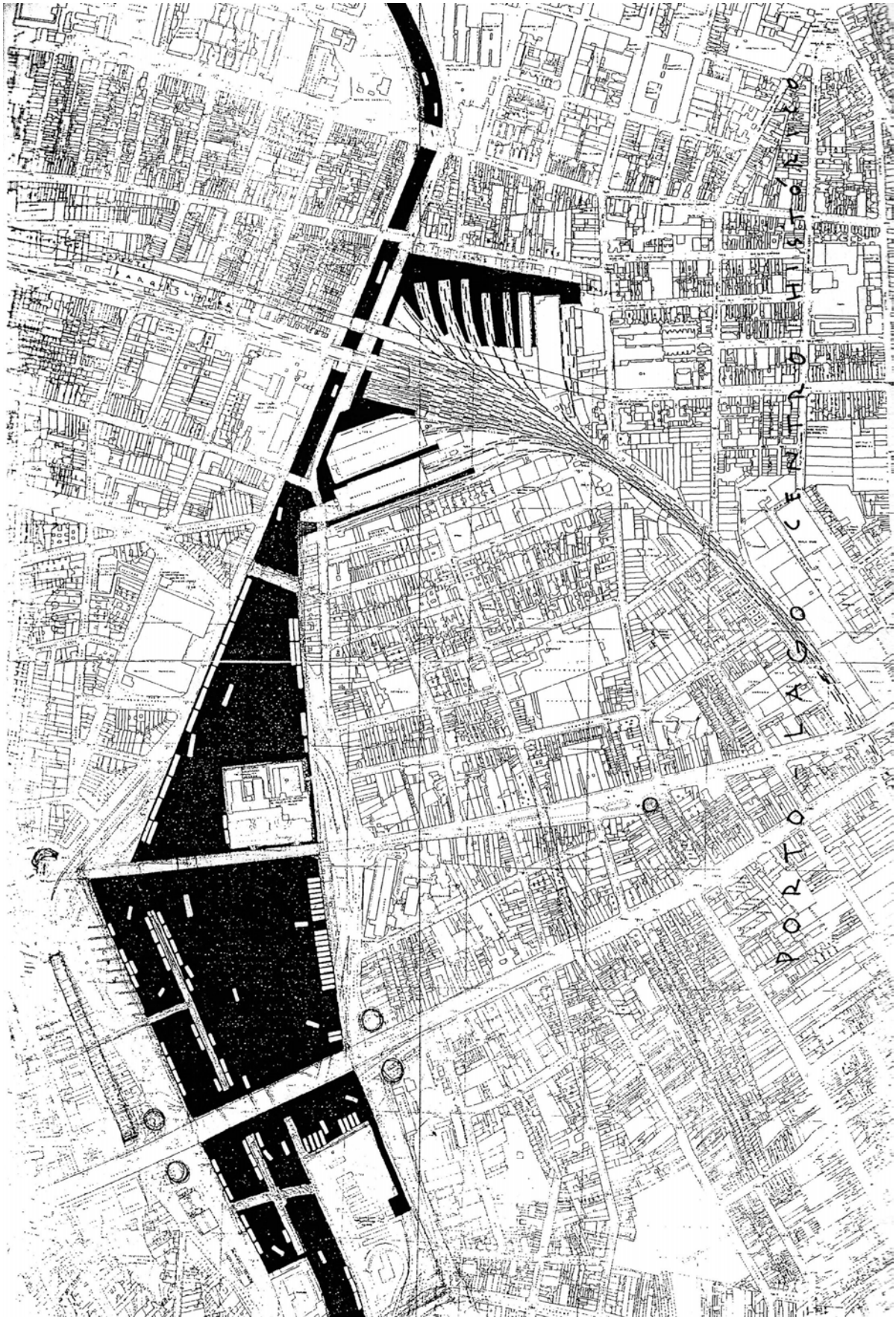


Fig. 193: Projeto do porto-lago do centro histórico, no rio Tamanduateí. Fonte: Delijaicov, 1998.

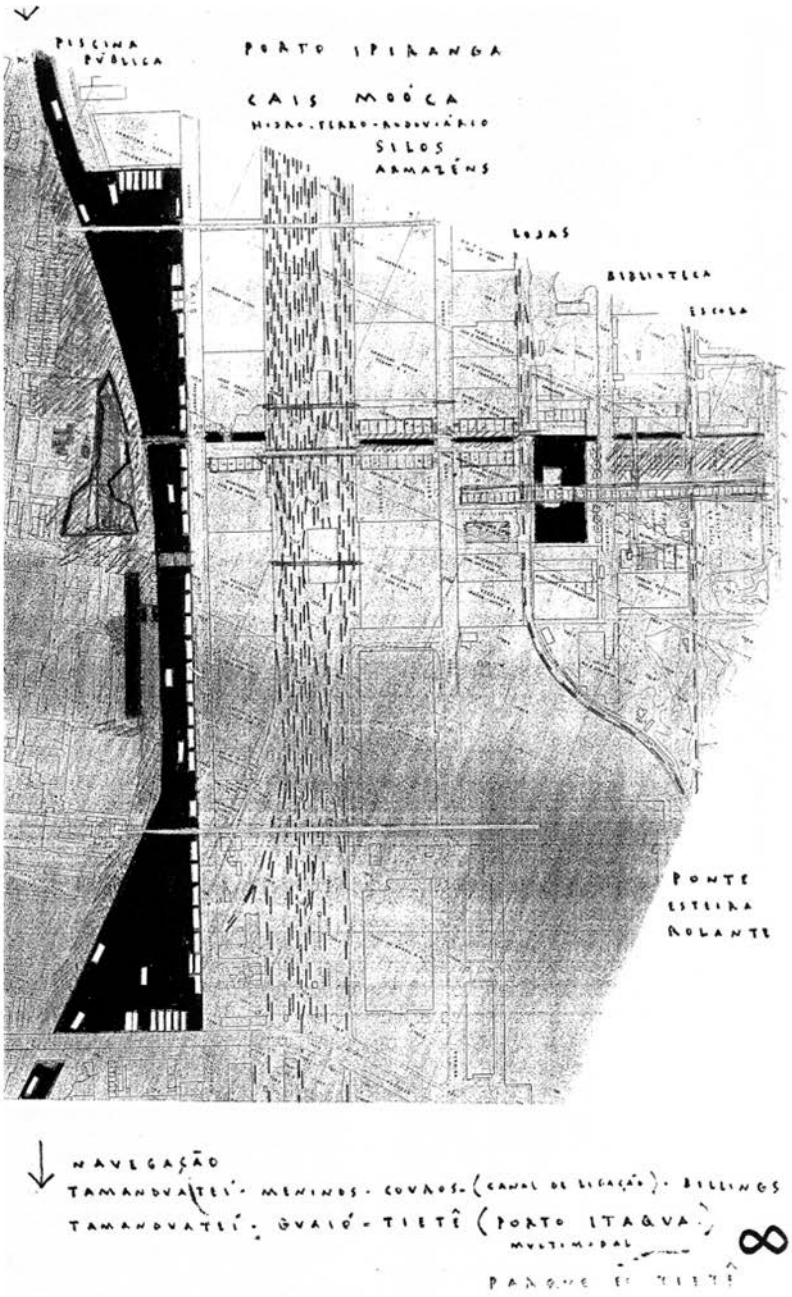


Fig. 194: Projeto do lago do porto-parque da Mooca, no rio Tamanduateí. Fonte: Delijaicov, 2005.

2.3.2. Multiplicação dos níveis da cidade

A construção de um novo nível da cidade sobre linhas férreas existentes, aproveitando o espaço aéreo do leito ferroviário para adensamento urbano, é uma possível solução para costurar o tecido urbano de bairros segregados pela ferrovia, podendo ser aplicado em São Paulo ao longo dos eixos ferroviários que acompanham os vales dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, onde já estão previstas reformas urbanas. A ideia vem ganhando força em São Paulo, tendo sido lançado em dezembro de 2017, pelo Governo do Estado de São Paulo, o edital que prevê a construção de unidades habitacionais, áreas comerciais, de serviços e equipamentos públicos sobre a linha 3 do metrô, entre as estações Brás, Bresser e Belém, através de parceria público privada batizada de 'PPP dos Trilhos'[2].

Em São Paulo, onde os principais rios possuem avenidas expressas em suas margens, este novo nível da cidade pode também ser criado sobre as avenidas, permitindo a aproximação das pessoas com as águas. Nesses casos, junto à margem do rio tem-se acesso a um nível inferior, próximo às águas, com acesso aos barcos, ciclovias e passeio para pedestres. A estrutura das margens dos canais configura-se assim em dois níveis, denominados cais alto e cais baixo.

Dentre os exemplos internacionais de projetos que criam novos níveis para melhor aproveitamento do espaço urbano, podemos destacar o centro da cidade de Chicago, nos EUA, onde diversos níveis da cidade se sobrepõem ao nível do solo, e o recente projeto para 'Paris Rive Gauche', com a criação de novas áreas para urbanização sobre linhas férreas paralelas ao rio Sena.

- Chicago e a multiplicação dos níveis da cidade

Um exemplo interessante de multiplicação dos níveis em áreas urbanas pode ser visto na cidade de Chicago, nos EUA. No centro da cidade, junto ao rio Chicago, uma vasta região de mais de 250 hectares é completamente elevada, havendo um, dois e até três níveis de serviços entre o térreo elevado e o nível do solo. Nesses níveis inferiores passam linhas de trem, vias de tráfego expresso e comercial, e estão localizadas áreas para estacionamento e fins logísticos, além das diversas infraestruturas de serviços urbanos, como drenagem, esgotamento sanitário e energia.

---

[2] Reportagem intitulada 'Governador Alckmin anuncia consulta pública da PPP dos Trilhos', de 26/12/2017, disponível em <http://www.saopaulo.sp.gov.br/sala-de-imprensa/release/governador-alckmin-anuncia-consulta-publica-da-ppp-dos-trilhos/). Acesso em 05/01/2018.

Um pedestre desavisado, ao caminhar pela cidade, dificilmente tem a percepção de que está sobre vários níveis de infraestrutura, pois a sensação é de caminhar por um relevo natural. Somente quando se passa ao lado de um dos raros espaços ainda sem edifícios é que se percebe que o lote vazio na verdade é um buraco, onde então revelam-se os diversos níveis escondidos sob o térreo elevado.

Inicialmente a cidade de Chicago começou a elevar seus prédios para a instalação do sistema combinado de esgoto e drenagem de águas pluviais, que foi construído a partir de 1855. Como a cidade localizava-se na planície do rio Chicago, junto à sua foz no lago Michigan, grande parte das ruas ficava a no máximo 1,5 m de altura em relação ao nível d'água do rio e do lago, o que representava um impedimento para a instalação dos coletores de até 2 m de diâmetro, que precisavam ter inclinação suficiente para encaminhar os efluentes para o rio. Como nem o rio e nem o lago poderiam ser rebaixados, a solução proposta foi elevar a cidade, e por mais ousada que tal ideia pudesse parecer, a urgência da necessidade de saneamento da cidade[3] levou à aprovação de tal projeto. Nas duas décadas seguintes a maior parte das ruas do lado sul da cidade, e parte das ruas do lado norte e oeste, foram então reconstruídas com altura média de 1,5 m em relação ao nível do solo, chegando a 3 m em alguns locais, o que criava um nível técnico sob a rua com de cerca de 2,5 m de pé-direito. Os prédios existentes ou transformaram seus antigos térreos em porões ou foram também elevados com o uso de macacos à alavanca[4] (HILL, 2016, p. 100; CAIN, 1978, p. 29).

Após a virada do século, em 1909, Daniel Burnham, em seu 'Plano de Chicago', propõe a reconstrução da orla do rio Chicago, então utilizada por armazéns e terminais ferroviários, argumentando que esta área poderia ter usos mais nobres uma vez que grande parte da atividade portuária da cidade havia sido transferida para o porto 'Calumet', ao sul. Seu plano também visava dar soluções para o intenso volume de tráfego na área central da cidade, que já causava transtornos naquela época. Foi proposta então a construção de vias em dois níveis na área central da cidade, nas quais o nível inferior seria utilizado para tráfego expresso e comercial, e o nível superior para o tráfego comum de veículos, na forma de bulevares. A criação de um novo térreo elevado colaborava também para a construção de edifícios sobre as ferrovias existentes que

[3] Um surto de cólera em 1854 foi responsável pela morte de 5,5% da população de Chicago, o que pressionou a administração pública na busca de uma solução dos problemas causados pelo esgoto (CAIN, 1978, p. 23).

[4] Enquanto o alteamento das ruas era um serviço público, a elevação de prédios ficava a cargo dos proprietários individuais. Elevar pesados edifícios de tijolos era uma façanha tecnológica em Chicago nos anos 1850, e atraía a atenção de muitos curiosos (CAIN, 1978).

ocupavam boa parte da área central, através da compra do espaço aéreo das mesmas. Outra vantagem era a possibilidade de cruzar o rio com pontes em nível, deixando sob as mesmas vão luz suficiente para a passagem de embarcações (BURNHAM; BENNETT, 1909; HILL, 2016).

> The Chicago River, which gave to the city its location and fostered its commerce, has become a dumping spot and a cesspool (...). The opportunity should be seized to plan a comprehensive and adequate development of the riverbanks (...). Boulevards should extend from the mouth of the river along the North and South branches and on both sides (...). These thoroughfares would be an important factor in the relief of traffic congestion down town; they should be raised above the normal traffic level in order to afford greater facility of circulation, and to allow warehouses to be constructed below the roadway (BURNHAM; BENNETT, 1909, p. 97).

Nas décadas seguintes foram inauguradas diversas dessas vias elevadas, sendo a 'Michigan Avenue' uma das pioneiras. No eixo desta avenida, sobre o rio Chicago, foi inaugurada em 1920 a 'Michigan Avenue Bridge', ligando os lados sul e norte da cidade, uma ponte basculante em dois níveis servindo tanto às vias inferiores de serviços como ao bulevar superior. A 'Wacker Drive', que teve seu primeiro trecho inaugurado em 1926, segue o mesmo nível superior da 'Michigan Avenue', percorrendo grande parte da orla do rio Chicago, e criando um bulevar elevado em relação ao rio. A partir da construção dessas vias elevadas primordiais diversas outras foram construídas, e inúmeros edifícios 'arranha-céu' foram implantados aproveitando os diferentes níveis de infraestrutura. Nesses edifícios, enquanto a entrada para pedestres localiza-se no nível superior, a entrada para os estacionamentos e as docas para entrega de cargas localizam-se no nível inferior, e em alguns casos as estações de metrô tem acesso direto ao nível inferior dos edifícios (HILL, 2016, MAGUIRE, 2016). A oeste do rio Chicago o grid de vias elevadas passa sobre inúmeras linhas ferroviárias, tendo sido construídos quarteirões sobre o espaço aéreo das mesmas. Entre as ruas 'Canal St.' e 'Clinton St.', Burnham e Bennett (1909) projetaram a 'Union Station', inaugurada em 1925, a mais importante estação ferroviária de passageiros de Chicago, servindo ao transporte suburbano e interurbano.

Nos anos 2000, uma grande operação urbana a leste da 'Michigan Avenue', o 'Illinois Center development', acrescentou um novo nível à cidade, fazendo com que grande parte das ruas desta região tenha 3 níveis. Também nos anos 2000 a via elevada da 'Wacker Drive', ao longo do rio Chicago entre a 'Michigan Avenue' e a 'Randolph St.', foi reconstruída, pois a estrutura originalmente construída em 1926 estava comprometida. Junto com este projeto de reconstrução foi realizada a reformulação do cais baixo, passeio inferior de pedestres junto ao rio, através da ampliação de sua largura em 7 metros e da conexão dos trechos entre pontes, antes isolados,

através de estruturas flutuantes (SASAKI, 2017). Agora conhecido como 'Chicago Riverwalk', esse passeio de pedestres à beira rio teve seu último trecho inaugurado em 2016, sendo intensamente utilizado por moradores e turistas, com diversos bares, restaurantes e espaços de estar, aproximando-se assim do ideal de Burnham e Bennett de uma orla fluvial que fosse o centro da vida urbana de Chicago.

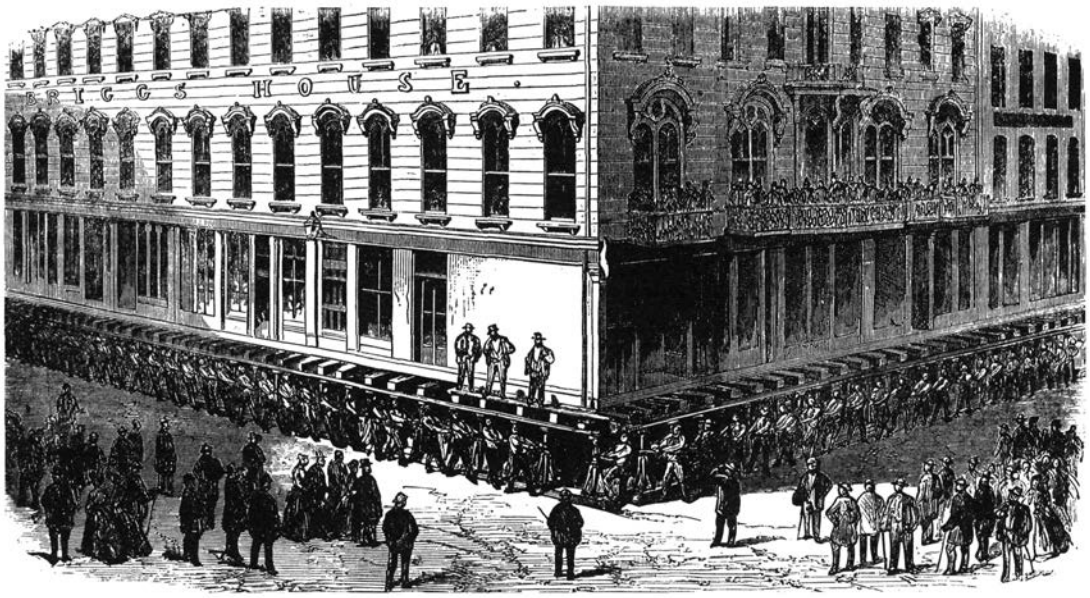


Fig. 195: Elevação de um edifício de tijolos na esquina da Randolph com a Wells St., em Chicago, 1857, para a construção do sistema de esgoto e drenagem. Fonte: Chicago Historical Society (in: CAIN, 1978).

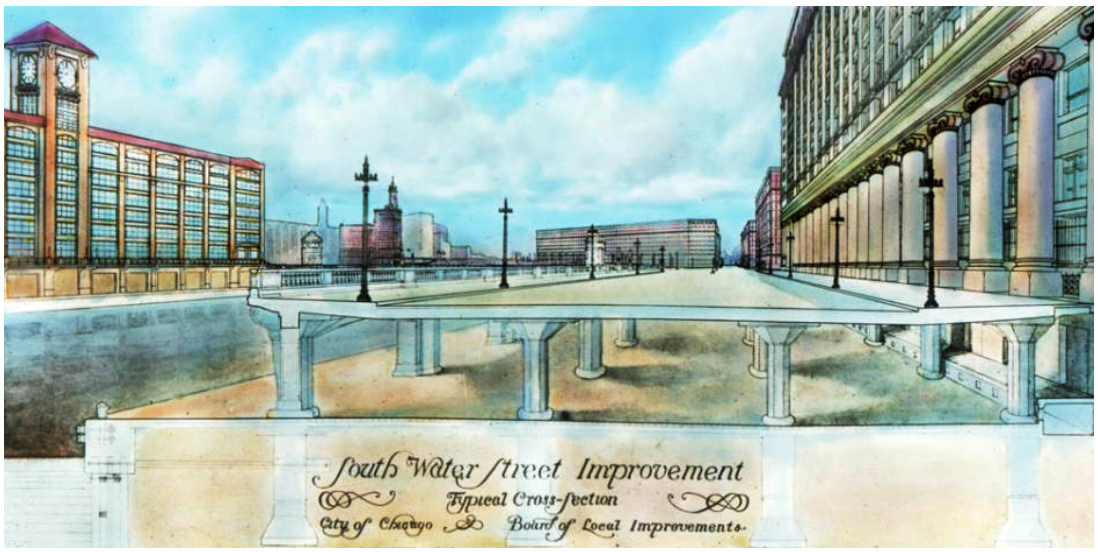


Fig. 196: Projeto de construção da 'South Water Street', posteriormente denominada 'Wacker Drive', via de dois níveis ao longo da orla do rio Chicago proposta por Burnham e Bennett em 1909. Fonte: disponível em <https://chicagology.com/chicagostreets/wackerimprovementplan/>, acesso em 08/12/2017.

Fig. 197: Construção da 'Wacker Drive', em 1925, na esquina com a 'Wabash Avenue'. Fonte: Chicago Historical Society (Chicago Architectural Photographic Co., ICHi-37922), disponível em <http://www.chicagophotoshop.com/ChicagoEvents/Old-Chicago-Photos/>.

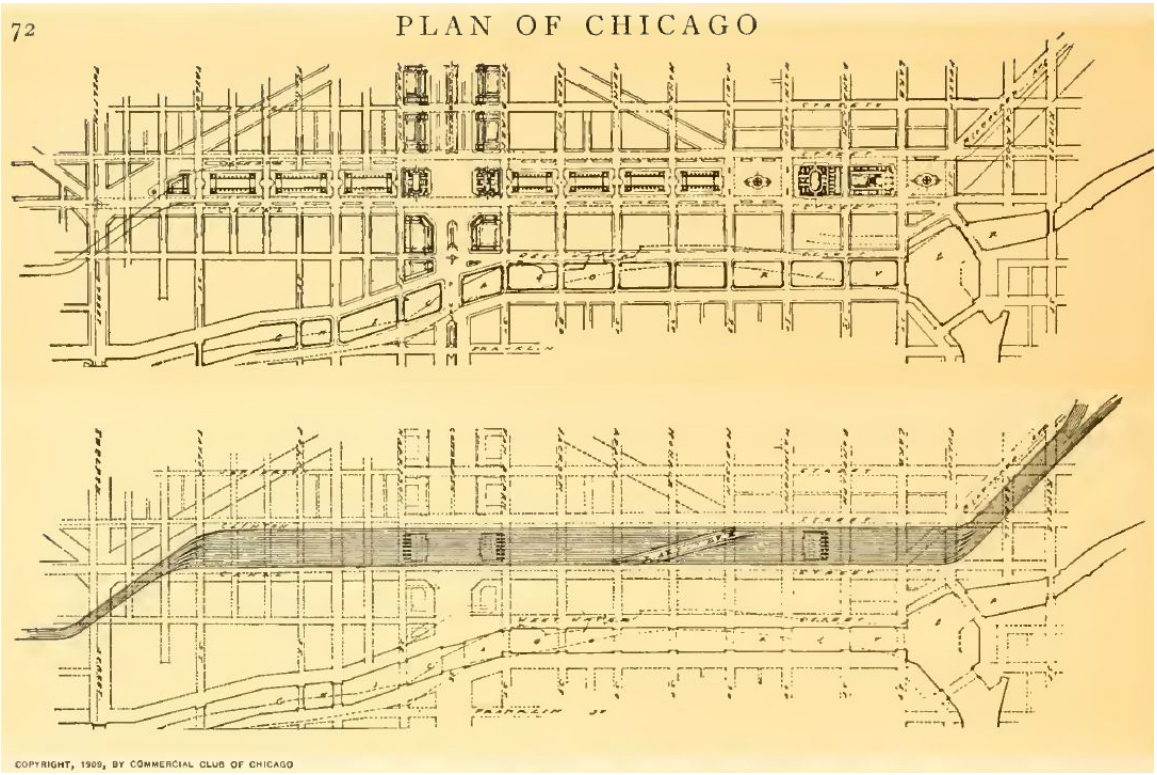


Fig. 198: Projeto de novos quarteirões elevados e 'Union Station' sobre linhas férreas, a oeste do rio Chicago, no 'Plano de Chicago' de 1909. Planta do nível superior (acima) e inferior (abaixo). Fonte: Bunrham e Bennett (1909).

Fig. 199: Piso inferior da 'Michigan Avenue Bridge', com vista para os dois níveis da 'Wacker Drive' e o 'Chicago Riverwalk'. Fonte: foto do autor, agosto de 2017.

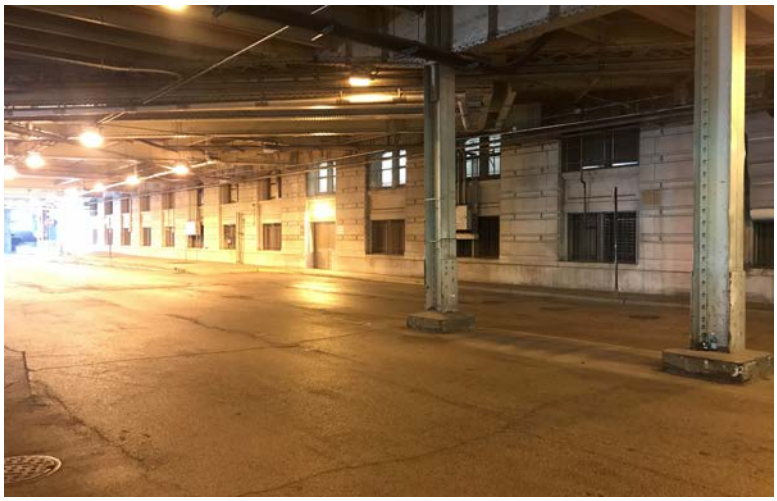


Fig. 200: Nível inferior da 'Michigan Avenue', com antigo térreo de edifício. Fonte: foto do autor, agosto de 2017.

Fig. 201: Lote vazio na esquina da 'E. Lake St.' com a 'N. Stetson Ave.', onde é possível perceber os diversos níveis sob o térreo elevado. Fonte: foto do autor, agosto de 2017.

Fig. 202: Quarteirões à oeste do rio Chicago, próximo à 'Union Station', com linhas férreas no nível inferior. Fonte: foto do autor, agosto de 2017.

Fig. 203: 'Chicago Riverwalk', passeio de pedestres à beira rio, recém-inaugurado. Fonte: foto do autor, agosto de 2017.

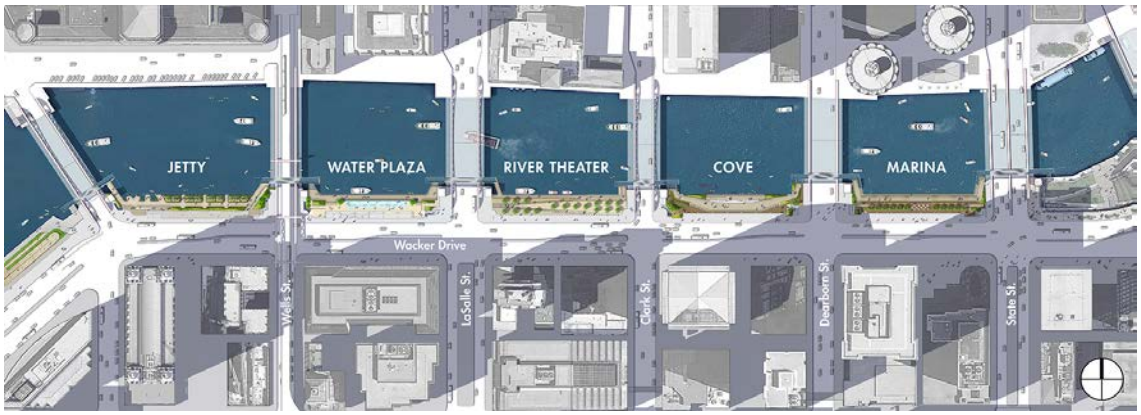


Fig. 204: Projeto do 'Chicago Riverwalk', com prolongamento da largura do passeio em 7 m sobre o rio Chicago e conexão dos trechos entre pontes. Os nomes correspondem às diferentes tipologias de cada trecho do passeio. Fonte: SASAKI, 2017.

- Cais alto e cais baixo

Nos trechos do canal navegável onde o nível d'água se afasta do nível da cidade, tanto pelo relevo natural das margens quanto pela existência de um nível elevado sobre a orla fluvial, a estrutura das margens pode se definir em dois patamares, o cais baixo e o cais alto, criando uma topografia que aproxima as pessoas do contato com as águas. O cais baixo fica próximo às águas, podendo dar acesso a áreas cobertas pelo nível superior, que abrigam bares, restaurantes e também depósitos dos comércios localizados no nível da cidade, que podem receber mercadorias diretamente dos barcos.

Em locais sujeitos a variações do nível da água devido à cheia do rio, o cais baixo pode eventualmente ser inundado, como nas cidades à beira do rio São Francisco, onde a atividade portuária se transfere para o cais alto durante as cheias anuais. No caso da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, porém, é interessante que a vazão de água seja controlada por um sistema de lagoas de retenção e barragens móveis, para que o nível d'água seja pouco variável e permita a plena utilização dos diferentes níveis.

Um interessante exemplo é a cidade de Utrecht, na Holanda, onde a orla foi concebida em dois níveis para que o cais baixo concentrasse as atividades portuárias, com depósitos para as mercadorias entregues pelas embarcações, enquanto o cais alto era o nível das residências e comércio. Mais recentemente, os depósitos do cais baixo passaram a abrigar outros usos, como cafés e restaurantes (HERTZBERGER, 1999)

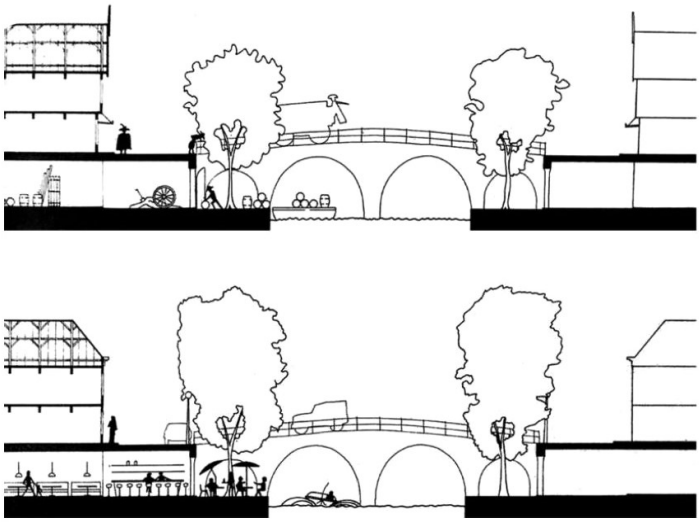


Fig. 205: Corte transversal do cais alto e cais baixo na cidade de Utrecht, na Holanda, concebido para atividades portuárias (acima), mas que hoje abriga diferentes usos (abaixo). Fonte: Hertzberger, 1999.

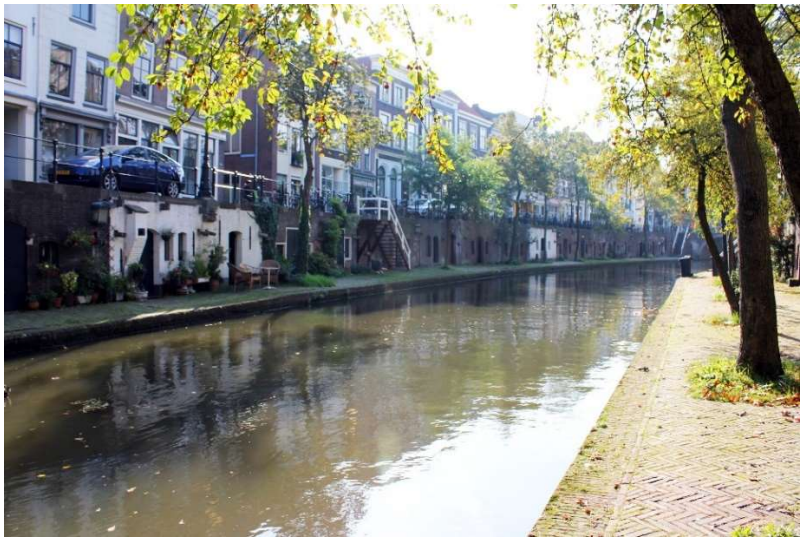


Fig. 206: Cais alto e cais baixo na cidade de Utrecht, na Holanda. Fonte: foto do autor, 2011.

Fig. 207: Cais alto e cais baixo na cidade de Amsterdam, na Holanda. Fonte: foto do autor, 2011.

Fig. 208: Cais alto e cais baixo na cidade de Barra, na Bahia, à beira do rio São Francisco. Fonte: foto do autor, 2015.

Na dissertação de mestrado de Eloísa Ikeda, orientada pelo Prof. Alexandre Delijaicov, é proposta a criação de um novo nível sobre as avenidas marginais do rio Pinheiros, tendo como principal referência a orla fluvial de Paris, na França. Neste novo nível sobre as avenidas, que seria o cais alto, estaria o bulevar fluvial, com prioridade para pedestres e ciclistas, de onde seria possível o acesso ao cais baixo, junto ao rio, para contemplação das águas e acesso aos barcos (IKEDA, 2016).

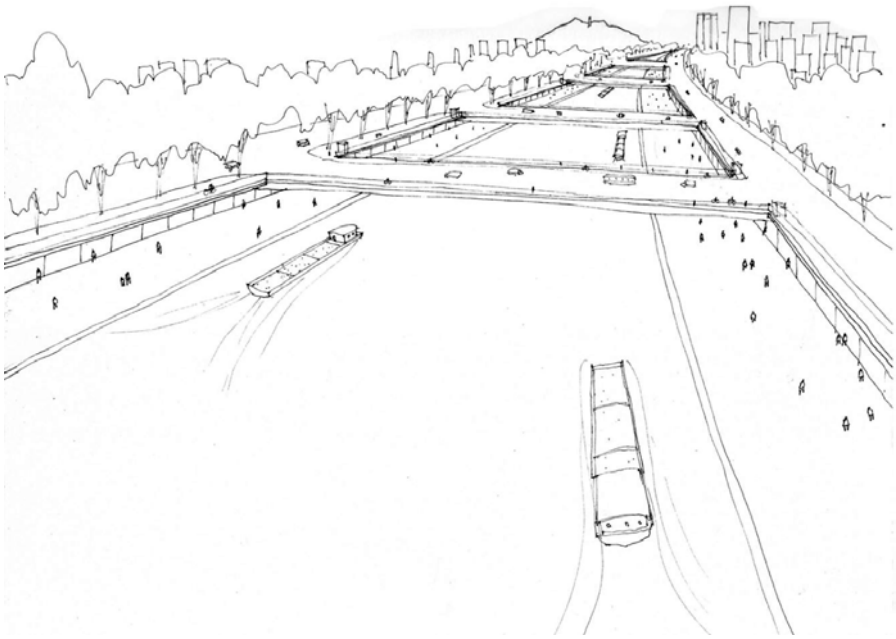


Fig. 209: Estudos para o rio Pinheiros de Eloísa Ikeda, com cais alto sobre as avenidas marginais, e cais baixo próximo às águas. Fonte: Ikeda, 2016.

2.3.3. Componentes infraestruturais da orla fluvial urbana

Dentre os principais componentes infraestruturais da cidade fluvial podemos elencar aqueles relacionados à navegação fluvial urbana, nos rios de maior porte, e aqueles relacionados aos córregos menores e à área de suas bacias hidrográficas, que contribuem para a infiltração, retenção e qualidade das águas. Dentre os componentes infraestruturais relacionados à navegação fluvial urbana podemos citar os canais e lagos navegáveis, ladeados pelo bulevar fluvial, a eclusa, a barragem móvel, a ponte móvel, as estruturas portuárias, o cais, o pontão flutuante e as embarcações. Já entre os componentes relacionados aos córregos menores, que também podem existir ao longo dos canais navegáveis, podemos citar os parques das nascentes e os parques

lineares, os pequenos lagos de retenção com função filtrante, os jardins de chuva para detenção e infiltração das águas e as Microestações de Tratamento de Águas Pluviais e de Esgotos.

- Bulevar fluvial

Os bulevares fluviais são eixos de infraestrutura que acompanham os rios e córregos, que podem ser navegáveis ou não. Os bulevares devem privilegiar os pedestres, ciclistas e o transporte público, de preferência com Veículos Leves sobre Trilhos, os VLTs. Ao longo dos canais navegáveis, o limite entre o passeio beira rio e o canal é o muro do cais, importante elemento que pode servir à atracagem de embarcações e deve ser convidativo à proximidade do pedestre com as águas. Os térreos dos prédios são ocupados por lojas, cafés e restaurantes, sendo a sobreloja ocupada por serviços como bibliotecas, escritórios e creches, e os demais pavimentos com apartamentos residenciais, com vista para os lagos e canais. O bulevar fluvial torna-se assim um dos principais logradouros públicos da cidade.

Fig. 210: Bulevar fluvial de canal navegável, em Amsterdam. Fonte: foto do autor, 2011.

Fig. 211: Bulevar / parque linear de canal não navegável, em Rotterdam (à esquerda), e Amsterdam (à direita). Destaque para o VLT em Rotterdam. Fonte: foto do autor, 2011.

- Barcos Urbanos

Segundo os estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011), as embarcações para navegação na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê podem ser para transporte de cargas, os Barcos Urbanos de Carga (BUCs), para transporte de passageiros, os Barcos Urbanos de Passageiros (BUPs), ou para serviços, como lanchas de limpeza, de auxílio à navegação ou de socorro. Atualmente, o transporte de materiais dragados no trecho urbano do rio Tietê é feito por empurradores e chatas, porém, recomenda-se a utilização de barcos automotores, mais adaptáveis às condições da navegação fluvial urbana.

Fig. 212: Barco recolhendo lixo (à esquerda) e limpando o canal (à direita) em Utrecht, Holanda. Fonte: foto do autor, 2011.

Uma interessante referência de Barco Urbano de Carga para canais estreitos e rasos, que seria adequado às condições dos rios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, é o barco City Supplier, da prefeitura de Amsterdam, produzido pela empresa Mokun Mariteam (www.mokummariteam.nl) a partir de 2010. A embarcação possui 20 metros de comprimento por 4,25 metros de largura, com capacidade para transporte de um volume líquido de 85 m³. É equipada com um motor 'Siemens' totalmente elétrico, de 75 hp, com baterias que garantem a autonomia de um dia de trabalho (8 a 10 horas), sem produzir emissões. Há também um gerador a bordo, movido à biodiesel, que pode ser ligado para alimentar as baterias (MOKUN MARITEAM, 2010).

Para possibilitar a passagem sob pontes estreitas, a cabine de comando do barco está localizada na proa, de forma que as cargas não atrapalhem a visão do piloto. Já para possibilitar a navegação em águas rasas, o fundo do barco é plano, sendo recuado no lugar da hélice para que a mesma não fique sobressalente. Há também propulsores laterais de proa ('bow thrusters'), que auxiliam

em manobras e permitem que o barco faça um giro de 360º em torno de seu eixo. No centro do barco localiza-se uma grua hidráulica-elétrica, que permite carregar e descarregar cargas a uma distância de até 15 metros (op. cit.).

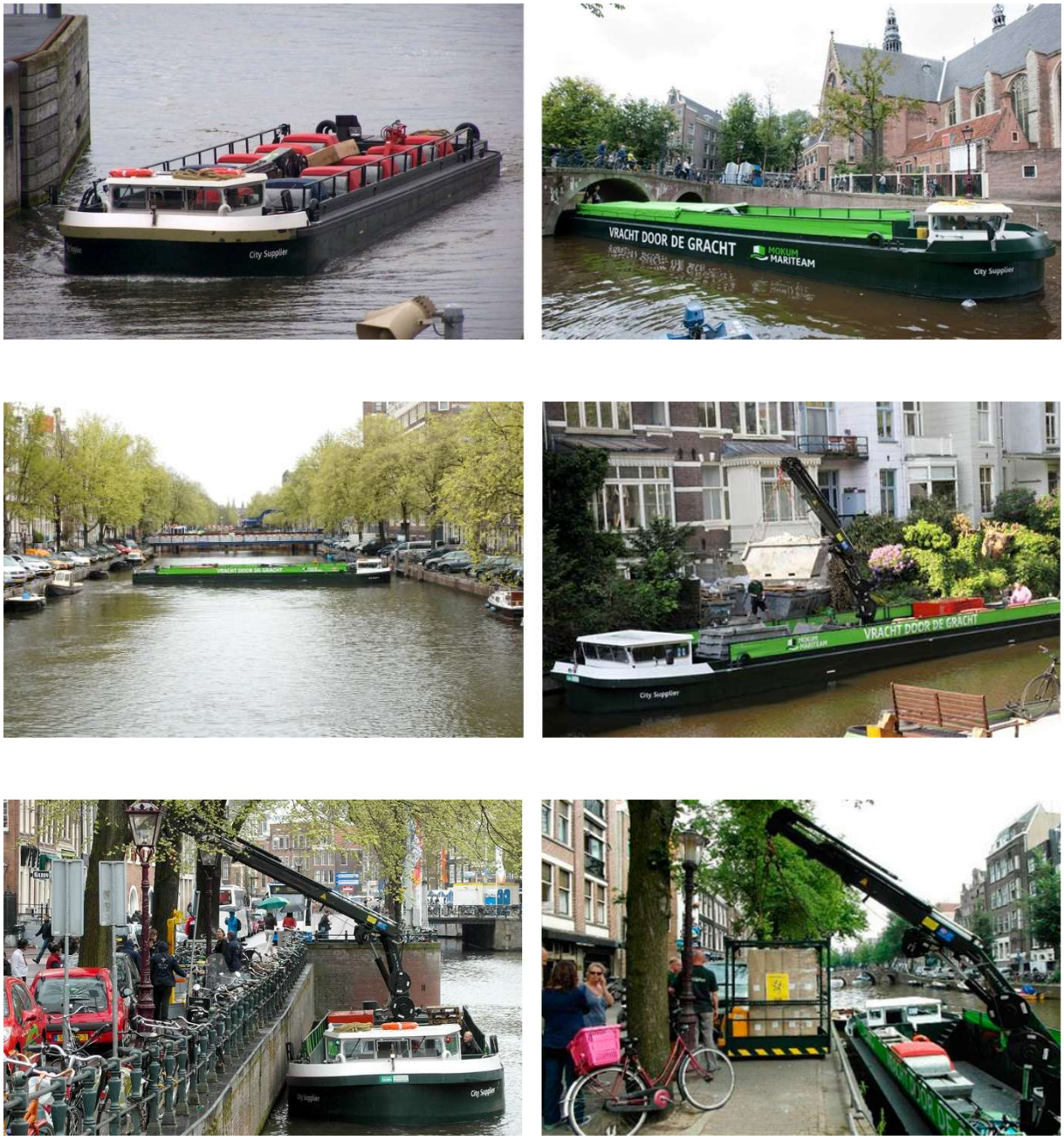


Fig. 213: Referência de Barco Urbano de Carga, o barco 'City Suplier', de Amsterdam. Fonte: Mokun Mariteam, 2010.

- Eclusas e barragens móveis

Para possibilitar a navegação em rios com pouco volume d'água, com inclinação excessiva ou com águas muito velozes, e também para possibilitar a navegação em canais artificiais que interligam bacias hidrográficas, é necessária a construção de barragens móveis e eclusas, para que sejam formados lagos propícios ao tráfego de embarcações. As eclusas servem para possibilitar que os barcos vençam os desníveis formados pela barragem, funcionando como elevadores de barcos.

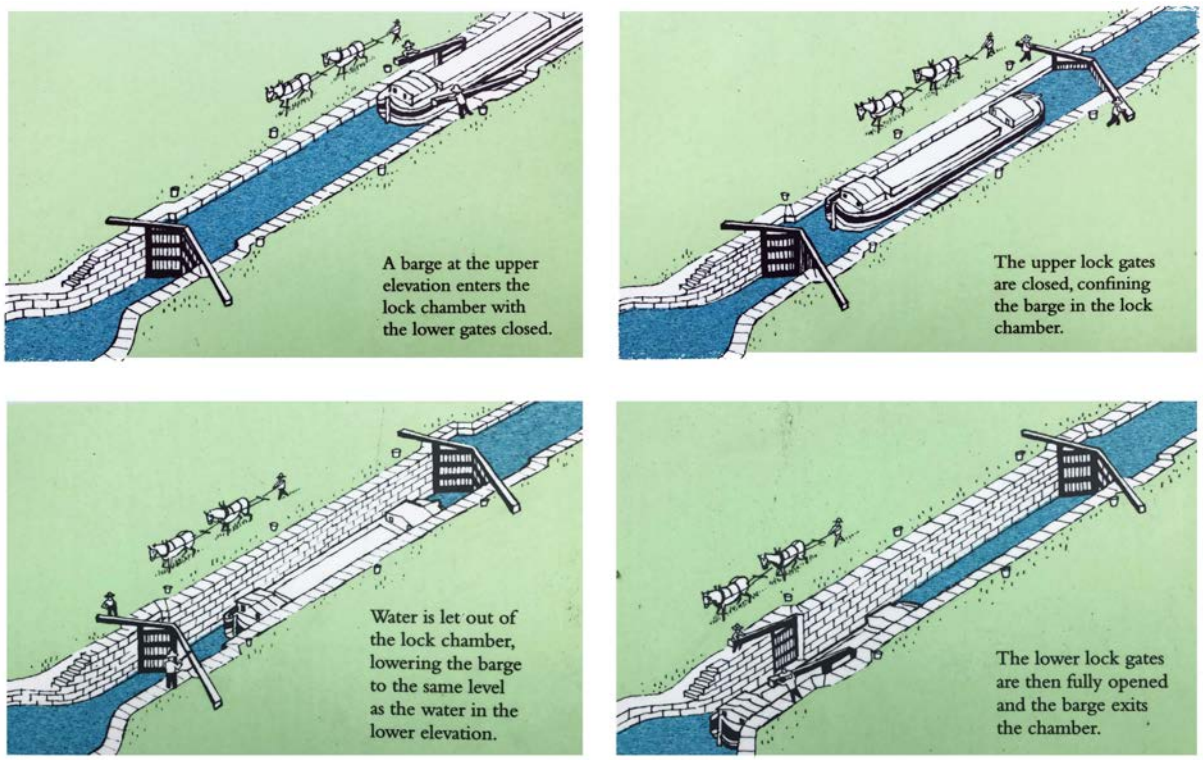


Fig. 214: 'How a lock works'. Fonte: fotografado pelo autor em painel ao lado do 'Erie Canal', nos EUA. O painel foi realizado em conjunto com os alunos da 5ª série da escola elementar de Rockville, NY, em 2002.

Um interessante exemplo da utilização de eclusas e barragens móveis é o 'Erie Canal', no estado de Nova Iorque, EUA. Construído em 1820, é um dos mais antigos canais americanos, e conecta o rio Hudson ao Lago Erie, criando uma via de comunicação fluvial entre os grandes lagos e o Oceano Atlântico que tem como porto final a cidade de Nova Iorque. Devido ao grande sucesso comercial do canal, duas novas versões foram construídas posteriormente, uma em 1840 e a última, ainda em funcionamento, construída em 1915, com eclusas de maior tamanho e o emprego de técnicas mais modernas para a navegação. Em viagem realizada em 2017 com os pesquisadores Luiz Azevedo e Natasha Arabuski, do Grupo Metrópole Fluvial, foi possível percorrer todo o canal visitando as diversas infraestruturas.

Em sua última versão, de 1915, foram construídas 35 eclusas com câmaras de 91,4 por 13,6 m, para ligar as duas extremidades do canal, de Buffalo à Albany. As eclusas possuem funcionamento simples, utilizando comportas tipo 'Mitra', e possuindo ao seu lado barragens móveis para regularização dos níveis d'água do canal. O enchimento da câmara da eclusa é feito por túneis laterais, que originalmente também eram utilizados para geração de energia elétrica aproveitando o desnível das águas. Interessante observar a localização das pontes fixas para pedestres e automóveis, geralmente a jusante da eclusa, para que os barcos passem sob as mesmas com vão luz suficiente.

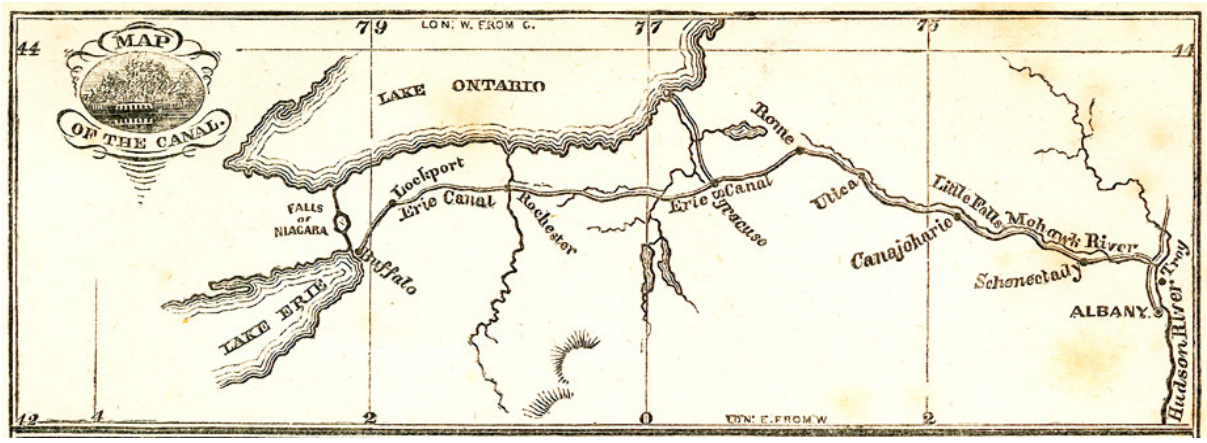


Fig. 215: Mapa do Erie Canal. Fonte: Harper & Brothers, New York, 1852, disponível em <www.eriecanal.org>.

Fig. 216: Perfil longitudinal mostrando as 35 eclusas do Erie Canal. Fonte: fotografado pelo autor em painel instalado no 'Waterford Harbor Visitor Center', em Albany.

Fig. 217: Erie Canal: ponte fixas a jusante das eclusas. Fonte: foto do autor, 2017.

Fig. 218: Erie Canal: eclusas. Fonte: foto do autor, 2017.

Fig. 219: Erie Canal: eclusagem de embarcação. Fonte: foto do autor, 2017.

Fig. 220: Erie Canal: barragem móvel ao lado da eclusa. Notar mesa para churrasco junto à eclusa, cujo entorno se torna um parque público. Fonte: foto do autor, 2017.

Fig. 221: Erie Canal: barragens móveis ao lado das eclusas, para controle dos níveis d'água. Fonte: foto do autor, 2017.

Fig. 222: Erie Canal: eclusas das versões anteriores do canal, hoje desativadas. Fonte: foto do autor, 2017.

- Pontes móveis

Quando não há vão luz suficiente para a passagem dos barcos, é possível que as pontes sejam reconstruídas na forma de pontes móveis, que são largamente utilizadas em diversas cidades do mundo. Essas pontes podem ser basculantes, elevatórias ou giratórias, conforme exemplos abaixo.

Fig. 223: Ponte basculante em Amsterdam. Fonte: foto do autor, 2011.

Fig. 224: Ponte elevatória no 'Erie Canal', nos EUA. Fonte: foto do autor, 2017.

Fig. 225: Ponte giratória em Amsterdam. Fonte: foto do autor, 2011.

- Pontões flutuantes

Uma vez que os lagos-canais navegáveis formados pelas barragens e eclusas na BHAT servirão também ao amortecimento de cheias, podendo variar em até 1 metro o nível d'água, é essencial que as embarcações estejam atracadas à pontões flutuantes, para evitar o rompimento de amarras e consequente lançamento à deriva de embarcações. Os pontões flutuantes são estruturas que podem variar sua posição vertical mantendo estável sua posição horizontal, uma vez que estão conectadas à pilares fundeados no fundo do canal ou à trilhos presos no muro do cais.

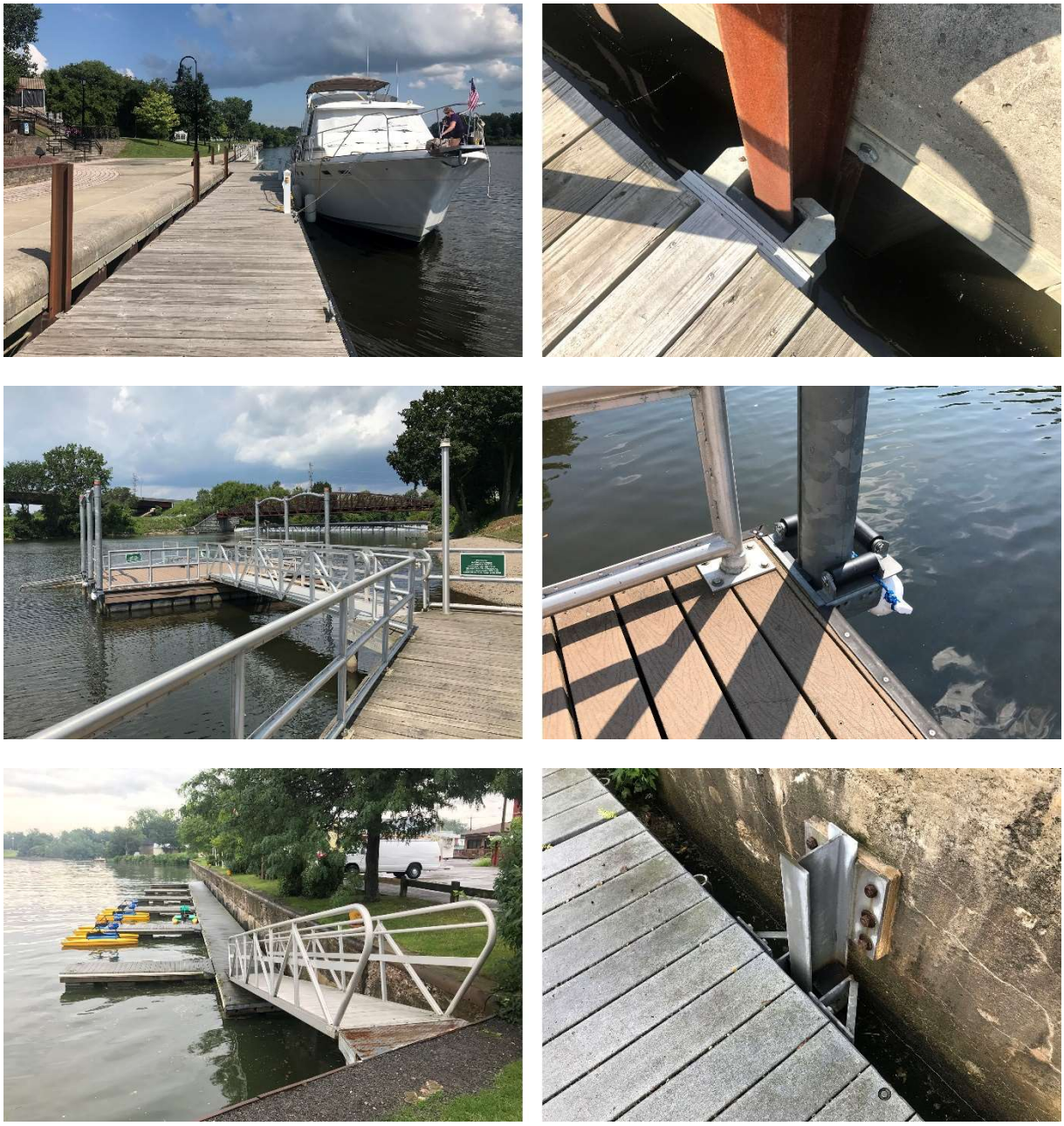


Fig. 226: Pontões flutuantes ao longo do 'Eire Canal', nos EUA. Fonte: fotos do autor, 2017.

- Microestações de tratamento das águas

Frente à dificuldade do atual sistema de coleta de esgotos em atingir todas as localidades da região metropolitana de São Paulo e ao gasto de energia elétrica com estações elevatórias para que o esgoto chegue às grandes estações de tratamento, além da ausência de tratamento da poluição difusa que entra no sistema de drenagem urbana após a lavagem de telhados e ruas pelas chuvas, é possível pensarmos em alternativas complementares para tratarmos as águas urbanas em estruturas menores, que estejam espalhadas pela bacia hidrográfica nas microbacias dos pequenos afluente, mais próximas, assim, das fontes poluidoras.

Poderiam existir três tipos de microestações de tratamento: as microestações de tratamento de esgoto (METE), as microestações de tratamento de águas pluviais (METAP) e as microestações de tratamento de água (META), destinadas ao abastecimento da população.

Tomando como exemplo um pequeno afluente de rio, que recebe o esgoto da população que habita na área de sua microbacia, os coletores-tronco, que seguem paralelos a este córrego, interceptam o esgoto e o encaminham por longas distâncias, através de outros coletores tronco e estações elevatórias, até que ele chegue à uma das cinco grandes estações de tratamento da metrópole. Alternativamente, esse esgoto poderia percorrer uma curta distância até uma Microestação de Tratamento de Esgotos (METE), que estaria localizada na foz desse pequeno afluente. Desta forma, a METE trataria localmente os esgotos de toda a população da microbacia, e o efluente tratado poderia ser lançado no curso d'água ou reutilizado para irrigação de jardins, limpeza de ruas ou usos industriais.

Ao retornar as águas tratadas na foz dos pequenos afluentes, a montante, portanto, dos rios maiores, essas águas podem servir novamente a múltiplos usos, alimentando lagoas de retenção, com lâmina d'água permanente e canais de navegação, contribuindo assim para diminuir a elevada variação entre as vazões de cheia e estiagem dos rios da Bacia do Alto Tietê.

A SABESP é reticente quanto à utilização de microestações de tratamento, alegando dificuldade na gestão de estruturas descentralizadas, porém existem algumas estações compactas em funcionamento na RMSP como alternativa temporária em bairros ainda desconectados do sistema principal de esgotos. Duas estações foram instaladas pela empresa Mizumo nos bairros Mandi e Guatambu, em Itaquaquecetuba, tratando cada uma até 32 l/s de efluentes,

correspondentes à uma população de 18 mil habitantes[5]. A empresa Sanex também possui parceria com a SABESP, tendo instalado estações compactas nas cidades de Alumínio e São Pedro, para populações de 18 e 15 mil habitantes, respectivamente, com eficiência superior a 96%. Segundo o engenheiro Gustavo Macluf[6], da Sanex, as estações compactas empregam sistemas mistos, reunindo em sequência processos físicos, químicos e biológicos, com Reatores Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), reatores aeróbios e decantadores secundários, sendo eficientes para o atendimento de populações de até 25.000 habitantes (informação verbal). Também existem estações compactas com sistemas mais modernos, utilizando membranas filtrantes, porém deve ser avaliado como se daria o descarte dessas membranas.

Fig. 227: Estações compactas de tratamento de esgoto da empresa Sanex, nas cidades de Alumínio (esquerda) e São Pedro (direita). Fonte: disponível em <www.sanexsolucoes.com.br>.

Como trabalho final da disciplina da pós-graduação AUP 5859 - Estúdio de Infraestrutura Verde, ministrada pelo prof. Paulo Pellegrino, foi elaborado um ensaio projetual da instalação de microestações de tratamento de esgoto na bacia de um pequeno afluente às margens da represa Billings, no braço Cocaia[7]. Nesse caso, para que o efluente tratado se enquadrasse na qualidade exigida para o lançamento em mananciais, foi proposto um sistema misto em que as águas provenientes da microestação percorreriam um pequeno canal de circunvalação às margens da represa, a partir do qual seriam encaminhadas para lagoas filtrantes, ou 'wetlands', que fariam o tratamento terciário antes de encaminhá-las à represa. As microestações funcionariam assim como 'nascentes artificiais' de uma série de lagoas filtrantes ao longo do parque da orla da Billings.

---

[5] Fonte: reportagem intitulada 'Mizumo e Sabesp: início de uma nova parceria', de 06/08/2010, disponível no site <http://meiofiltrante.com.br/internas.asp?id=8741&link=noticias>. Acesso em 25/11/2016.

[6] Entrevista realizada com o eng Gustavo Macluf, da empresa Sanex, em 04/07/2017.

[7] Trabalho realizado por equipe composta pelos alunos Oliver De Luccia, Ramón Bonzi e Mayra Almodova.

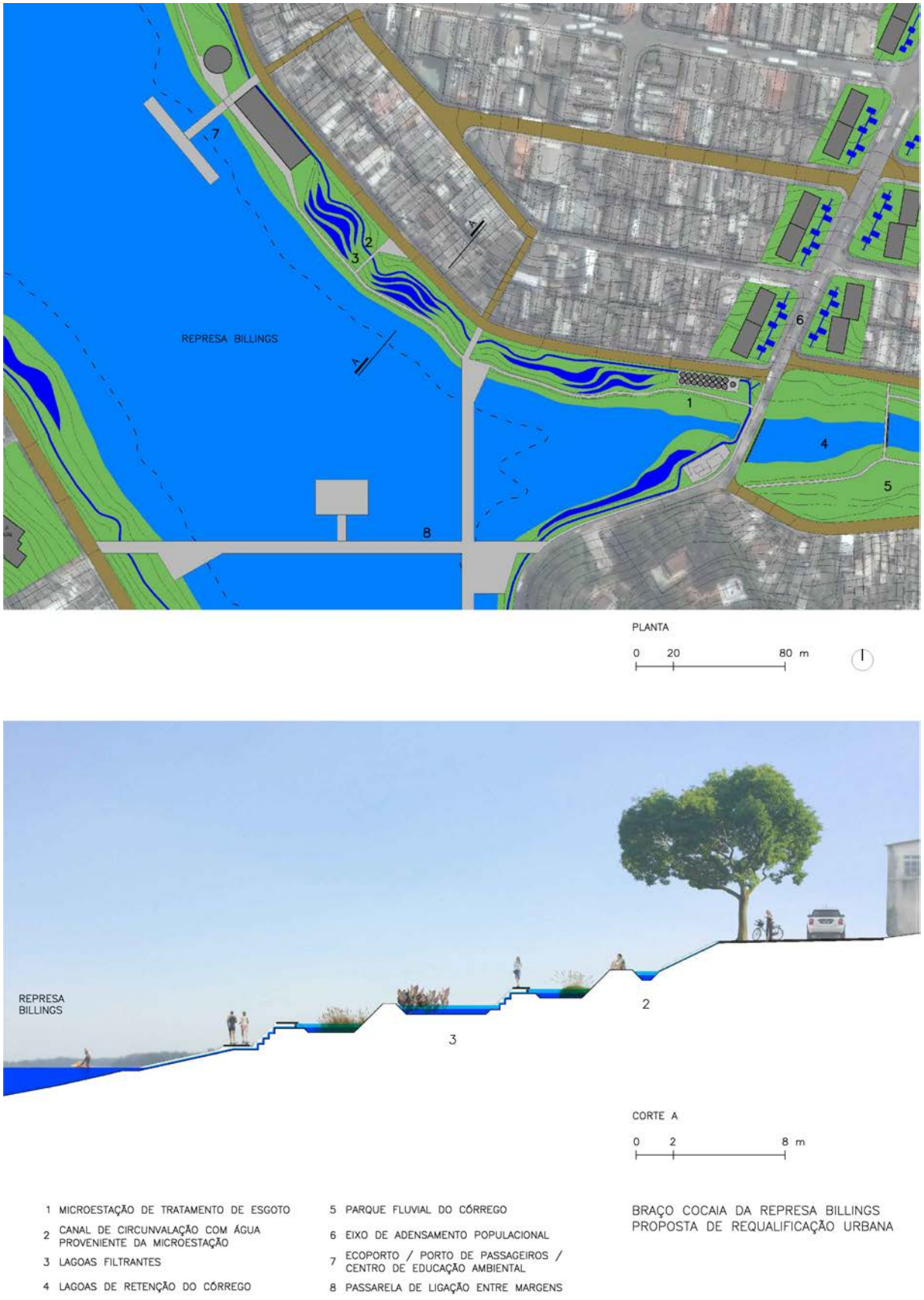


Fig. 228: Proposta de microestações de tratamento de esgoto combinadas com sistema de lagoas filtrantes, no braço Cocaia da represa Billings. Fonte: Bonzi, De Luccia, Almodova, 2017.

Em relação às águas pluviais, que limpam a cidade durante as chuvas e carregam muitos poluentes, é possível que elas sejam interceptadas por galerias paralelas aos córregos, sendo encaminhadas para uma Micro Estação de Tratamento de Águas Pluviais (METAP), que estaria ao lado da METE, para que só depois de tratadas fossem encaminhadas ao curso d'água, ou reutilizadas. Para tanto, haveria um sistema com cinco canais ao longo de todos os córregos da cidade: o canal central que seria o próprio curso d'água, navegável ou não, e de cada lado duas galerias paralelas, uma para interceptar o esgoto e outra para interceptar as águas pluviais.

Nas microbacias de pequenos afluentes é possível também estabelecermos sistemas mistos para o tratamento das águas pluviais, nos quais as METAPs teriam tamanho reduzido, instaladas nos desemboques das galerias de drenagem, e realizariam somente um tratamento preliminar das águas. Os efluentes seriam então encaminhados para lagoas filtrantes ao longo dos parques fluviais, que realizariam, através de processos naturais, a purificação final da água.

Uma vez universalizada a coleta e tratamento dos esgotos e aplicadas medidas de tratamento da poluição difusa, seria possível a captação de água dos lagos dos parques fluviais para o abastecimento da população, através das Micro Estações de Tratamento de Água (METAs). Um exemplo nesse sentido é a cidade de Indaiatuba, que capta água de um parque linear no meio urbano para produção de água potável. Seria possível, assim, reduzir a necessidade das custosas reversões de bacia atualmente planejadas para suprir a demanda de água da metrópole.

Fig. 229: Estação de tratamento de água para abastecimento da população na cidade de Indaiatuba - SP. A água é captada de lagoa no parque linear interno à área urbanizada. Fonte: fotos do autor, 2017.

- Jardins de chuva e lagoas filtrantes de retenção

Ao longo de córregos de menor porte e nas encostas e topos das bacias hidrográficas, é possível a construção de uma série de elementos que buscam o aproveitamento de características hidrogeomorfológicas da bacia para amenizar os impactos causados pela urbanização no ciclo hidrológico. Busca-se assim a retenção dos escoamentos na fonte, próximo ao local onde são gerados, minimizando a necessidade de grandes reservatórios de detenção a jusante. Dentre as diversas tipologias existentes, podemos citar os jardins de chuva, os canteiros pluviais, os pavimentos drenantes, as lagoas filtrantes de retenção e os parques lineares. Tais componentes podem ser classificados como Infraestruturas Verdes, uma vez que fornecem serviços ecossistêmicos; ou seja, favorecerem processos naturais através do solo ou da vegetação.

Os jardins de chuva têm como principal função a detenção e infiltração das águas, podendo estar localizados em praças nos topos de morro ou nos terraços fluviais, áreas propícias à infiltração. Conectados à rede de microdrenagem urbana, eles amenizam a velocidade de escoamento das águas minimizando os picos de cheia nos rios e córregos. Os canteiros pluviais, por sua vez, são jardins de chuva reduzidos, que podem ser construídos ao longo das ruas, servindo à retenção e infiltração das águas, podendo estar associados à pavimentos drenantes.

Fig. 230: Jardim de chuva ligado à rede de microdrenagem em Princeton, nos EUA. Notar saída de água elevada, permitindo a detenção das águas. Fonte: fotos do autor, 2016.

Fig. 231: Canteiro pluvial e pavimento asfáltico drenante na cidade de Rome-NY, nos EUA. Notar extravasor de água elevado, permitindo a detenção das águas. Fonte: fotos do autor, 2017.

Em locais que não são propícios à infiltração, como encostas de colina, os canteiros pluviais podem ser construídos com a função de deter as águas e sedimentos, diminuindo assim a velocidade dos escoamentos. Associados aos canteiros pluviais, a detenção de água também pode ocorrer em lotes particulares, através de telhados verdes ou cisternas que acumulem as águas das chuvas.

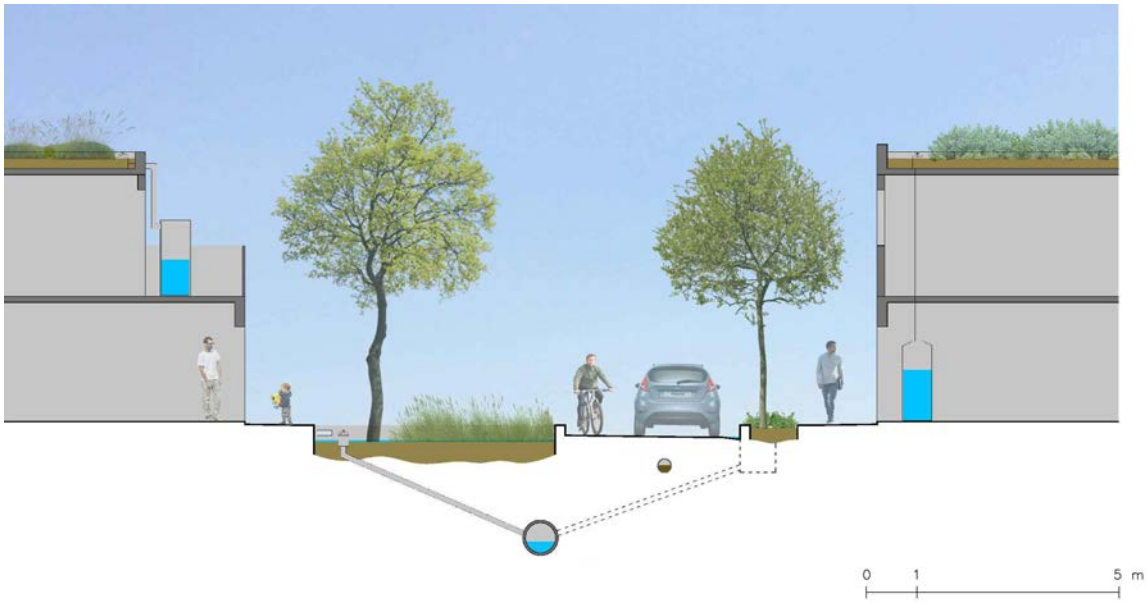


Fig. 232: Corte transversal de rua com canteiro pluvial, cisterna e telhado verde. Fonte: Bonzi, De Luccia, Almodova, 2017.

As lagoas de retenção são criadas ao longo dos córregos, com a importante função de retenção das águas e sedimentos antes de escoá-los a jusante. Podem também possuir plantas aquáticas que auxiliam na purificação das águas, através de processos de fitorremediação, sendo assim denominadas lagoas filtrantes. As planícies aluviais, sujeitas a inundações periódicas, e as nascentes dos córregos, são os lugares latentes das lagoas, implantadas ao longo de parques lineares que preservam o clima e os processos naturais da orla fluvial.

A cidade de Indaiatuba –SP é um interessante exemplo de preservação dos recursos hídricos, com uma série de parques lineares e lagoas ao longo dos principais córregos da cidade. Em Belo Horizonte – MG também é possível ver casos interessantes de recuperação de fundos de vale, como o parque do córrego Nossa Senhor da Piedade, construído através do projeto DRENURBS, que preserva o trecho inicial do córrego e represa as águas formando o lago da nascente.

Fig. 233: Parque linear com lagoas de retenção na cidade de Indaiatuba - SP. Fonte: fotos do autor, 2017.

Fig. 234: Lago da nascente no parque do córrego Nossa Senhora da Piedade, em Belo Horizonte – MG, construído através do projeto DRENURBNS/NASCENTES. Fonte: fotos do autor, 2017.

CAPÍTULO 3: CONSTRUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar possibilidades para o desenho das infraestruturas urbanas fluviais da bacia hidrográfica do Tamanduateí, tendo os rios como eixos de estruturação urbana de bairros fluviais.

No subcapítulo 3.1 apresentam-se as possibilidades para navegação nos principais rios da bacia do Tamanduateí, através da construção do Canal Billings-Tamanduateí, hidrovia que faria a ligação entre o rio Tietê e a represa Billings através dos rios Tamanduateí, Meninos e Couros e do canal de partilha Alvarenga-Couros, que possibilitaria a conexão com o braço Alvarenga da Billings.

O subcapítulo 3.2 tem como foco os Bairros Fluviais do Tamanduateí, que ocupariam o antigo parque industrial da Mooca/Vila Carioca entre a foz do ribeirão dos Meninos e a rua da Mooca. Os novos quarteirões se desenvolveriam ao longo do canal e do bulevar que seria construído sobre a atual linha férrea, que deixaria assim de representar uma barreira na cidade.

O subcapítulo 3.3 parte da premissa que uma desejável gestão integrada das águas urbanas deve abarcar todas as escalas da bacia hidrográfica, com ações tanto nos rios de maior porte como nos pequenos afluentes, nas áreas de suas microbacias, para um efetivo controle da vazão e qualidade das águas. Dessa forma, como estudo de caso de ações que deveriam se estender para toda a bacia hidrográfica do Tamanduateí, faz-se um ensaio projetual das infraestruturas fluviais do córrego Moinho Velho, afluente do Tamanduateí, com foco na microbacia do Alto Moinho Velho, trecho inicial do córrego.

3.1. Canal Billings-Tamanduateí

Como vimos no subcapítulo 1.2, o rio Tamanduateí, outrora um dos principais logradouros públicos da cidade, movimentado por barcos, comércio e lavadeiras, foi transfigurado ao longo de cem anos em um rio morto, tóxico e cercado por inúmeras estruturas que impedem qualquer aproximação das pessoas com as águas. A navegação também foi inviabilizada, uma vez que toda a urbanização da bacia foi feita seguindo a lógica de expulsar as águas pluviais o mais velozmente possível e longe da vista das pessoas. Ao ser retificado e ampliado, o leito do rio adquiriu maior inclinação e menor profundidade, e as águas tornaram-se mais rápidas e sujeitas à grande variação de nível, o que impede o tráfego de embarcações.

Dentre os projetos hidroviários apresentados no subcapítulo 1.3, poucos estudos fazem referência à navegação pelo Tamanduateí, e quando o fazem não se aprofundam no tema. No relatório para o 'Anel Hidroviário de São Paulo', de 1978, os autores indicam a possibilidade de navegação pelo rio Tamanduateí com vistas à conexão hidroviária com as cidades do ABC (GIRALDO; RIVA, 1978). Entretanto, na época que este estudo foi feito, a atual canalização ainda não tinha sido executada. Já os estudos da CONSULTEC (1982) consideram a possibilidade de navegação somente no trecho de 1,5 km do Tamanduateí próximo à sua foz.

Imaginando, porém, uma mudança nas diretrizes de urbanização, com o emprego de ações extensivas de retenção de água nas sub-bacias e microbacias hidrográficas dos afluentes do Tamanduateí, bem como de medidas intensivas de engenharia nos corpos hídricos de maior porte, é possível vislumbrarmos um cenário de maior controle das vazões e a consequente reconquista das águas urbanas em seus múltiplos usos. Nesse sentido, é previsto nos estudos para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011) a retomada da navegação nos principais rios da bacia hidrográfica do Tamanduateí.

Parte integrante do Hidroanel Metropolitano de São Paulo, o Canal Billings-Tamanduateí, hidrovia com 30 km de extensão, faria a ligação entre a represa Billings e o rio Tietê cruzando o espaço urbano pelo centro do município de São Paulo através dos rios Tamanduateí, Meninos, Couros e de um túnel-canal de ligação com o córrego Alvarenga, afluente da Billings em São Bernardo do Campo. Conformaria, assim, o 'Hidroanel interior', permitindo o aumento significativo da área de influência do sistema hidroviário ao cruzar a região central da RMSP, reduzindo as distâncias percorridas por terra até os diferentes portos fluviais.

Assim como no 'Hidroanel exterior', o Canal Billings-Tamanduateí seria o eixo estruturador urbano primordial, articulando as infraestruturas existentes, os equipamentos públicos e habitações na orla, organizando assim a relação entre as águas e a cidade. O canal possibilitaria também o resgate da importância histórica do rio Tamanduateí na constituição e estruturação da cidade de São Paulo, conectando diversas localizações notáveis na escala metropolitana que existem ao longo do eixo do rio.

O trecho inferior do Tamanduateí, que vai de sua foz até a confluência com o ribeirão dos Meninos, seria o primeiro a ser construído, e teria três principais áreas providas de parques e portos fluviais. A primeira seria na confluência com o rio Tietê, onde haveria um delta artificial no bairro do Pari formado por canais laterais que dividiriam a vazão da foz do Tamanduateí. A segunda área seria localizada em frente à colina histórica no centro de São Paulo, na confluência com o córrego Anhangabaú, onde haveria um grande lago na área do atual Parque Dom Pedro. A terceira área seria entre a foz do córrego Ipiranga e do ribeirão dos Meninos, na várzea dos bairros da Mooca e Vila Carioca, antigo distrito industrial onde seriam implantados lagos e canais laterais que formariam o arquipélago dos Bairros Fluviais do Tamanduateí.

Como parte integrante do sistema de portos do 'Hidroanel', as cargas que seriam transportadas pelo Canal Billings-Tamanduateí seriam prioritariamente os resíduos sólidos urbanos, considerados cargas públicas, cuja gestão integrada é de responsabilidade do poder público. Esses resíduos são classificados em sedimentos de dragagem, lodo, lixo, entulho e terra, tendo como origem os Transportos, Ecoportos, Dragaportos e Lodoportos, e como destino um dos três Triportos localizados no Hidroanel exterior. Também seria possível o transporte de passageiros, principalmente para fins turísticos.

Para além das cargas públicas e do uso turístico, seria também possível a utilização do canal para transporte de cargas gerais, uma vez que está prevista no Plano Diretor de Logística e Transporte – PDLT 2030, da Secretaria de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo, a construção da Plataforma Logística Urbana (PLU) Vila Carioca, a ser localizada no bairro Vila Carioca, no vale do Tamanduateí (vide subcapítulo 2.1). A PLU Vila Carioca teria ligação direta com o futuro Ferroanel, através de um novo ramal ferroviário exclusivo para cargas, e faria parte do novo sistema logístico integrado da Macrometrópole, recebendo trens com contêineres urbanos e organizando sua distribuição final pela cidade através dos Veículos Urbanos de Carga (VUCs). Por estar ao lado do Canal Billings-Tamanduateí, seria possível que os Barcos Urbanos

de Carga (BUCs), de maneira complementar, fizessem a distribuição final dos contêineres urbanos para lojas que estivessem localizadas nas margens dos rios.

3.1.1. Infraestruturas necessárias à navegação

Para garantir a navegabilidade ao longo do Canal Billings-Tamanduateí são necessárias ações nas diversas escalas da bacia hidrográfica, através de instrumentos de gestão que se sobreponham aos limites administrativos dos municípios. Nos rios de maior porte, as intervenções que seriam necessárias empreender são, sobretudo, construir eclusas, barragens móveis e canais de derivação, ampliar trechos do canal para manobra das embarcações, reformar ou reconstruir pontes que impeçam a passagem das embarcações, e solucionar a ligação entre o ribeirão dos Couros e a represa Billings, através da construção de um canal de partilha. Também seriam necessárias obras a fim de minimizar a variação do nível d'água do canal em períodos chuvosos, através de medidas de retenção, amortecimento e infiltração das águas, a serem aplicadas tanto nos canais navegáveis quanto de maneira extensiva nas sub-bacias dos córregos afluentes.

Devido à baixa profundidade e alta declividade do canal atual, eclusas e barragens móveis são necessárias para a formação de uma sequência de lagos-canais ao longo do Tamanduateí, Meninos e Couros, possibilitando a navegação. Nos estudos para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo', realizados em 2011, o traçado do canal já havia sido indicado, porém a localização das eclusas ainda não havia sido definida. Na presente pesquisa adotou-se então a mesma metodologia utilizada nos estudos do 'Hidroanel' para determinar a localização preliminar e caracterização destas estruturas ao longo do Canal Billings-Tamanduateí.

As eclusas venceriam um desnível máximo de 5 metros, não excedendo essa altura para que se tornem estruturas amigáveis à aproximação das pessoas. Com este desnível seria possível formar trechos navegáveis com cerca de 3 km, que seriam percorridos em meia hora de navegação a 6 km/h. Para minimizar obras em pontes e aquedutos, as eclusas foram posicionadas logo a montante das principais interferências, permitindo que o barco passasse sob as mesmas com vão luz suficiente antes de realizar a eclusagem. As eclusas teriam comportas tipo 'Mitra', e seriam implantadas no eixo do canal existente, tendo ao seu lado barragens móveis para controlar o nível d'água a montante. Desta forma, outro critério para localização das eclusas foi posicioná-las logo a montante da foz dos principais afluentes, para que as águas represadas pelas barragens móveis não representem uma restrição ao escoamento dos contribuintes.

As barragens móveis permitem a formação de lagos navegáveis e canais de derivação, que podem funcionar como reservatórios de retenção, amortizando o aumento da vazão durante chuvas intensas através da variação de até 1 metro em seu nível d'água. Somente no trecho entre a foz do córrego Ipiranga e a confluência com o ribeirão dos Meninos, os lagos e canais laterais previstos ocupariam uma área de aproximadamente um milhão de metros quadrados, que corresponderiam a um volume de espera, com a variação de 0,5 m no nível d'água, de 500.000 m³. Caso a variação do nível d'água fosse de 1 m, o volume de retenção de cheias chegaria a um milhão de metros cúbicos, maior do que o volume do piscinão Guamiranga, recém construído próximo à foz do córrego da Mooca, com capacidade para 850 mil m³.

A navegação propiciaria também a manutenção das profundidades dos lagos e canais, através de embarcações que fariam a dragagem e o transporte dos sedimentos depositados no fundo dos cursos navegáveis. Este serviço de dragagem traria importante contribuição à macrodrenagem da bacia, uma vez que, como vimos anteriormente, o trecho final do canal do Tamanduateí encontra-se assoreado, diminuindo a área útil da calha e prejudicando o escoamento das águas para o rio Tietê.

Outra contribuição para a macrodrenagem é a possibilidade de reversão das águas do ribeirão dos Couros para a represa Billings, através do canal artificial de ligação com o braço Alvarenga. Propõe-se esta reversão como alternativa de menor impacto à reversão, hoje existente, do rio Pinheiros, visando diminuir a carga de poluição bombeada para o compartimento Pedreira da Billings. A possibilidade de reversão das águas da bacia do Tamanduateí já havia sido estudada pelo DAEE na década de 1990, como vimos no subcapítulo 1.2, e pode ser considerada ainda válida principalmente se houver avanços na coleta e tratamento de esgoto e início de medidas para tratamento da poluição difusa carregada pelas chuvas. Futuramente, o Canal Billings-Tamanduateí poderia reverter de maneira permanente as águas da bacia do Couros para a Billings, evitando a construção de novos piscinões e contribuindo para o abastecimento de água da RMSP.

Em relação ao traçado escolhido para a ligação entre a bacia do Tamanduateí e a represa Billings, foram estudadas outras alternativas de traçado para esta conexão, através da ligação do ribeirão dos Couros com o braço Grota Funda da represa, ou através da continuidade da hidrovia pelo rio Tamanduateí e da ligação com o braço de Ribeirão Pires. Porém, após análise da altimetria e da ocupação urbana, optou-se pela ligação com do ribeirão dos Couros com o braço Alvarenga.

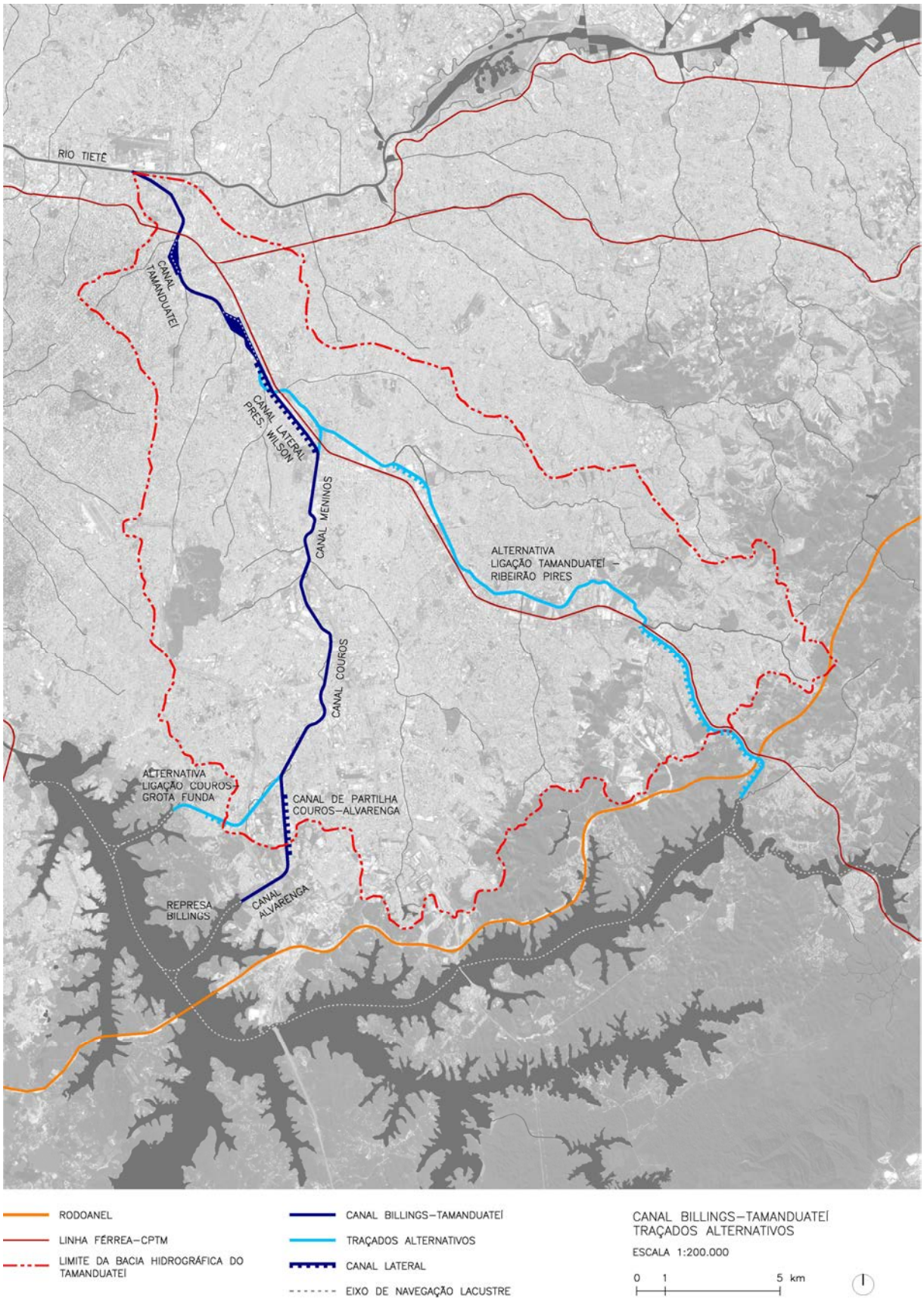


Fig. 235: Canal Billings-Tamanduateí e traçados alternativos. Fonte: desenhado pelo autor a partir de bases da EMPLASA e imagem de satélite do Google Earth de 2017.

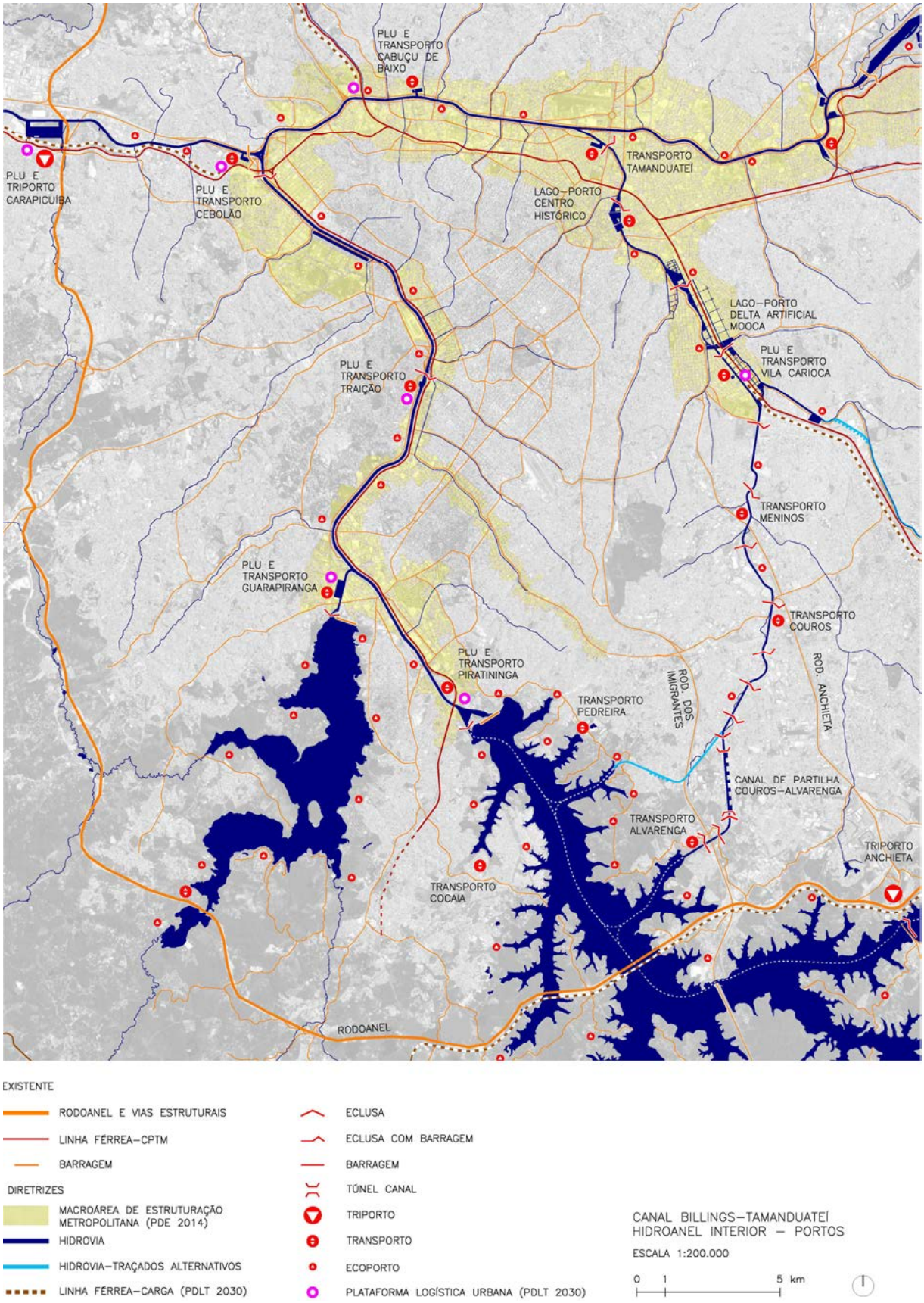


Fig. 236: Canal Billings-Tamanduateí e Hidroanel Interior, com estruturas portuárias. Fonte: desenhado pelo autor a partir de bases da EMPLASA e do Grupo Metrópole Fluvial, e de imagem de satélite do Google Earth de 2017.

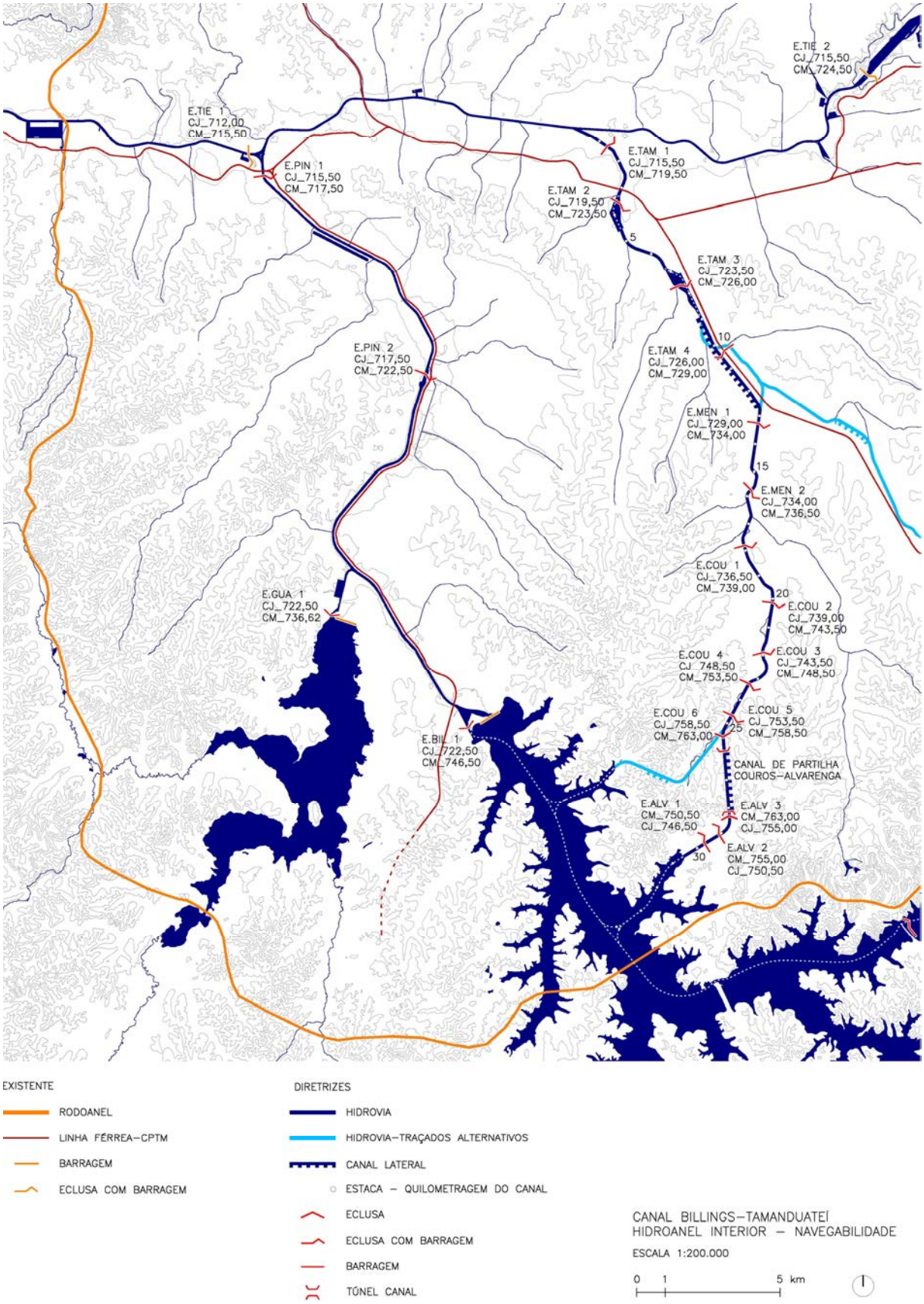


Fig. 237: Canal Billings-Tamanduateí e Hidroanel Interior, com destaque para a navegabilidade. Indicação das eclusas, com cotas do nível d'água do canal a montante (CM) e a jusante (CJ). Fonte: desenhado pelo autor a partir de bases da EMPLASA e do Grupo Metrópole Fluvial (GMF).

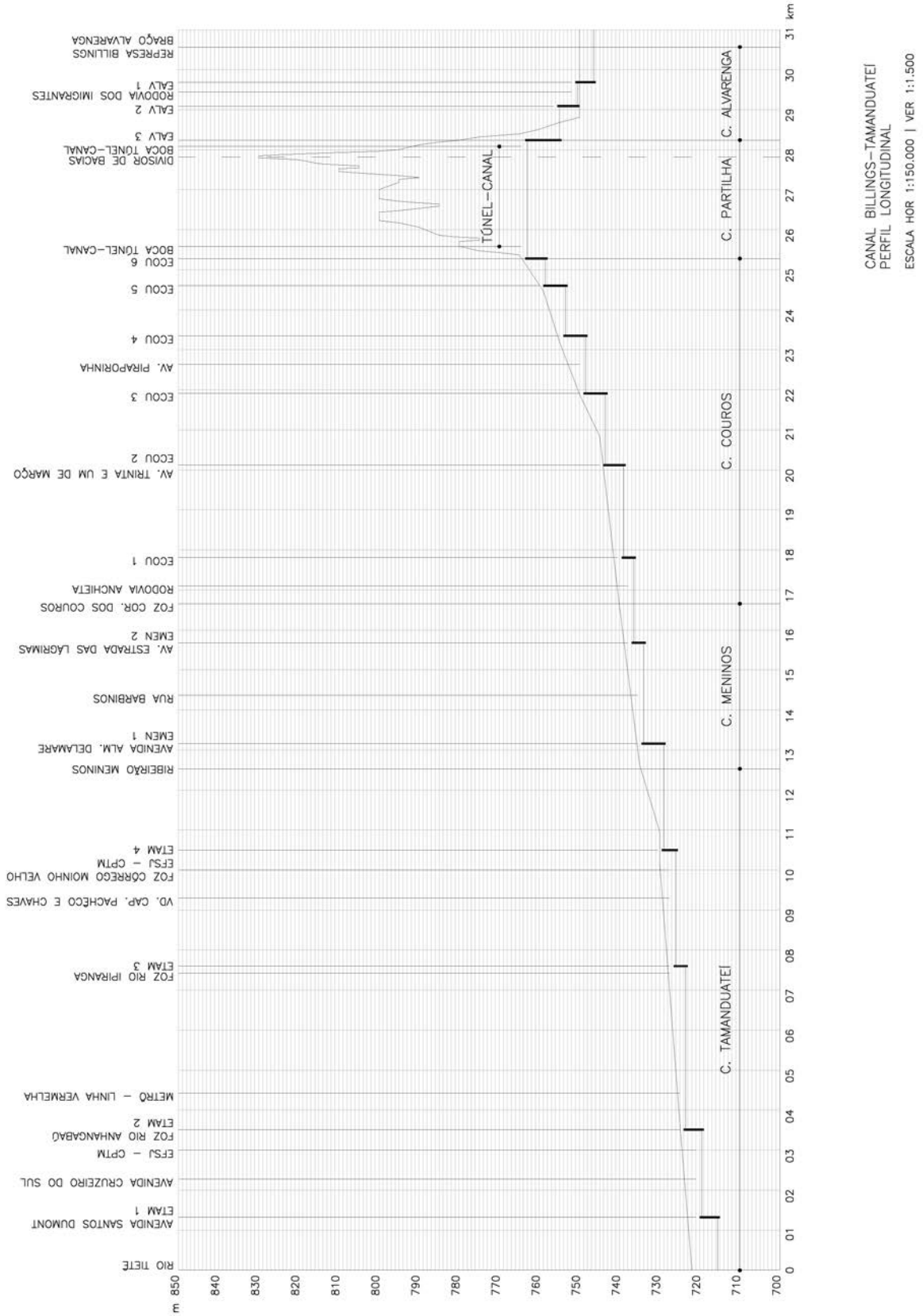


Fig. 238: Perfil longitudinal do Canal Billings-Tamanduateí. Fonte: desenhado pelo autor a partir de altimetria do Mapa Digital da Cidade de 2004 (município de São Paulo) e do Levantamento Aerofotogramétrico da EMPLASA de 1981 (demais municípios).

Tabela de eclusas - Canal Billings-Tamanduateí						
Nº	Estaca (Km)	Código	Localização	Cota Jusante	Cota Montante	Município
1	01 + 320m	E_TAM 1	Tamanduateí	715,50	719,50	SPO
2	03 + 545m	E_TAM 2	Tamanduateí	719,50	723,50	SPO
3	07 + 600m	E_TAM 3	Tamanduateí	723,50	726,00	SPO
4	10 + 500m	E_TAM 4	Tamanduateí	726,00	729,00	SPO
5	13 + 250m	E_MEN 1	Meninos	729,00	734,00	SPO/SCS
6	15 + 680m	E_MEN 2	Meninos	734,00	736,50	SPO/SCS
7	17 + 810m	E_COU 1	Couros	736,50	739,00	SBC
8	20 + 120m	E_COU 2	Couros	739,00	743,50	SBC
9	21 + 910m	E_COU 3	Couros	743,50	748,50	SBC/DIA
10	23 + 350m	E_COU 4	Couros	748,50	753,50	SBC/DIA
11	24 + 600m	E_COU 5	Couros	753,50	758,50	SBC/DIA
12	25 + 280m	E_COU 6	Couros	758,50	763,00	SBC/DIA
13	28 + 240 m	E_ALV 3	Alvarenga	755,00	763,00	SBC
14	29 + 90m	E_ALV 2	Alvarenga	750,50	755,00	SBC
15	29 + 690m	E_ALV 1	Alvarenga	746,50	750,50	SBC

Tabela 09: Eclusas do Canal Billings-Tamanduateí. Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação às pontes, passarelas e dutos que cruzam o canal, que podem representar interferências à navegação devido à altura livre mínima exigida pela embarcação, é necessário um levantamento detalhado da altura entre a parte inferior da interferência e o nível d'água proposto, para verificar se seriam necessárias obras de adequação. Como já dito anteriormente, um dos critérios para posicionamento das eclusas foi localizá-las a montante dos principais eixos viários que cruzam o canal, para que os barcos passem sob os mesmos com vão luz suficiente antes de entrarem na câmara da eclusa. Outras pontes que estiverem localizadas logo a montante das eclusas seriam reconstruídas na forma de pontes móveis, que podem ser levantadas para a passagem das embarcações. Os dutos, por sua vez, teriam que ser alteados ou passarem por baixo do canal.

Uma das interferências mais críticas à navegação no trecho inferior do Tamanduateí é a ponte ferroviária por onde passa a Estrada de Ferro Santos-Jundiaí e a linha 10 da CPTM, localizada

entre a foz do córrego Moinho Velho e a foz do córrego da Mooca, cujo tabuleiro tem pouca altura em relação às águas do canal. Uma vez que o tráfego de trens é constante, tal ponte não poderia ser transformada em móvel, pois a interrupção da passagem dos trens afetaria a eficiência do sistema de transporte de passageiros. Para evitar uma custosa obra de alteamento da linha férrea, a barragem móvel e eclusa seriam localizadas a montante desta ponte e da foz do córrego da Mooca, de forma que o nível d'água de jusante da eclusa seria 726,00. Como a ponte é estruturada com vigas invertidas, estando o trecho inferior do tabuleiro aproximadamente na cota 729,50, haveria um vão livre de 3,5 m de altura para passagem de embarcações (figs. 239 e 240).

Como veremos a seguir, as embarcações propostas para o Tamanduateí teriam altura máxima de 2,70 m, podendo, portanto, passar sob a ponte férrea mesmo em situações de cheia, nas quais o nível d'água poderia se elevar em até meio metro. Alternativamente, propõe-se a abertura de um canal lateral ao longo da av. Presidente Wilson que seria conectado diretamente ao rio Meninos, evitando, assim, a passagem sob a linha férrea.

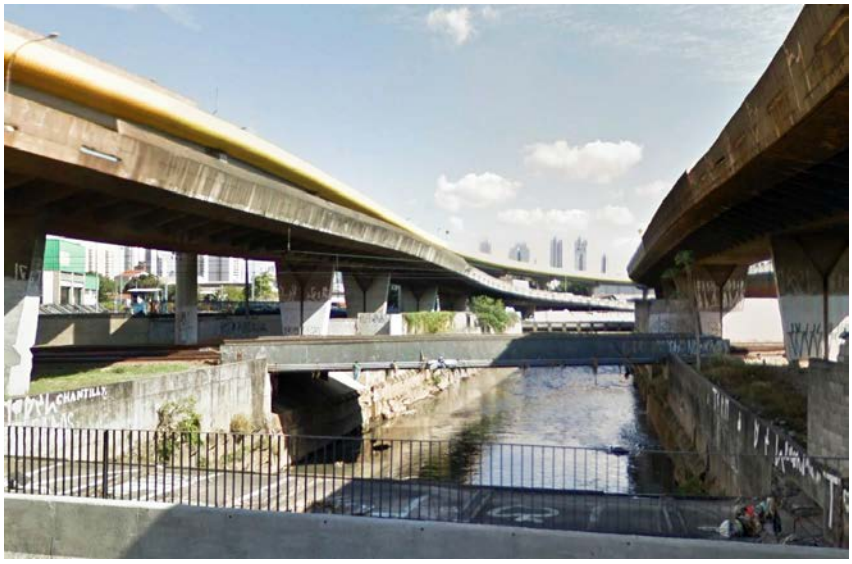


Fig. 239: Ponte férrea sobre canal do Tamanduateí. Fonte: Google Earth.

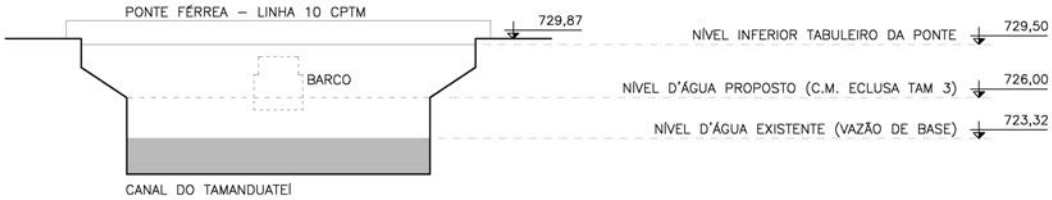


Fig. 240: Estudo de níveis para verificar vão livre para navegação. Fonte: desenhado pelo autor.

3.1.2. Dimensionamento dos barcos, eclusas e canal navegável

Para definirmos as dimensões dos componentes infraestruturais da hidrovia podemos adotar diferentes raciocínios: tanto os barcos podem ser desenhados a partir das condições existentes para navegação – como largura, profundidade e raios de curvatura dos canais, dimensões das eclusas e altura livre para passagem sob pontes e aquedutos – quanto essas condições de navegação podem ser viabilizadas, através de obras na hidrovia, para permitir o tráfego de determinado barco que atenda as demandas de transporte desejadas.

No caso do canal do Tamanduateí, no trecho interno ao município de São Paulo, a largura da base do canal varia entre 22 e 20 m (vide subcapítulo 1.2), o que a princípio pode ser considerado estreito para navegação comercial. Como vimos no subcapítulo 1.3, o 'Plano SANESP' (CNEC, 1982) sugere o estabelecimento de dois padrões para o sistema de navegação da BHAT: o primeiro padrão seria para o 'comboio tipo Tietê', com canais de no mínimo 50 m de largura, permitindo o cruzamento de embarcações com boca (largura) de até 11 m. Já o segundo padrão, para o 'comboio tipo Alto Tietê', teria canais com no mínimo 31 m, para o cruzamento de embarcações com boca de até 7 m, compatíveis com a Eclusa da Traição, no rio Pinheiros. Delijaicov (2005, p. 145), prevendo a navegação pelo rio Tamanduateí, considera que "o canal Tamanduateí, pela sua lastimável condição atual, será totalmente alargado para trinta metros, e suas pontes reconstruídas, da foz até os polos industriais de Santo André e Mauá".

Mesmo ciente de que seria recomendável o alargamento do canal do Tamanduateí para uma maior eficiência do transporte hidroviário, optou-se na presente pesquisa por estudar as condições de navegabilidade mantendo as larguras existentes, para que sejam analisadas as possibilidades oferecidas pela atual canalização. Dessa forma, a partir da largura mais restritiva do canal, de 20 m, verificou-se a largura máxima permissível para as embarcações, ainda sem considerar outros fatores como raios de curvatura e profundidades do canal. Segundo o manual da 'Associação Permanente Internacional de Congressos da Navegação' (PIANC), a largura mínima do canal para o tráfego de embarcações nos dois sentidos deve corresponder a 4,4 B, sendo 'B' a boca da embarcação[1]. A distância entre as embarcações que se cruzam, denominada

[1] A largura mínima do canal para o cruzamento de embarcações, de 4,4 B, é válida na ausência de perturbações externas advindas de ventos, ondas e correntes de través, e na ausência de resistência hidrodinâmica ao movimento das embarcações em águas rasas (PIANC, 1997). Observa-se que no 'Plano SANESP' (CNEC, 1982) a fórmula de 4,4 B foi utilizada nos cálculos da largura mínima de 31 metros para o canal, considerando embarcações com 7 m de boca. Já no 'Estudo Preliminar de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana' (FAT, 2004) é utilizada a fórmula 4,4 B + 5 m para a largura mínima de passagem de embarcações entre pilares de pontes no rio Tietê, sem serem explicitadas

'faixa de manobra', deve ter no mínimo 1,2 B, e a distância das embarcações à margem deve ser de no mínimo 0,6 B. Já para canais sem cruzamento de embarcações, a largura mínima deve corresponder a 2,2 B (PIANC, 1997) (fig. 241).

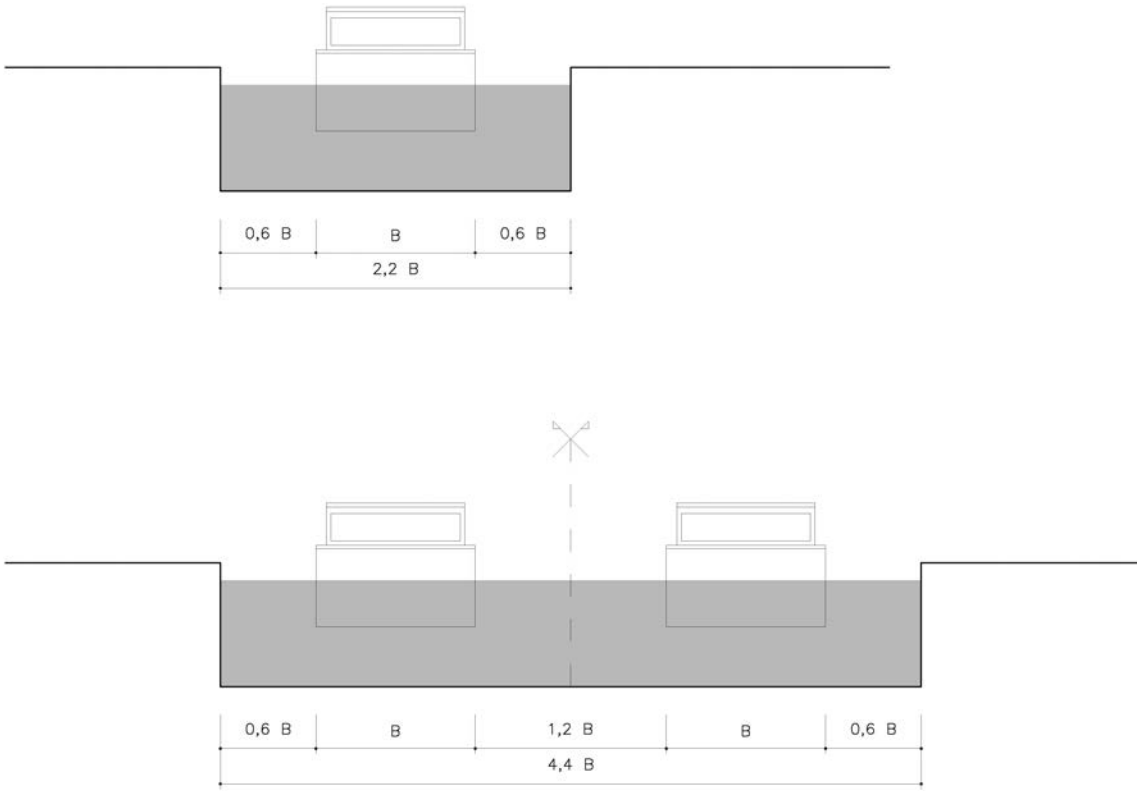


Fig. 241: Larguras mínimas para canais navegáveis sem cruzamento de embarcações (acima) e com cruzamento de embarcações (abaixo), sendo 'B' a boca da embarcação. Fonte: desenhado pelo autor a partir das fórmulas estabelecidas em PIANC (1997).

Considerando a largura mínima de base do canal do Tamanduateí de 20 m, e seguindo as fórmulas da PIANC, chega-se aos valores máximos para a boca da embarcação de 4,5 m, com tráfego nos dois sentidos, e 9,1 m, com tráfego em sentido único.

Em relação às dimensões das eclusas a serem implantadas no Tamanduateí, julgou-se conveniente adotar as mesmas dimensões da câmara da eclusa existente no rio Pinheiros, na Usina de Traição, para que as embarcações que naveguem em ambos os rios sejam compatíveis. Pesou para esta decisão o fato de diversos estudos anteriores (CONSULTEC, 1982; CNEC, 1982; FAT, 2004)

---

as razões que levaram a esse acréscimo de 5 m. Para o rio Tamanduateí, faz-se necessário um posterior estudo das possíveis perturbações à navegação para o cálculo preciso das larguras mínimas para navegação.

sugerirem a adoção de dois padrões de embarcações e eclusas para a BHAT, um para o rio Tietê, com comboios de maior porte, e outro para o rio Pinheiros, com embarcações menores dimensionadas para a passagem pela eclusa da Traição. Já os estudos para o 'Hidroanel Metropolitano de São Paulo' (GMF, 2011) sugerem a adoção de um padrão único de eclusa para os rios Pinheiros e Tietê, com câmara de 60 por 9 m, ressaltando, porém, a necessidade de instalação imediata das comportas da atual eclusa de Traição para viabilizar a navegação em curtíssimo prazo.

A partir das dimensões das eclusas propostas para o 'Hidroanel' (60 x 9 m) e da eclusa de Traição (29,8 x 7,5 m), pode ser criada uma família de Barcos Urbanos de Carga (BUCs), automotores, para o transporte fluvial urbano. Os BUCs teriam variadas dimensões, G (grandes), M (médios) e P (pequenos), compatíveis com as diversas estruturas do sistema hidroviário e permitindo também a capilarização das hidrovias em afluentes menores. O BUC G teria aproximadamente 50 x 8 m, compatível com as eclusas padrão 'Hidroanel' e com as eclusas do Cebolão e da Penha[2], existentes no rio Tietê. O BUC M, por sua vez, seria dimensionado a partir da eclusa da Traição, podendo trafegar tanto pelo Hidroanel exterior quanto pelo Hidroanel interior, através do canal Billings-Tamanduateí. Já o BUC P seria dimensionado para passagem em eclusas menores, com câmara de 15 por 3,75 m, a serem construídas em afluentes de pequeno porte, servindo prioritariamente à serviços de limpeza e conservação dos canais.

Para o dimensionamento dos BUCs M que navegariam pelo canal do Tamanduateí devemos, portanto, levar em consideração a dimensão das eclusas a serem implantadas, que teriam 30 por 7,5 m, e a largura do canal, que restringe as bocas máximas das embarcações de acordo com as regras da PIANC. Chegamos assim à 3 dimensões preliminares para a boca (largura) das embarcações: 7 m, que seria a boca máxima para tráfego em um único sentido, limitada pela largura da eclusa; 4,5 m, boca máxima para tráfego nos dois sentidos; e 3,25 m, permitindo tráfego nos dois sentidos mesmo com embarcações atracadas em uma das margens do canal, possibilitando também a eclusagem simultânea de dois barcos, lado a lado (fig. 242).

[2] Os estudos para a eclusa da Penha (vide capítulo 1.3) já consideravam a utilização de barcos automotores, porém com dimensões de 50 por 9 m, um pouco mais largos, para que pudessem ser dispostos 3 contêineres lado a lado no sentido longitudinal (DH; ENGECORPS, 2010).

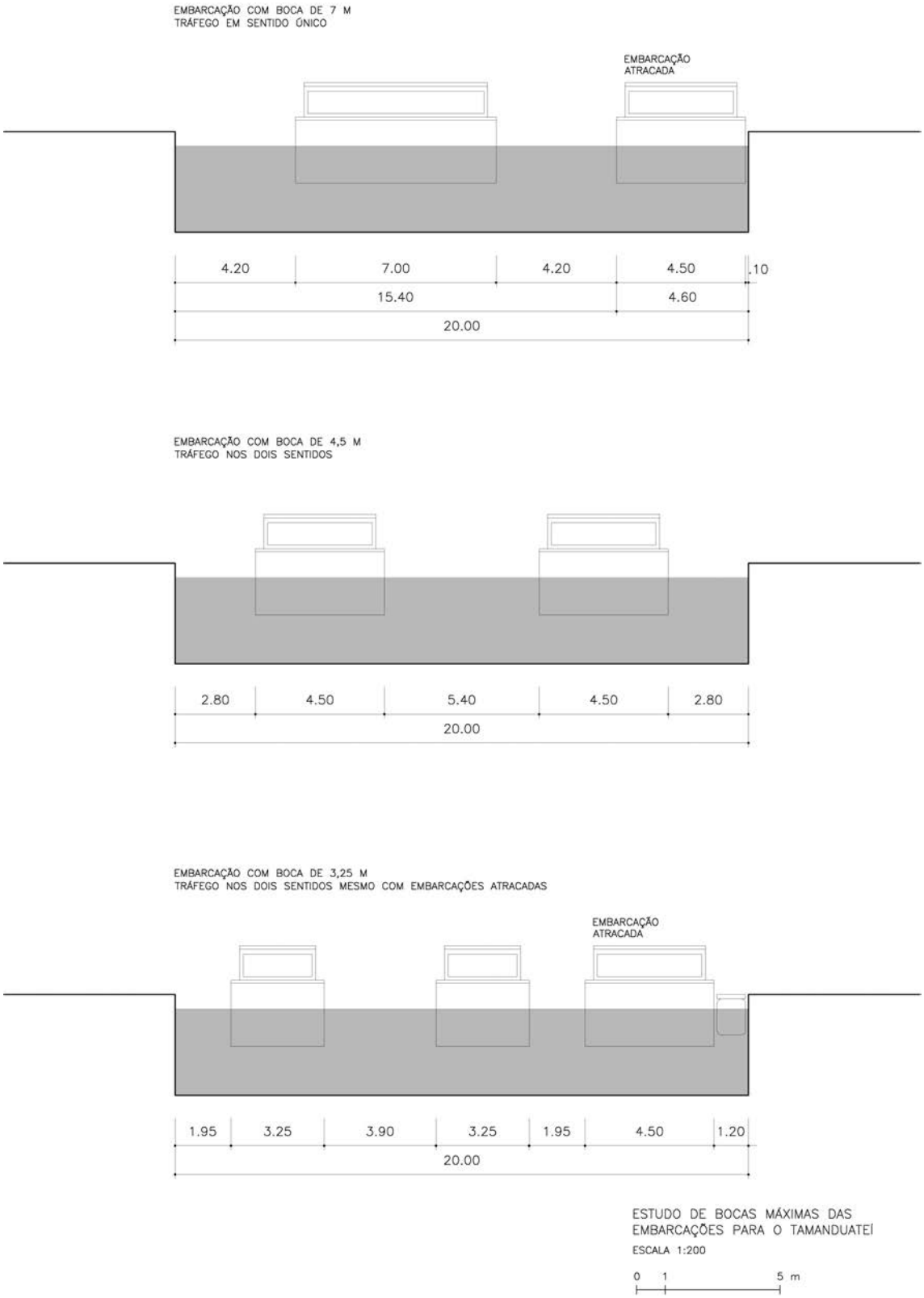


Fig. 242: Larguras mínimas para canais navegáveis sem cruzamento de embarcações (acima) e com cruzamento de embarcações (abaixo), sendo 'B' a boca da embarcação. Fonte: desenhado pelo autor a partir das fórmulas estabelecidas em PIANC (1997).

Considerando os conceitos da navegação em canais estreitos e rasos e da navegação fluvial urbana, os BUCs teriam calado e altura reduzidos, permitindo o trânsito em águas rasas e sob pontes, e características que lhes dotariam de boa manobrabilidade. A altura máxima entre o nível d'água e o topo da embarcação seria de 2,70 m, permitindo a passagem sob as interferências ao longo do canal que tivessem vão luz mínimo de 3 metros. Para tanto, as cabines de comando seriam na proa, de modo que as cargas não atrapalhem a visão do piloto. O calado máximo das embarcações, quando as mesmas estivessem carregadas, seria de 1,70 m, com folga de pelo menos 0,30 m até o fundo do canal (pé de piloto), considerando uma profundidade mínima das águas de 2 m. O fundo do barco seria plano e recuado no lugar da hélice para que a mesma não ficasse sobressalente.

As embarcações seriam elétricas, com baterias que garantiriam autonomia de um dia de trabalho, e teriam velocidade máxima de 10 km/h, com o uso de propulsores azimutais que permitem uma melhor manobrabilidade[3]. Tais propulsores possuem hélices que giram 360 graus em torno do eixo vertical, podendo gerar empuxo em diferentes direções, eliminando, assim, a necessidade do uso de leme. Esse tipo de propulsão também possibilita a realização de paradas bruscas, ao girar-se a hélice na direção contrária ao curso da embarcação, com significativa redução de distância em relação a propulsão convencional. Também é recomendada a instalação de propulsores laterais na proa ('bow thrusters'), que seriam utilizados para auxiliar manobras em curvas de raio restrito, possibilitando também que a embarcação perfaça um giro de 180º em seu eixo central, diminuindo a área necessária em bacias de manobra. Segundo o eng. naval Alexandre Simos (2017)[4], dotadas dessas características as embarcações possuiriam excelente manobrabilidade, podendo realizar curvas de raio reduzido sem acréscimos significativos na largura da faixa ocupada pela embarcação (informação verbal).

O casco das embarcações seria duplo, com chapas de aço espaçadas 30 cm entre si, de forma a garantir a segurança no caso de acidentes, evitando naufrágios e eventuais efeitos de poluição do derramamento das cargas nos rios. Para o desenho estrutural do casco dos BUCs foi levado em consideração o tamanho das chapas de aço a serem utilizadas em sua fabricação, buscando maximizar o aproveitamento do material. Verificou-se em diversos fabricantes que as chapas mais

---

[3] O uso de propulsores azimutais já havia sido sugerido nos 'Estudos sobre a navegabilidade do Alto Tietê na Região da Grande São Paulo', realizados em 1982 (CONSULTEC, 1982), conforme descrito no subcapítulo 1.3.

[4] Informação fornecida pelo eng. Alexandre Nicolaos Simos, professor do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da USP, durante encontro com pesquisadores do Grupo Metrópole Fluvial na FAU USP, em dezembro de 2017.

comuns possuem larguras padrão de 1000, 1200 e 1500 mm, e comprimentos de 2000, 3000 e 6000 mm, ou enroladas em bobinas no caso de chapas finas. Desta forma, foi adotado o módulo de 1200 mm para o dimensionamento longitudinal do barco, que foi utilizado para definir a distância entre eixos da estrutura que faz a ligação entre a chapa de fundo do barco, mais grossa, e a chapa de piso, mais fina. O comprimento total dos BUCs M ficou estabelecido em 27,60 m, permitindo uma folga, durante a eclusagem, de 1,20 m entre os limites da embarcação e as comportas da eclusa.

Em relação ao transporte de cargas, os estudos para o 'Hidroanel' (GMF, 2011) recomendam a utilização de contêineres para maior facilidade no transbordo, evitando também eventual derramamento de cargas nos rios. No caso das cargas gerais, que abasteceriam o comércio da região, as mesmas chegariam por trens na PLU Vila Carioca condicionadas em contêineres urbanos de 1,90 x 1,90 por 2,20 m de altura[5], com capacidade para 4 t (fig. 243). Os contêineres urbanos poderiam então ser transferidos para os Veículos Urbanos de Carga (VUCs) e para os Barcos Urbanos de Carga (BUCs), que fariam a distribuição final dos produtos. Os BUCs abasteceriam lojas que estivessem localizadas nas margens dos rios, contando para isso com gruas articuladas para permitir a carga e descarga em diferentes pontos da orla.

Considerando todas as variáveis mencionadas, foram então definidos preliminarmente 3 tipos de BUCs M para a navegação no canal Billings Tamanduateí: o BUC M8, com 27,60 x 7,00 m, e capacidade para transporte de 30 contêineres urbanos (120 t) ou 8 contêineres de 20 pés (160 t); o BUC M5, com 27,60 x 4,50 m, e capacidade para transporte de 20 contêineres urbanos (80 t); e o BUC M3, com 27,60 x 3,25 m, e capacidade para transporte de 10 contêineres urbanos (40 t) ou 3 contêineres de 20 pés (60 t). A numeração no nome do BUC diz respeito à sua capacidade de carga: o BUC M8, por exemplo, pode carregar até 8 contêineres de 20 pés, tendo capacidade de carga de 8 TEU ('Twenty-foot Equivalent Unit'), medida padrão para cargas em embarcações.

Também existiria uma versão de passageiros do BUC M3, denominada BUP M, com capacidade para 75 passageiros sentados, equivalente à um ônibus articulado. Nesse caso, a altura do casco da embarcação seria reduzida, permitindo o embarque em nível com o cais. As embarcações seriam fechadas, equipadas com ar-condicionado, e teriam painéis fotovoltaicos na cobertura.

[5] As dimensões do contêiner urbano de cargas ainda não foram definidas pelo Plano Diretor de Logística e transporte – PDLT 2030, que tem previsão de conclusão até o final de 2018. Desta forma, chegou-se ao pré-dimensionamento do contêiner urbano a partir da análise das dimensões internas da carroceria dos VUCs.

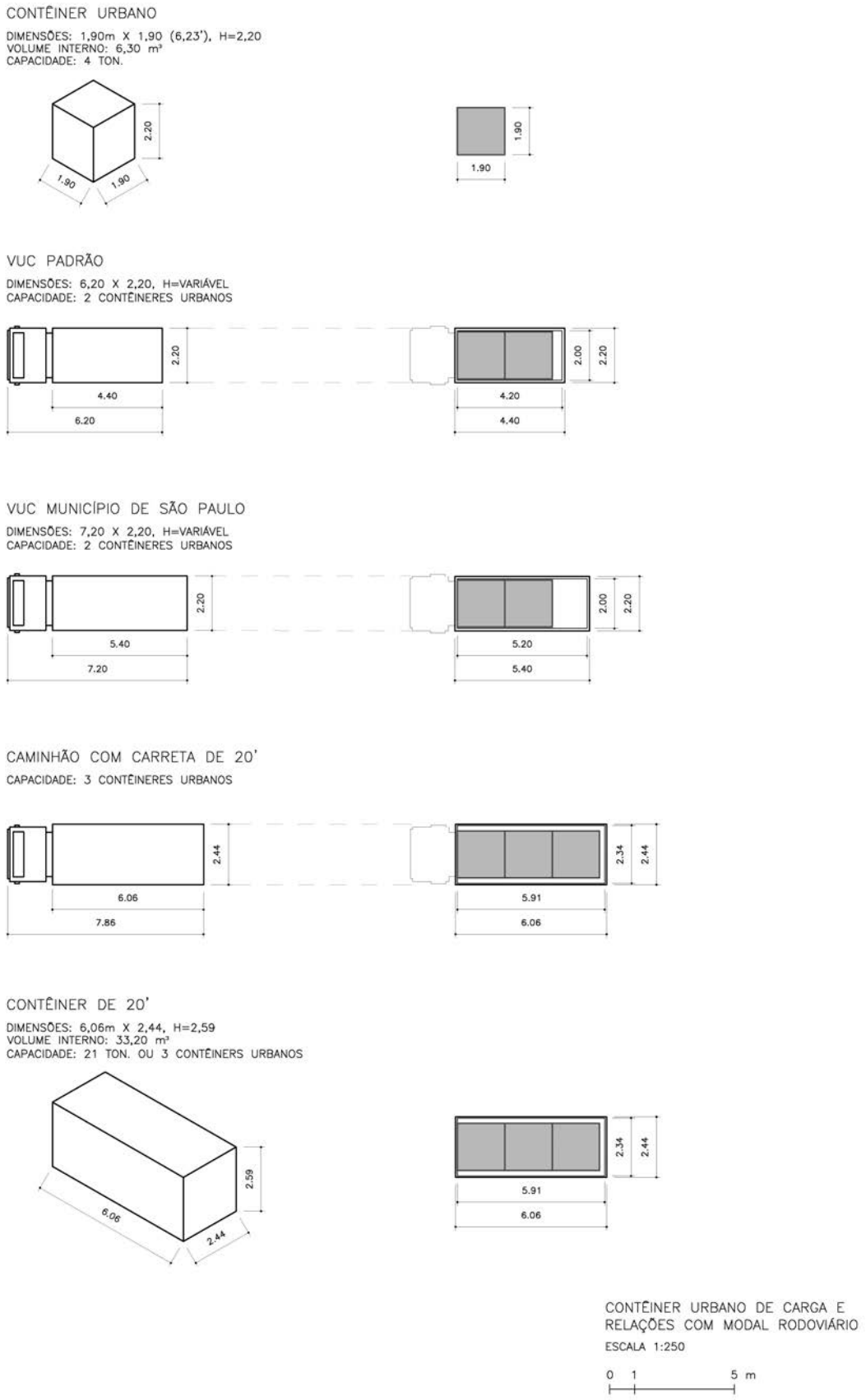


Fig. 243: Estudo de relações entre modais rodoviários e contêiner de 20 pés para definição das dimensões do 'contêiner urbano'. Fonte: desenhado pelo autor.

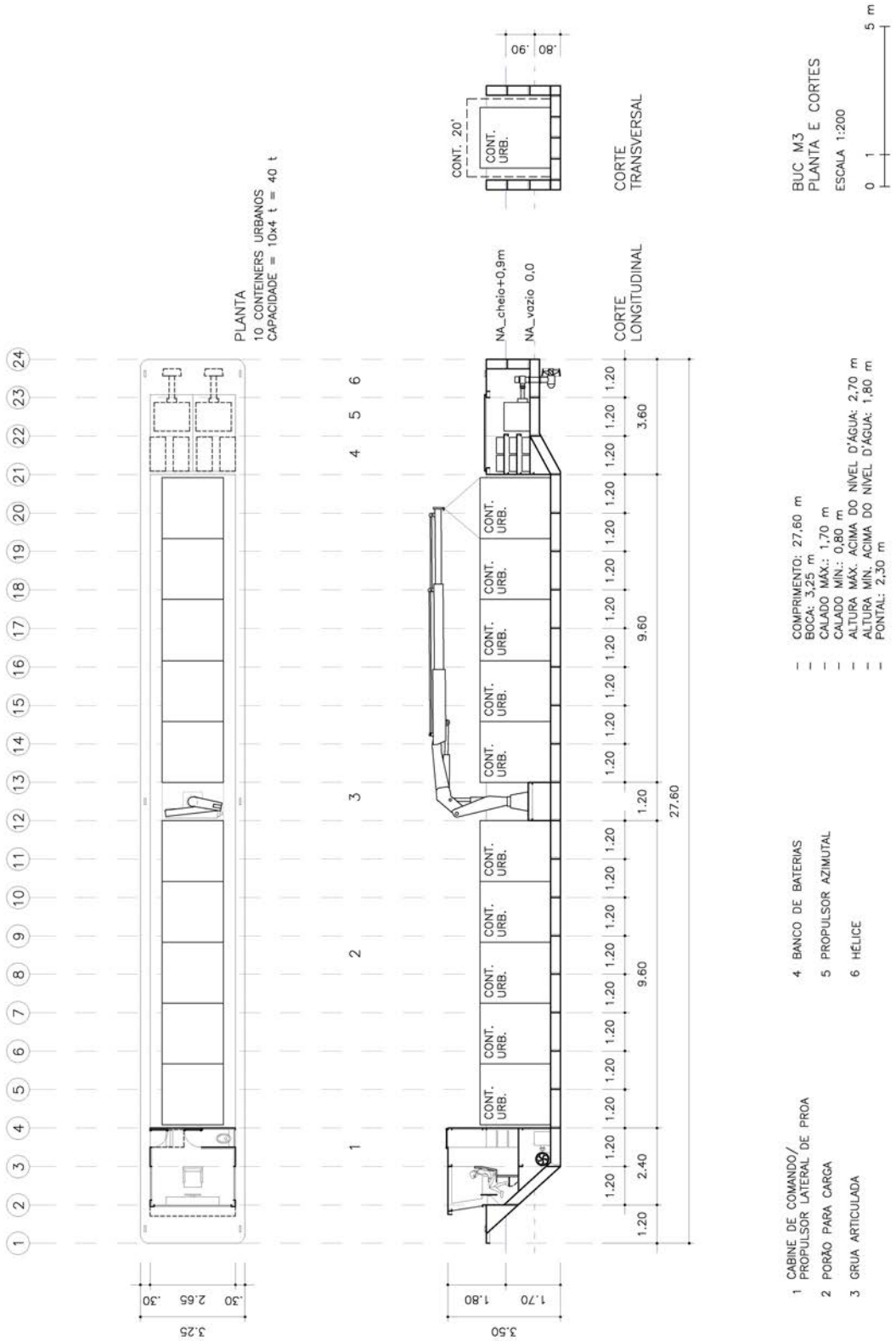


Fig. 244: Plantas e cortes do BUC M3. Fonte: desenhado pelo autor.

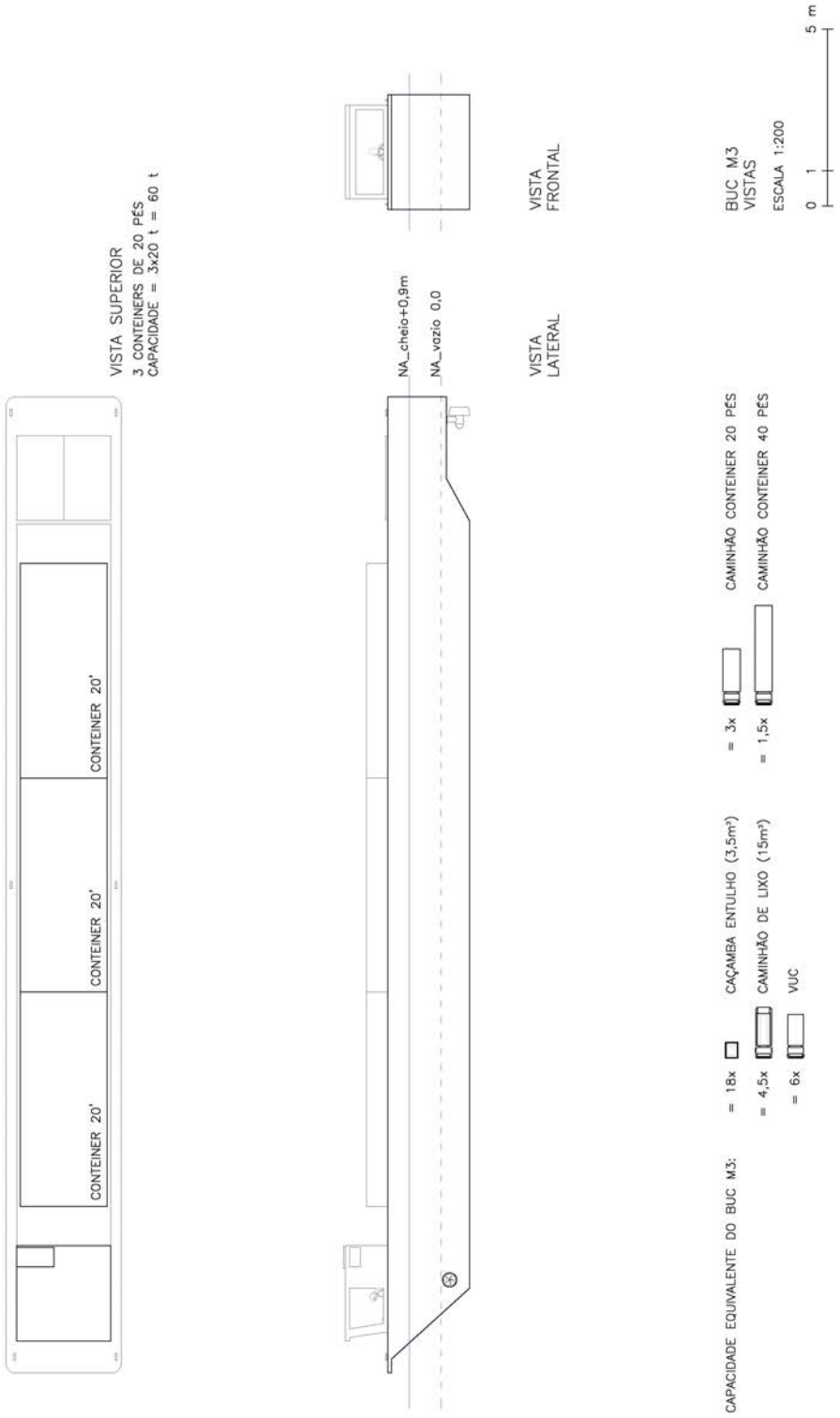


Fig. 245: Vistas do BUC M3. Fonte: desenhado pelo autor.

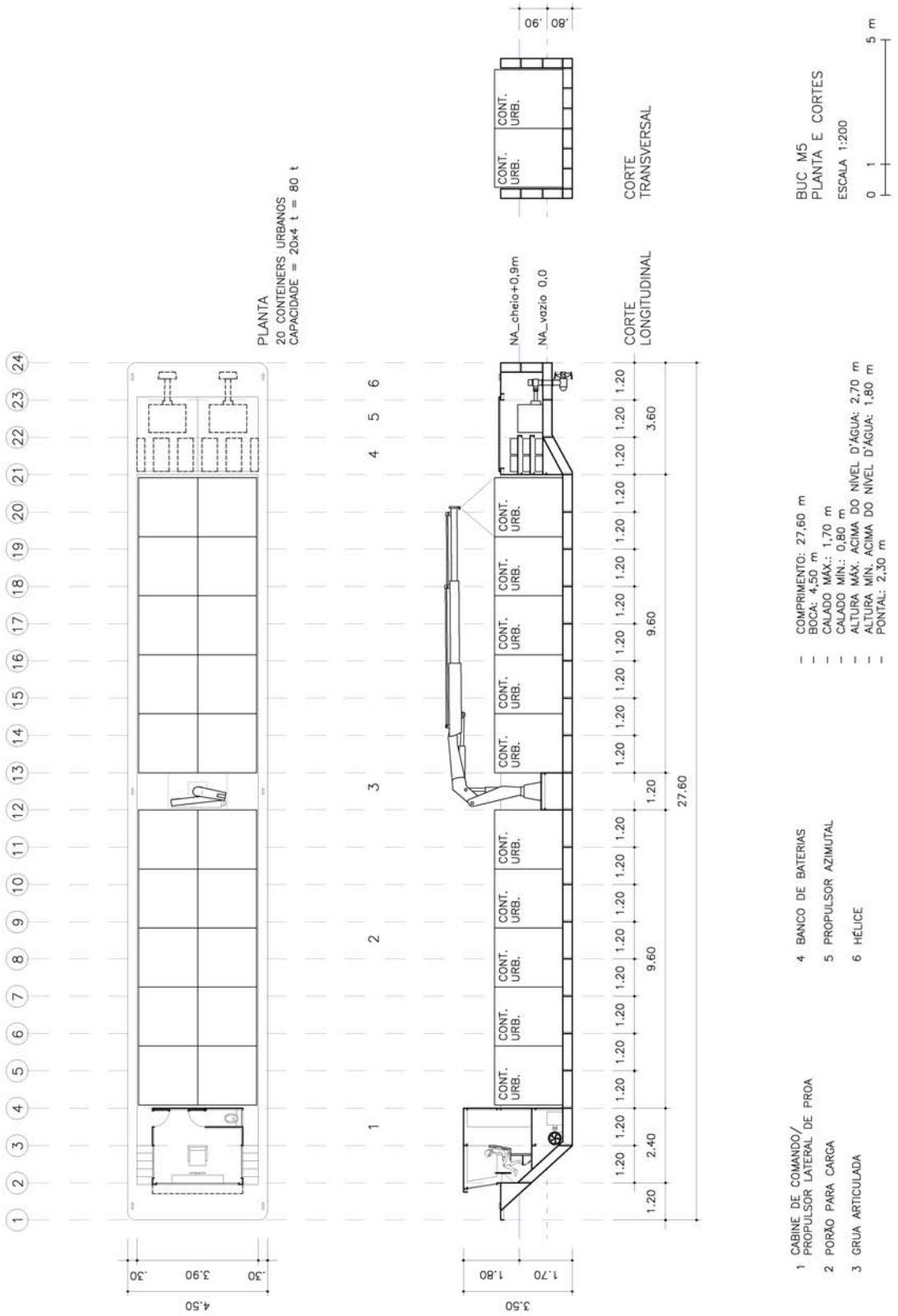


Fig. 246: Plantas e cortes do BUC M5. Fonte: desenhado pelo autor.

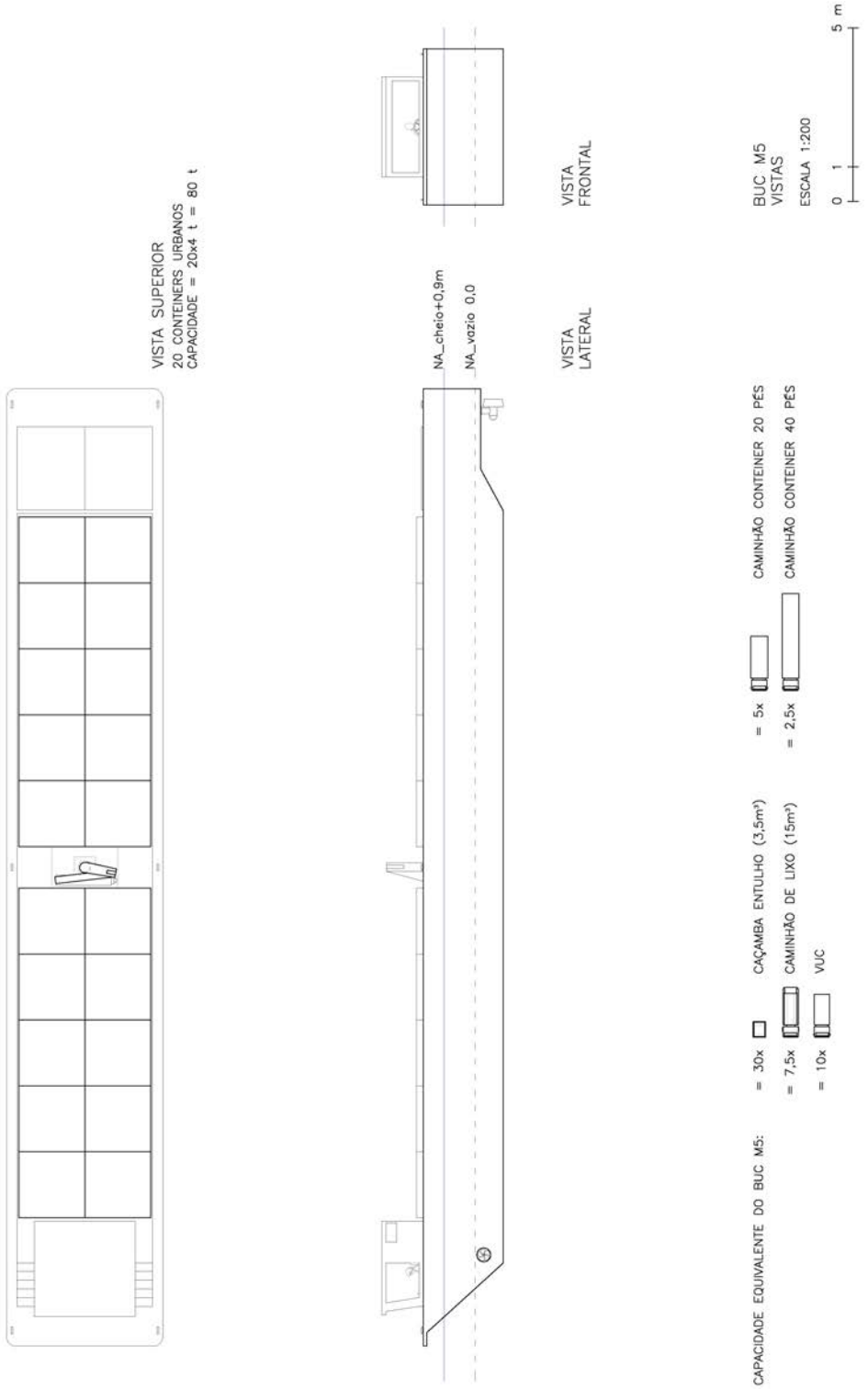


Fig. 247: Vistas do BUC M5. Fonte: desenhado pelo autor.

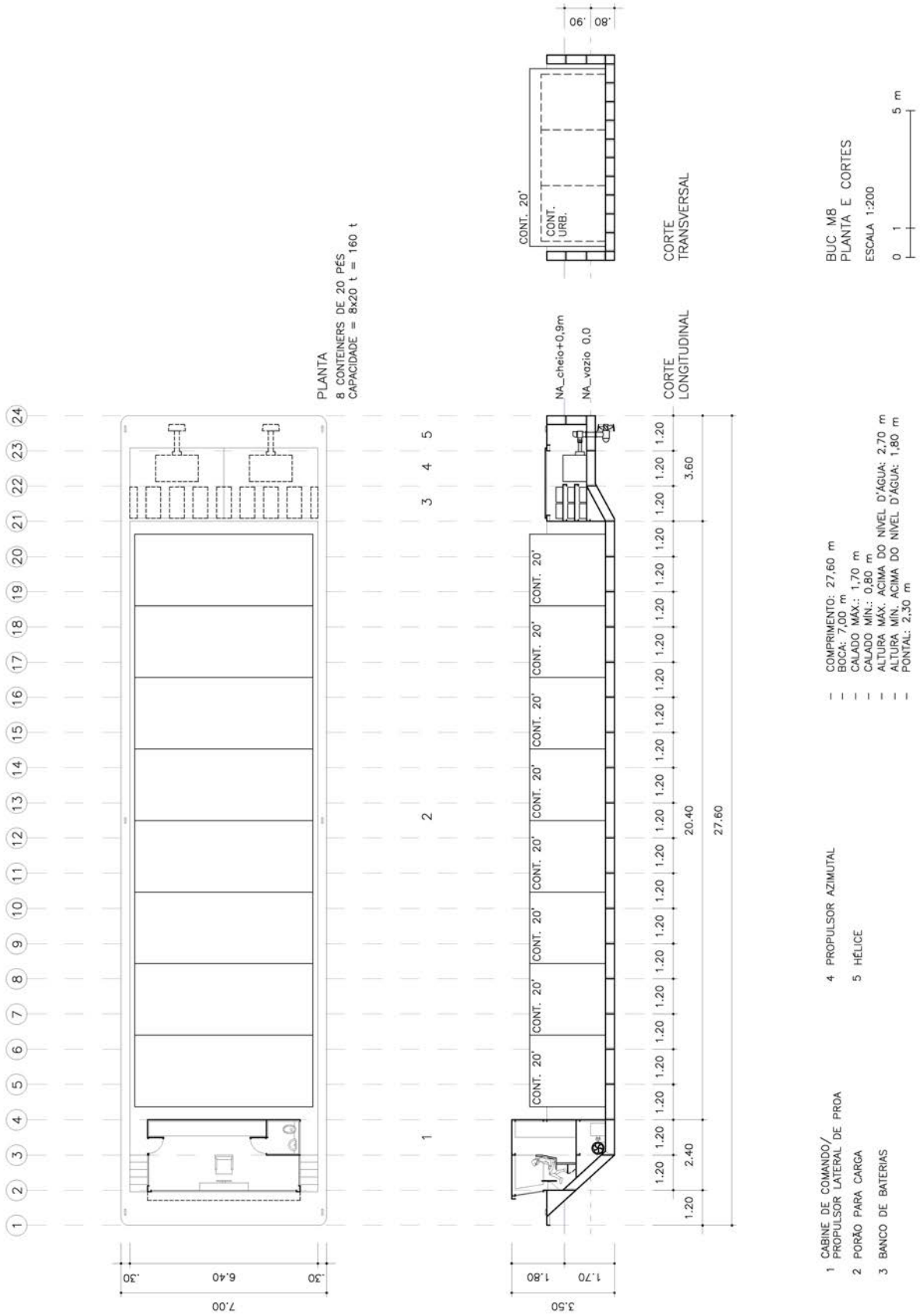


Fig. 248: Plantas e cortes do BUC M8. Fonte: desenhado pelo autor.

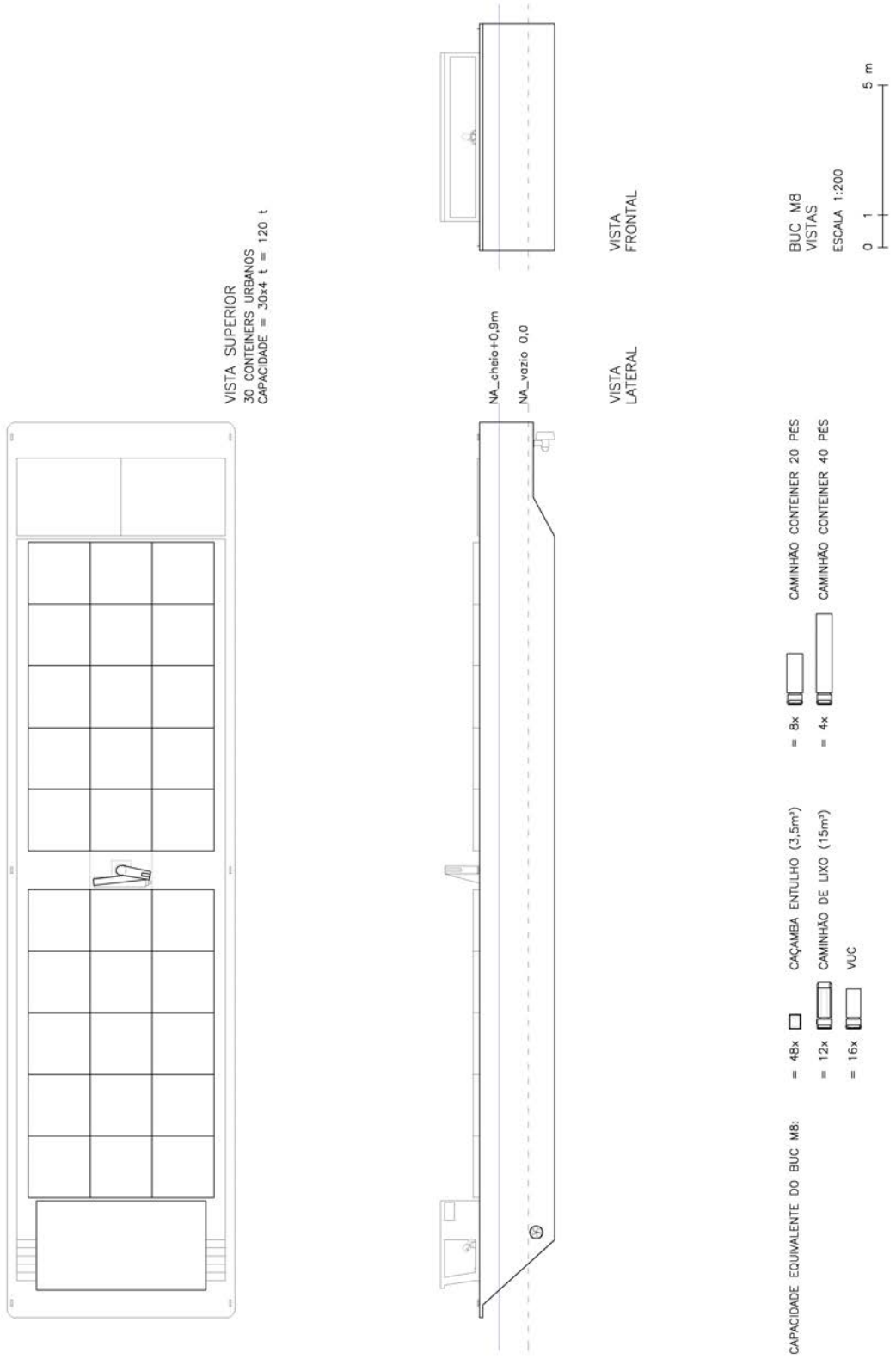


Fig. 249: Vistas do BUC M8. Fonte: desenhado pelo autor.

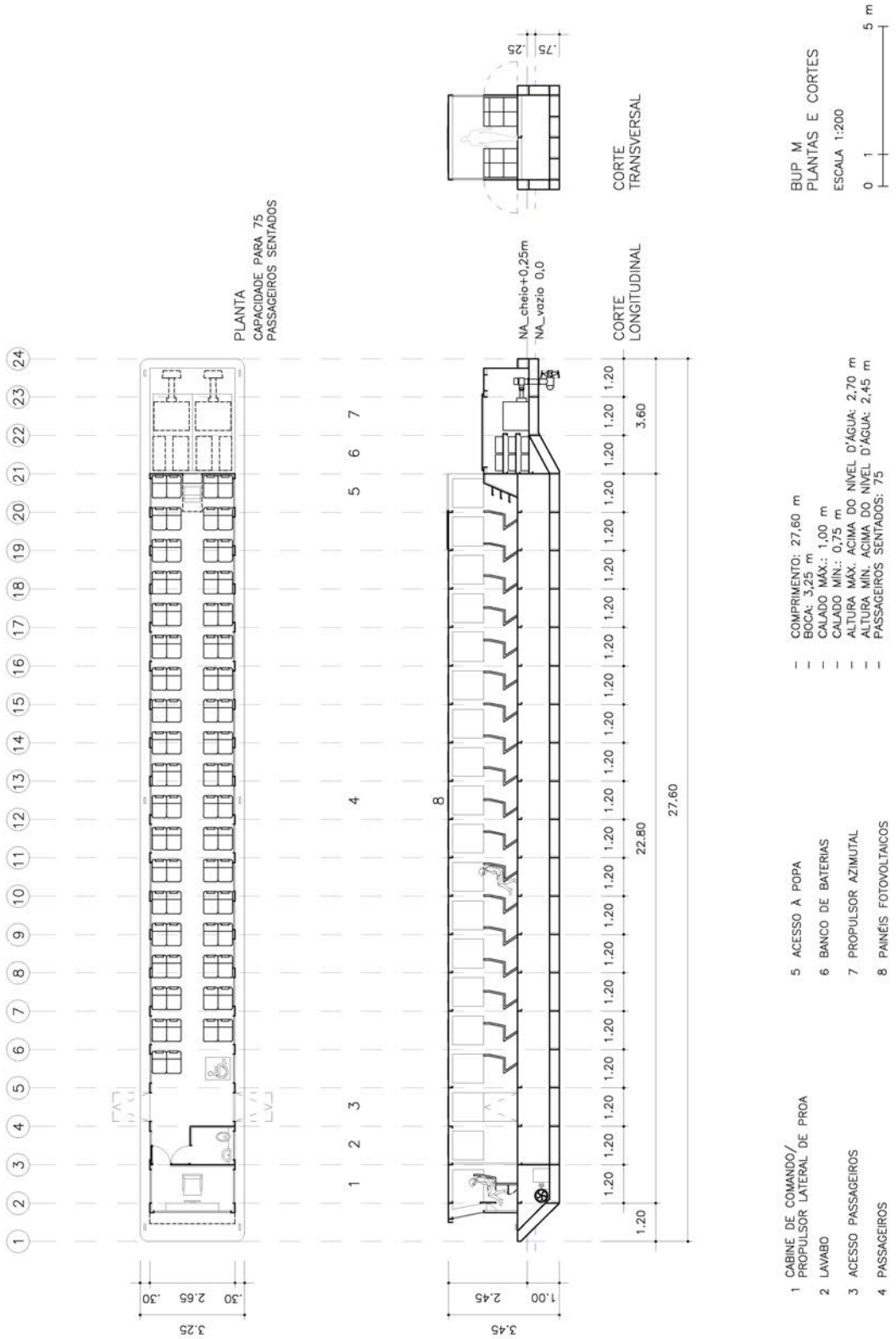


Fig. 250: Plantas e cortes do BUP M. Fonte: desenhado pelo autor.

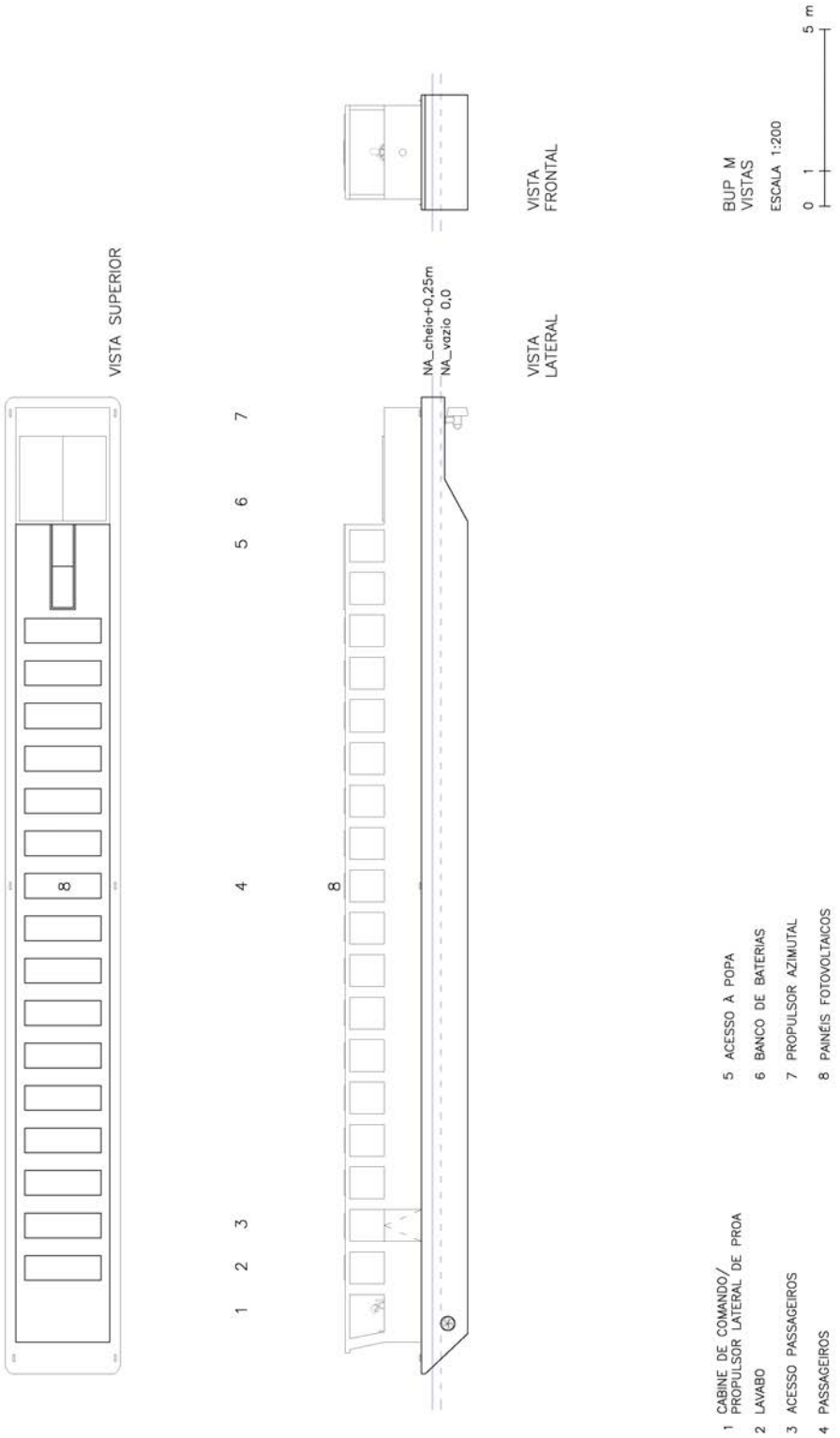


Fig. 251: Vistas do BUP M. Fonte: desenhado pelo autor.

3.1.3. Bacias de manobra e raios de curvatura para embarcações

A montante e a jusante das eclusas o canal seria alargado, avançando sobre uma das margens, para que a área ocupada pela eclusa na seção do canal seja compensada pelo alargamento, e propiciando também uma bacia para manobra das embarcações. Esta bacia também serviria como um reservatório de retenção, podendo sofrer uma elevação de até 1 m no nível d'água. No trecho inicial do Tamanduateí, a margem sobre a qual o canal avançaria seria a direita, descendo o rio, uma vez que os quarteirões entre o canal e a linha férrea já sofrerão mudanças significativas previstas para os próximos anos.

A largura da bacia de manobra seria de no mínimo 40 metros, permitindo que a embarcação de 27,60 m perfaça um giro de 360° com folga de pelo menos 5 m de cada lado. Antes e depois da eclusa existe o canal de aproximação, trecho no qual a linha de navegação deve ser retilínea, com comprimento de pelo menos 3 vezes o tamanho da embarcação, ou seja, cerca de 80 m. A barragem móvel ao lado da eclusa estaria alinhada à comporta de jusante da mesma, sendo possível existir uma ponte fixa sobre a barragem e a comporta da eclusa, uma vez que as embarcações, ao passarem sob a ponte, estarão navegando no nível d'água de jusante, de forma a existir vão luz suficiente para a passagem.

Em relação ao traçado do Tamanduateí, no trecho canalizado na década de 1980 entre sua foz no Tietê e a foz do córrego do Oratório, percebe-se que o canal é composto por trechos retos e segmentos de curva, e que as curvas apresentam raios de curvatura entre 1.300 m e 130 m (fig. 252). A curva com raio de 130 m está localizada próxima à foz do córrego do oratório, sendo que a curva mais restritiva no trecho que vai até a foz do ribeirão dos meninos possui raio de curvatura de 160 m, localizada logo a montante da foz do córrego Ipiranga. Ao navegarem por esta curva com raio de 160 m, os BUCs M5 ocupam uma faixa mais larga do canal, de 5,05 m (fig. 253). Como nesse trecho o canal possui 22 m, ainda seria possível o cruzamento das embarcações, porém, nos trechos em que o canal possui largura de 20 m, seria prudente que houvessem sinalizações antes e depois das curvas acentuadas para que os barcos passem um de cada vez, ou que, ao se cruzarem, uma das embarcações atracasse no cais.

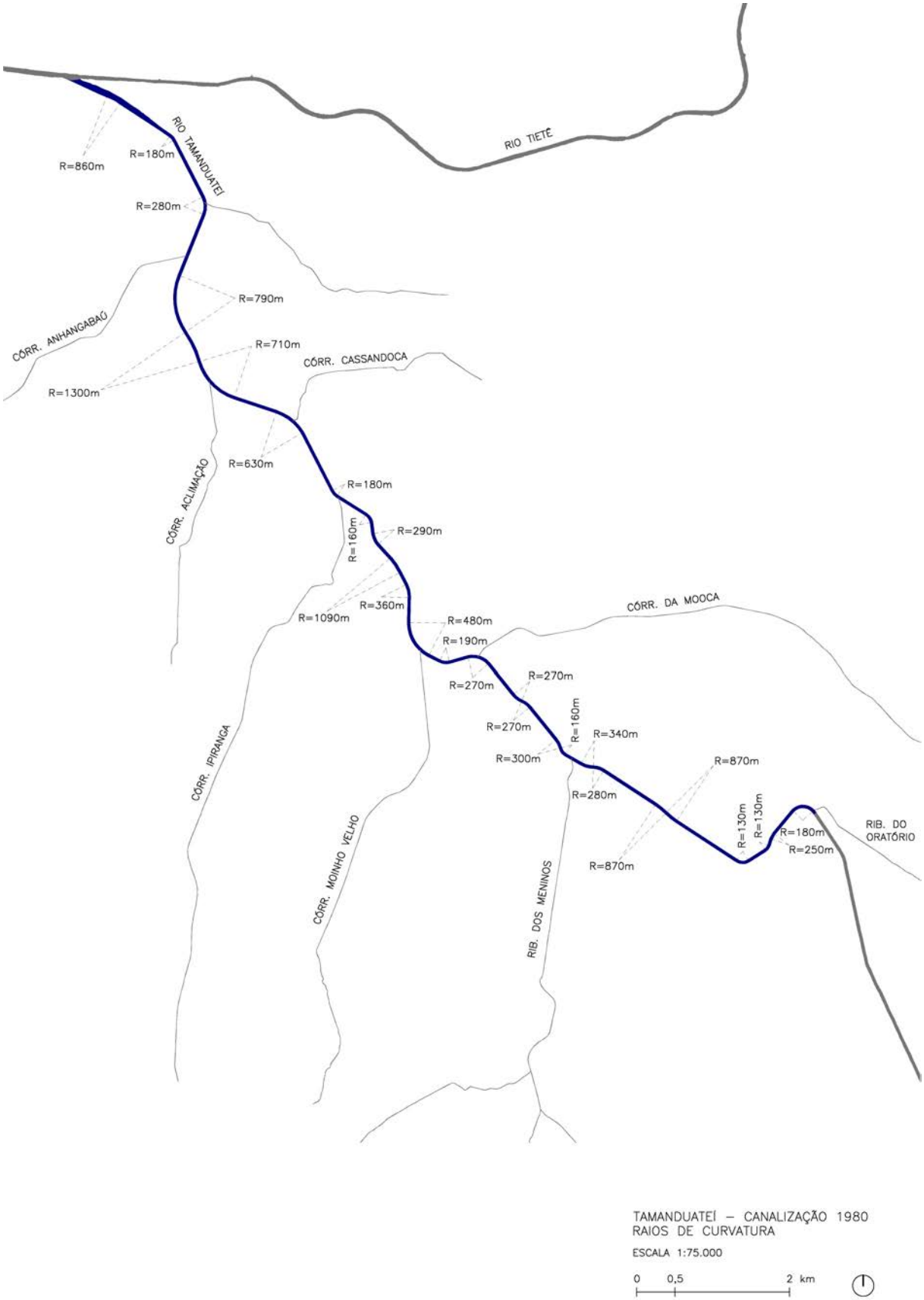


Fig. 252: Raios de curvatura do trecho do Tamanduateí canalizado na década de 1980. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base da EMPLASA / MDC.

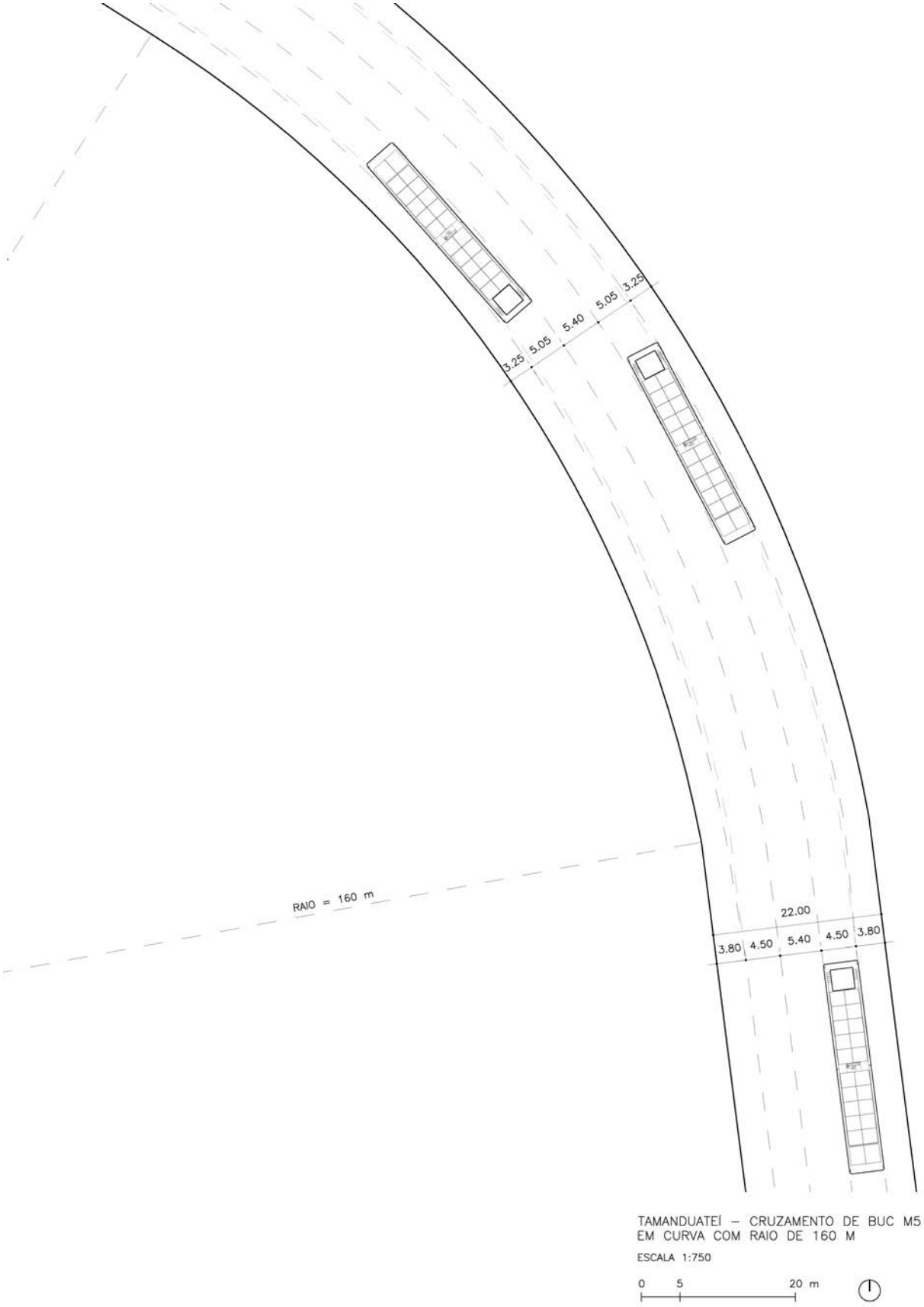


Fig. 253: Cruzamento de BUCs M5 em curva do canal do Tamanduateí logo a montante da foz do córrego Ipiranga. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base da EMPLASA / MDC.

3.1.4. Eclusa Meninos 2

Ao longo da disciplina AUP 5897 – Projeto de Arquitetura de Infraestruturas Urbanas Fluviais, ministrada pelo Prof. Alexandre Delijaicov e cursada no primeiro semestre de 2016[6], foi escolhida uma localidade no rio Meninos onde seriam implantados a Eclusa Meninos 2 (E_MEN 2) e um Transporto, para o ensaio da aplicação dos modelos de canal, eclusa e barcos propostos. Trata-se de uma área estratégica, na divisa entre o município de São Paulo e São Caetano do Sul, junto à Estrada das Lágrimas e da Rodovia Anchieta, permitindo fácil acesso rodoviário.

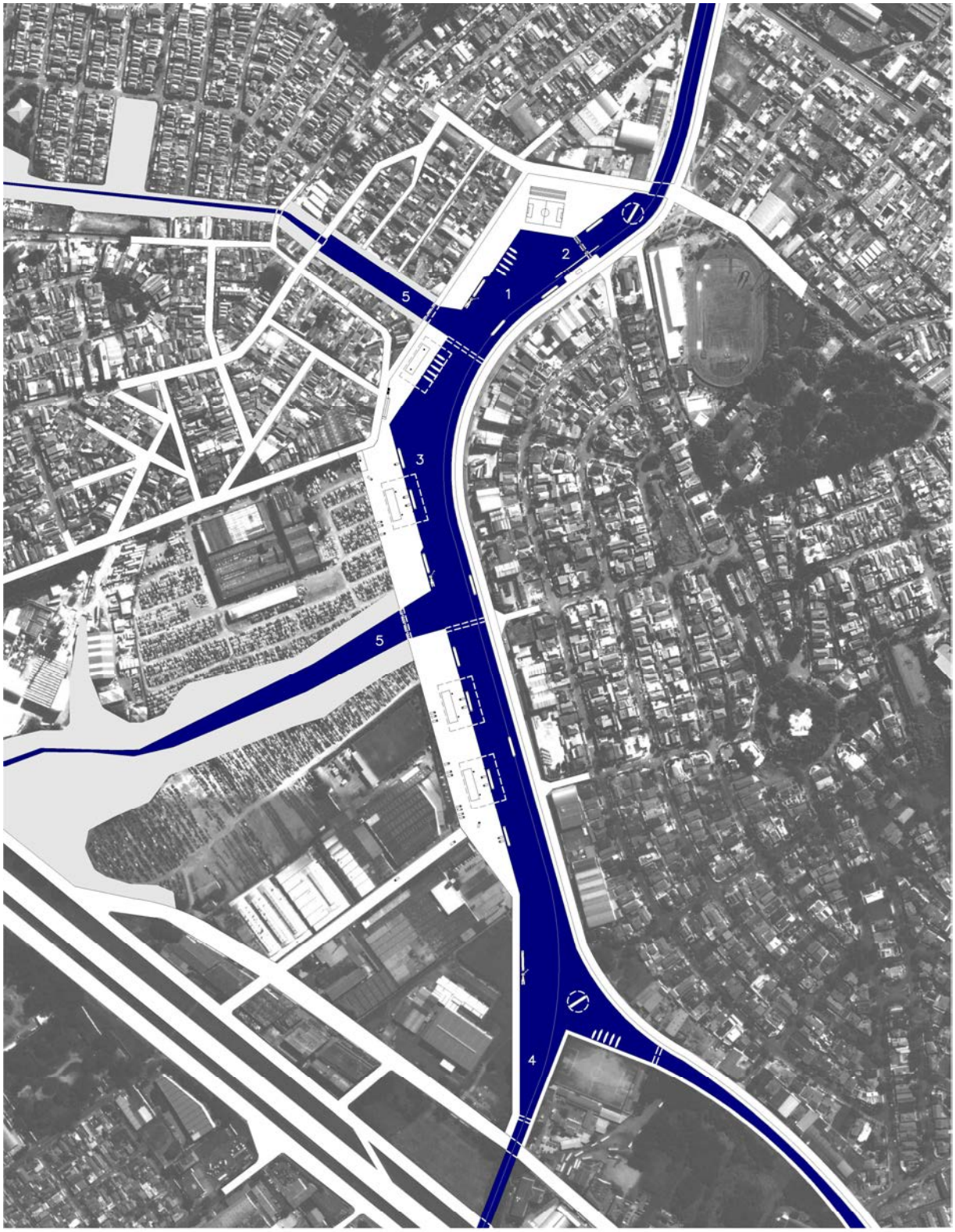
A eclusa e barragem móvel seriam implantadas logo a montante da Estrada das Lágrimas, permitindo que os barcos passem com vão luz suficiente sob a ponte sem necessidade de obras. Optou-se por preservar a margem direita do canal, onde está a avenida Guido Aliberti, que seria remodelada como um bulevar fluvial, e concentrar as intervenções e alargamentos do canal na margem esquerda, menos consolidada. Partiu-se do princípio de criar um grande lago canal que iria da eclusa até a foz do ribeirão dos Couros, que serviria como lagoa de retenção para as águas dos rios Meninos e Couros e dos córregos Jaboticabal e de outro pequeno córrego sem nome definido. A área deste lago seria de aproximadamente 75 mil m². Com a possibilidade de variação de meio metro no nível da água, o lago poderia reter um volume de cerca de 37,5 mil m³ de água, contribuindo para a diminuição da vazão a jusante em caso de chuvas intensas. A área logo a montante da eclusa seria destinada ao lazer, com o parque da eclusa e um estaleiro escola. Já o cais próximo ao córrego Jaboticabal seria destinado ao Transporto.

Nos afluentes do ribeirão dos Meninos seriam construídas barragens logo antes de suas fozes, que criariam os lagos da foz. Tais lagos, que existiram também na foz dos demais afluentes ao longo do Canal Billings-Tamanduateí, teriam importante função de reter sedimentos que poderiam assorear o canal navegável, contribuindo também para diminuir as correntes de través que podem desviar o curso das embarcações. Além disso, os lagos da foz, associados ao conjunto de lagos nas nascentes e ao longo dos parques lineares dos afluentes, contribuem para a retenção das ondas de cheia e para o armazenamento de água durante estiagens, auxiliando a manutenção dos níveis d'água do canal navegável.

---

[6] O desenho da 'Eclusa Meninos 2' e alguns dos conceitos apresentados neste subcapítulo foram desenvolvidos ao longo do primeiro semestre de 2016 na disciplina AUP 5897 – Projeto de Arquitetura de Infraestruturas Urbanas Fluviais – pela equipe composta por Oliver De Luccia, Caio Chamma e Adriana Inigo, cujo objeto de estudo foi o Canal Billings-Tamanduateí. Tal disciplina é ministrada pelo Prof. Alexandre Delijaicov dentro do Programa de Pós-Graduação da FAU USP.

Fig. 254: Área de intervenção da Eclusa Meninos 2 e Transporto no ribeirão dos Meninos e dos Couros. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base da EMPLASA e de imagem de satélite do Google Earth de 2016.



1 CANAL DOS MENINOS
2 ECLUSA MENINOS 2
3 TRANSPORTO MENINOS
4 CANAL DOS COUROS
5 LAGO DA FOZ DO AFLUENTE

ÁREA DO LAGO CANAL FORMADO PELA ECLUSA: 75.000 m²

VOLUME DE RETENÇÃO COM VARIAÇÃO DE MEIO METRO DO NÍVEL DA ÁGUA: 37.500 m³

CANAL BILLINGS–TAMANDUATEÍ
LAGO DA ECLUSA MENINOS 2

ESCALA 1:7.500

0 50 200 m

Fig. 255: Lago da Eclusa Meninos 2. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base da EMPLASA e de imagem de satélite do Google Earth de 2016.

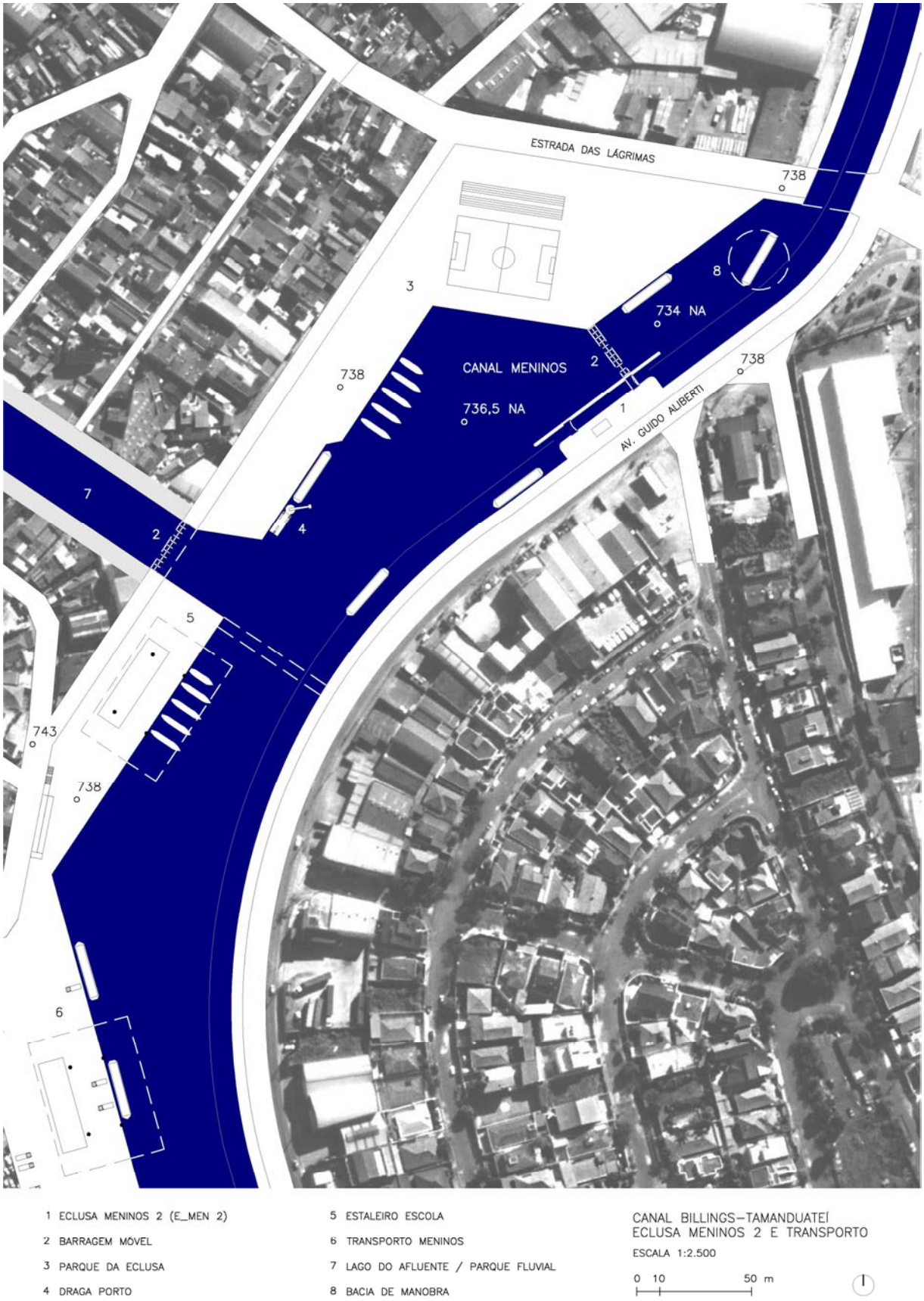


Fig. 256: Eclusa Meninos 2 e Transporto Meninos. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base da EMPLASA e de imagem de satélite do Google Earth de 2016.

3.1.5 Navegação em cenário de curto prazo

Em um cenário de curto prazo, a estrutura do canal – construída na década de 1980 – poderia ser aproveitada, sofrendo algumas intervenções para se adequar às condições de navegação e também para um melhor aproveitamento da orla fluvial por pedestres. Nesse caso, as eclusas e barragens móveis seriam construídas internamente à largura do canal existente, sendo também construídas galerias para coleta da água pluvial ao longo do canal.

As galerias de águas pluviais ocupariam parte da seção transversal do canal, e resultariam na alteração da forma da seção, de tronco-trapezoidal para retangular, servindo também para ampliação do passeio de pedestres na orla fluvial. Para tanto seria demolida a laje inclinada existente, que não tem função estrutural. As galerias teriam a função de conduzir as águas pluviais separadas das águas do Tamanduateí, de forma a tratá-las em Estações de Tratamento localizadas próximas às eclusas para então encaminhá-las ao canal[7]. Como nos trechos logo a montante das eclusas o nível d'água estaria mais elevado, as galerias de água pluvial evitariam também que as águas do canal entrassem no sistema de drenagem das áreas baixas, evitando assim o 'afogamento' das galerias, uma das principais causas de pontos de alagamento na região.

Um passeio beira-rio para pedestres seria criado sobre as novas galerias de água pluvial. Este passeio estaria alinhado com o nível da rua, e em alguns locais poderia ser rebaixado em até 1,20 m, sendo o desnível aproveitado na forma de bancos com vista para o canal, e permitindo uma maior proximidade com as águas. A partir do passeio beira-rio rampas articuladas dariam acesso aos pontões flutuantes, para embarque e desembarque nos barcos. A avenida do Estado seria transformada em um bulevar fluvial, sendo uma das faixas de rolamento, mais próxima do canal, utilizada para ampliação da calçada e plantio de árvores (figs. 258 a 260).

Alternativamente, a galeria de águas pluviais poderia estar sob a via para automóveis, e no lugar da laje inclinada seria criado um cais baixo, próximo às aguas, que eventualmente seria inundado.

Sem o alargamento do canal no local de instalação da eclusa haveria restrição à vazão das águas do Tamanduateí, uma vez que a estrutura da eclusa ocuparia quase metade da largura do canal. Uma solução para esta questão seria a construção de eclusas que possuiriam a comporta de

[7] As estações de tratamento seriam dimensionadas para tratar pelo menos os primeiros 20 minutos de chuva, que contém mais poluentes. Em chuvas intensas, o restante das águas seria direcionado diretamente ao canal.

montante rotativa, do tipo 'segmento', no lugar da tradicional comporta tipo 'Mitra', o que possibilitaria a abertura simultânea das comportas de montante e jusante em ocasiões de cheia, permitindo o fluxo das águas através da câmara da eclusa. Ao lado da eclusa haveria outra comporta rotativa que funcionaria como uma barragem móvel, controlando o nível d'água a montante (figs. 261 a 263). Durante as cheias, quando tanto as comportas da eclusa quanto da barragem móvel estariam abertas, a navegação seria interrompida devido à alta velocidade das águas. A partir de uma central de monitoramento de cheias, que coletaria dados das chuvas nas cabeceiras da bacia hidrográfica, os barcos seriam alertados e teriam pelo menos uma hora para atracarem em pontões flutuantes antes da abertura das comportas. Preferencialmente essas áreas para atracagem seriam em remansos logo a montante das eclusas, onde a variação do nível d'água é menor.

Segundo relatório da PIANC, as eclusas geralmente não são desenhadas para serem usadas como um canal aberto para descarregar parte de uma enchente. Porém, com o uso de comportas de montante rotativas, que podem ser abertas mesmo contra a pressão da água, é possível o uso da eclusa para controle de inundações. Nos últimos 40 anos, mais de 20 eclusas foram equipadas com comportas de montante rotativas na Alemanha, principalmente no rio Saar, onde são utilizadas contra trombas d'água (PIANC, 2009) (fig. 257).

Fig. 257: Comporta rotativa com eixo horizontal em eclusa no rio Saar em Lisdorf, Alemanha. Na imagem à esquerda a comporta está fechada, e na imagem à direita realiza-se um teste de abertura contra inundações. Fonte: PIANC, 2009.

Este cenário que mantém a canalização existente, podendo viabilizar a navegação pelo canal em curto prazo, pode ser viável principalmente se integrado com ações de retenção de vazões nas sub-bacias dos afluentes do Tamanduateí, e com a reversão das águas da bacia para a represa Billings. Mesmo assim, seria necessário o alargamento do canal em algumas localidades para a criação de estruturas portuárias e bacias de manobra.

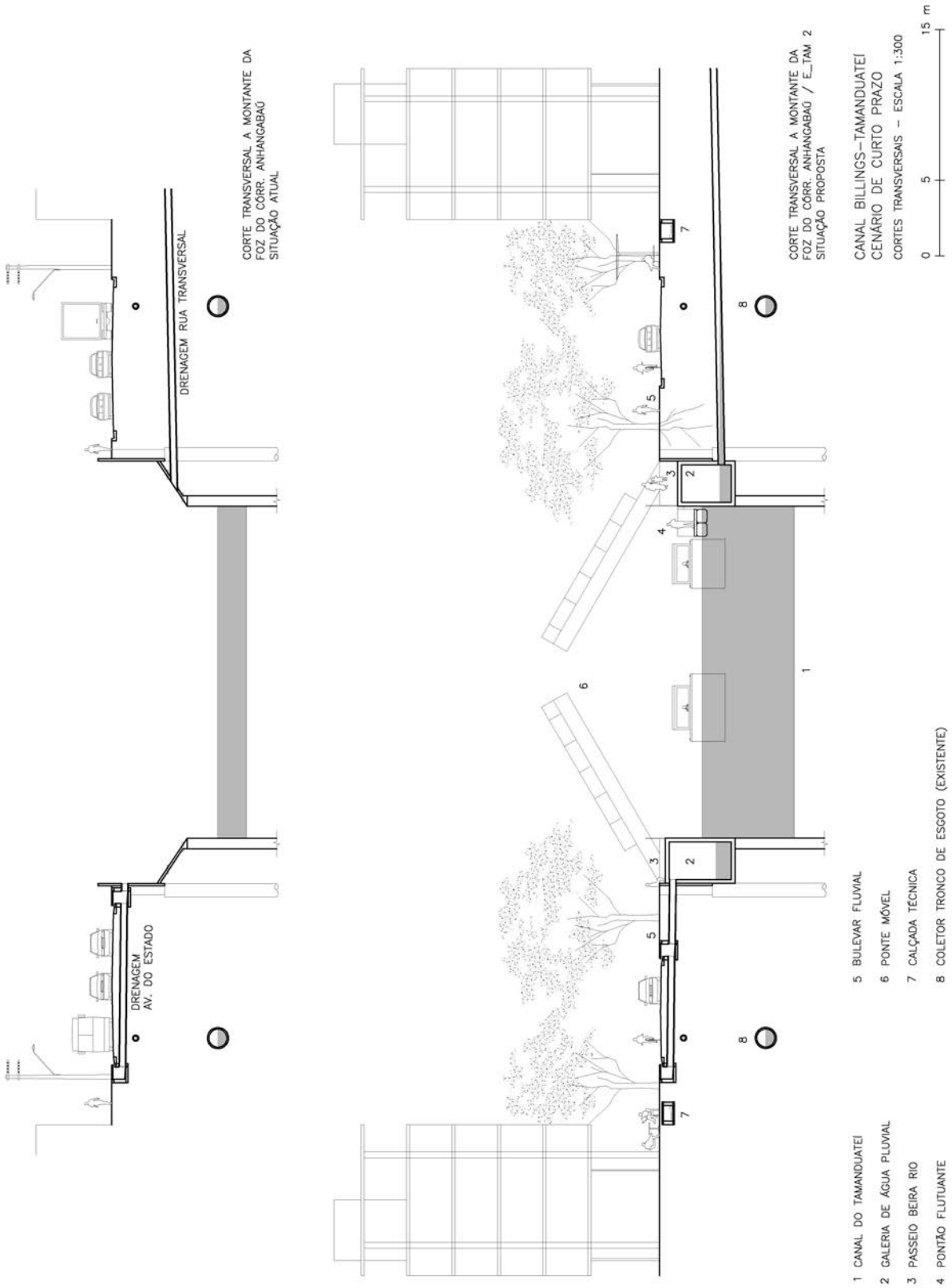


Fig. 258: Cortes transversais do canal do Tamanduateí, a montante da foz do córrego Anhangabaú, com situação existente e situação proposta no cenário de curto prazo. Fonte: desenhado pelo autor.

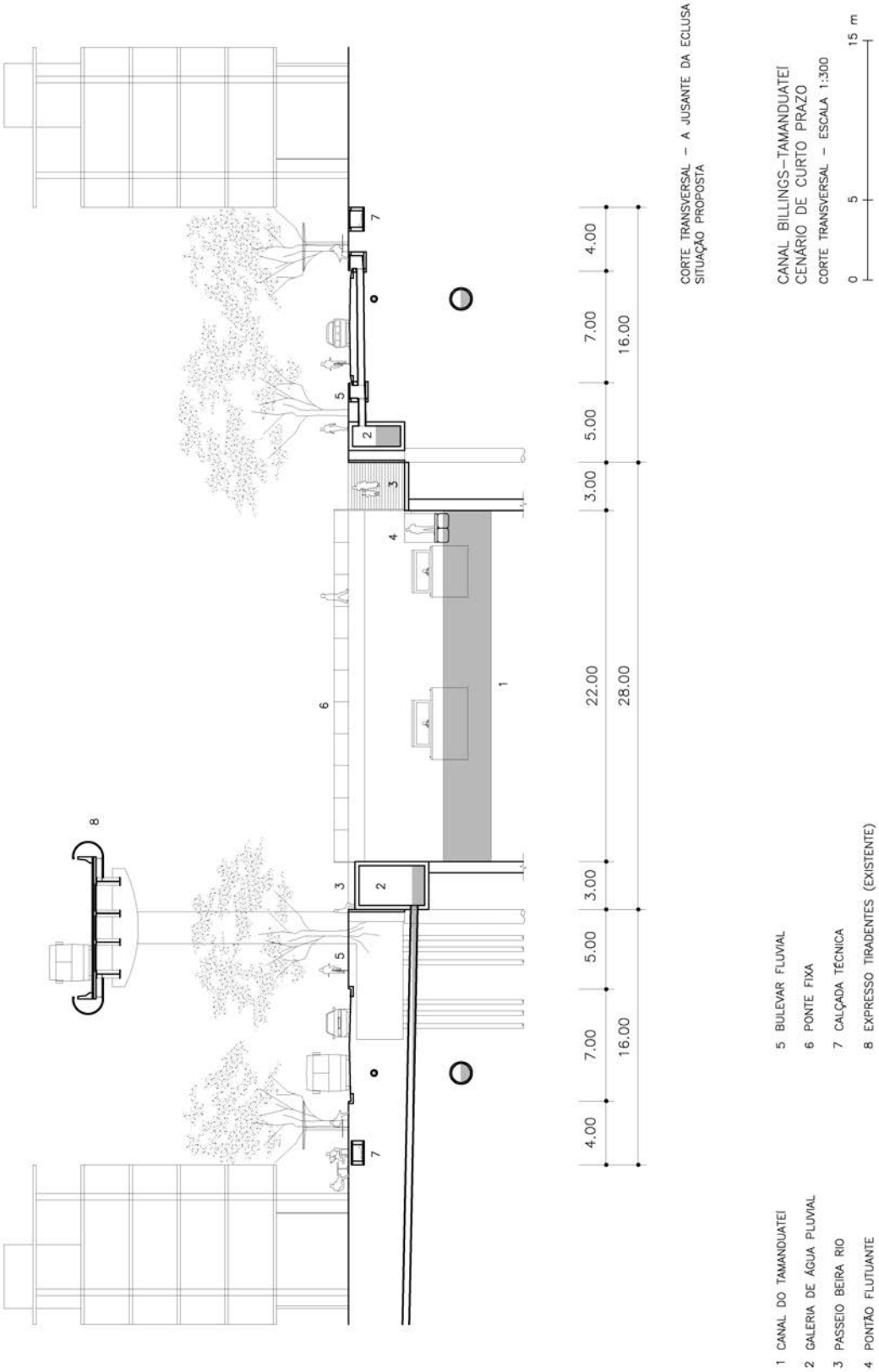


Fig. 259: Corte transversal do canal do Tamanduateí, com situação proposta no cenário de curto prazo. Fonte: desenhado pelo autor.

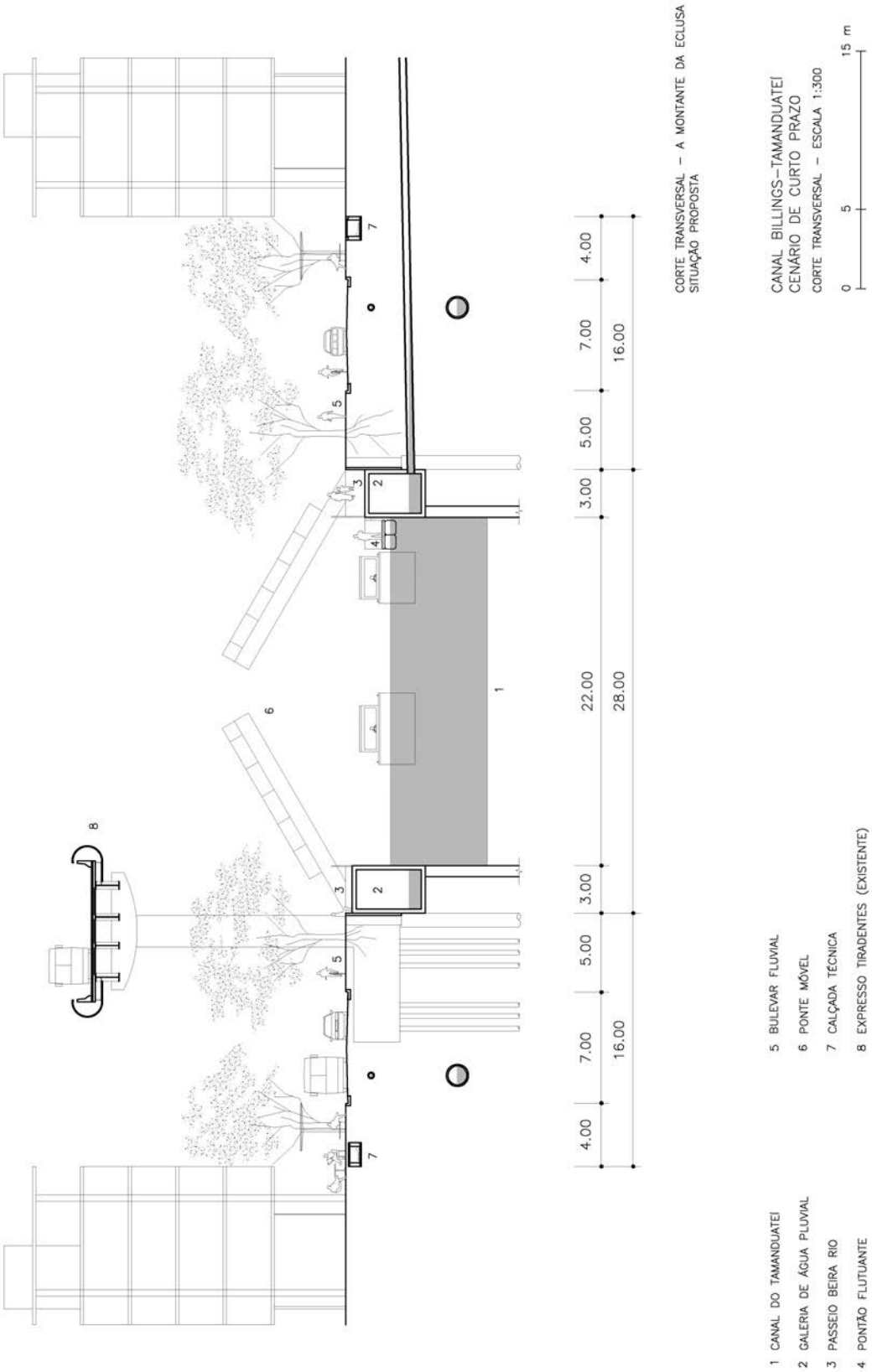


Fig. 260: Corte transversal do canal do Tamanduateí, com situação proposta no cenário de curto prazo. Fonte: desenhado pelo autor.

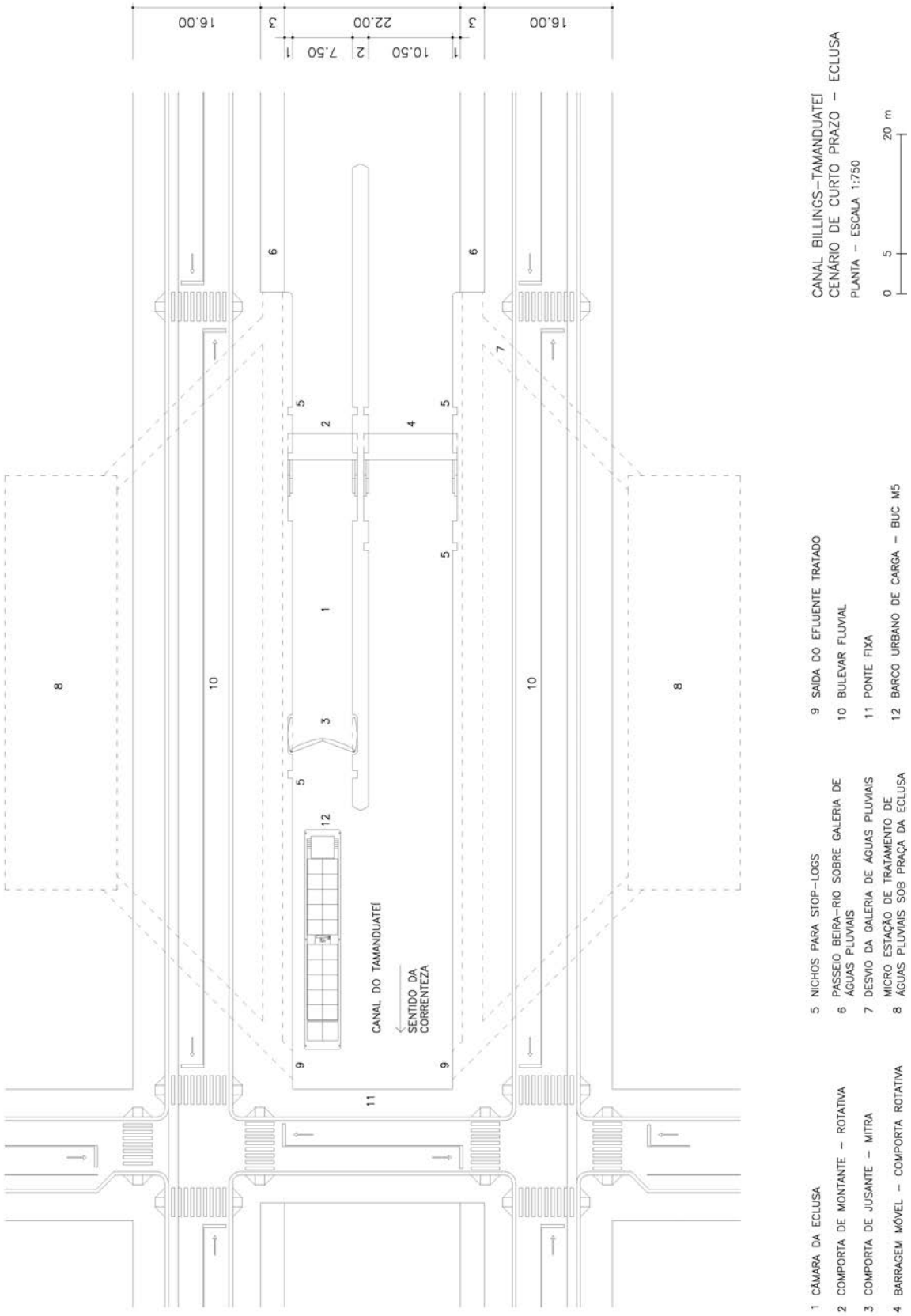


Fig. 261: Planta da praça da eclusa do canal do Tamanduateí, no cenário de curto prazo. Fonte: desenhado pelo autor.

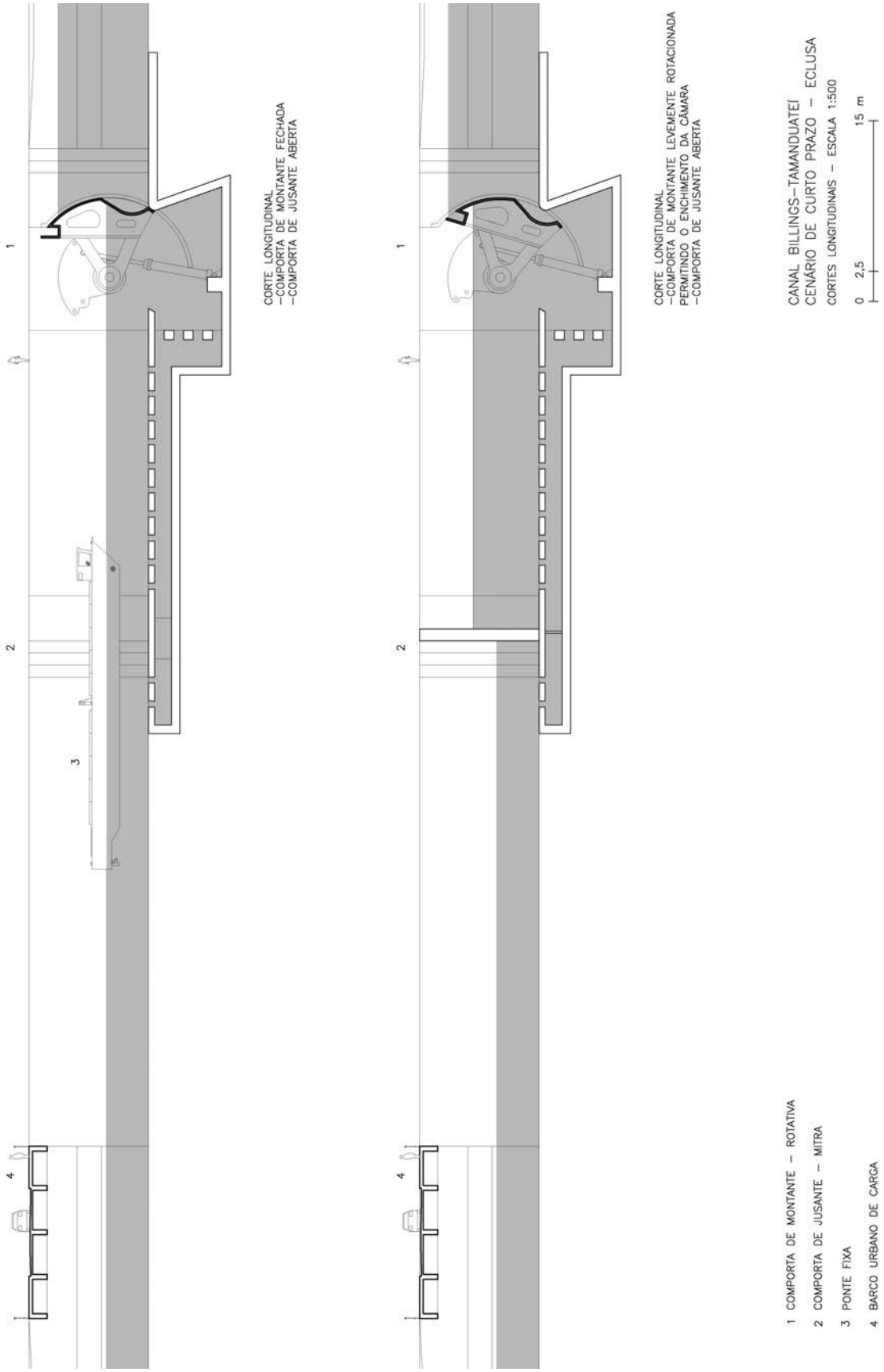


Fig. 262: Cortes longitudinais da eclusa do canal do Tamanduateí, no cenário de curto prazo. Fonte: desenhado pelo autor.

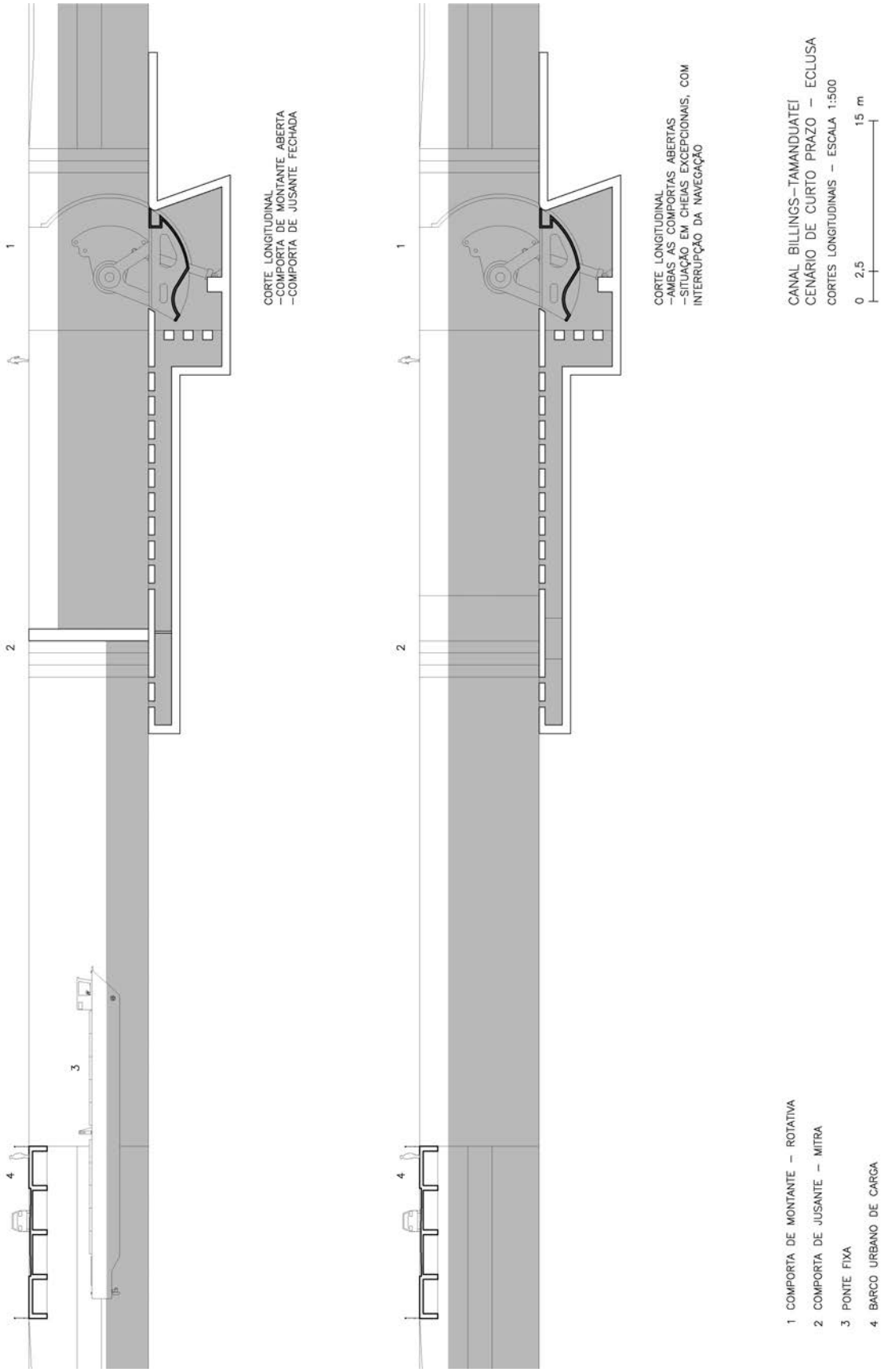


Fig. 263: Cortes longitudinais da eclusa do canal do Tamanduateí, no cenário de curto prazo. Fonte: desenhado pelo autor.

3.2. Bairros Fluviais do Tamanduateí

Os Bairros Fluviais do Tamanduateí são um dos pontos notáveis do projeto do Canal Billings-Tamanduateí, e ocupariam a ampla planície ao longo da ferrovia entre a rua da Mooca e a foz do ribeirão dos Meninos, com cerca de 5 km de comprimento e largura variável entre 500 e 800 m. Os bairros seriam estruturados por lagos e canais laterais que formariam deltas artificiais, dividindo a vazão dos afluentes e aumentando expressivamente a superfície de água na região. Os canais seriam os eixos primordiais de desenvolvimento urbano, ao longo dos quais haveria parques fluviais e quarteirões com habitação, comércio e serviços.

A região onde os bairros fluviais seriam implantados pertence aos bairros da Mooca, Ipiranga e Vila Independência/Vila Carioca, dentro do município de São Paulo, sendo ocupada atualmente por um extenso parque industrial que foi construído a partir da instalação da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí (EFSJ), em 1867. Como vimos anteriormente[1], com a progressiva desativação desse parque industrial, a partir dos anos 1950, diversos planos foram elaborados para a reestruturação dos quarteirões na forma de bairros mistos, sendo o mais recente a Operação Urbana Consorciada Bairros do Tamanduateí (OUCBT), prevista no Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo, no entanto nenhum desses planos teve prosseguimento.

Fig. 264: Vista do distrito industrial do bairro da Mooca, ao longo da linha férrea. Fonte: foto do autor, 2018.

[1] Vide subcapítulo 1.2 sobre o histórico de ocupação urbana do vale do Tamanduateí e projetos para reformas urbanas na região.

Tal região possui um grande potencial para adensamento populacional devido à infraestrutura para transporte de passageiros existente e prevista, e à proximidade com a área central da cidade. Com a futura construção do Ferroanel Norte, como parte do novo sistema logístico de cargas para a Macrometrópole Paulista[2], o trecho urbano da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí (EFSJ), atualmente compartilhado entre o transporte de passageiros (CPTM) e de carga, passará a ser exclusivamente para passageiros, o que permitirá uma melhoria substancial na eficiência do transporte. Além disso, no bairro Vila Carioca, entre a foz do córrego Moinho Velho e do Ribeirão dos Meninos, a nova estação Tamanduateí transformou-se em uma importante conexão ligando a linha 10 da CPTM com a linha 2 do metrô. Ainda está prevista para a mesma estação a conexão com a nova linha 18 do metrô, de monotrilho, que fará a ligação com as cidades de São Caetano do Sul, Santo André e São Bernardo do Campo, no ABC.

Ao mesmo tempo, vemos no bairro Vila Carioca a ocupação de vastas áreas com utilidades públicas, como no caso dos recém construídos piscinão Guamiranga e pátio de trens da linha 2 do metrô. Para a mesma região estão previstas ainda a construção do pátio de trens da linha 18 do metrô e da Plataforma Logística Urbana Vila Carioca (PLU-Vila Carioca). A futura implantação da PLU-Vila Carioca também demonstra a vocação logística do local, facilmente conectado ao Ferroanel através de uma nova linha férrea exclusiva para cargas a ser implantada na faixa de domínio da EFSJ, e próximo aos centros consumidores para distribuição final dos produtos. Temos assim uma situação de conflito de usos, na qual imensas áreas destinadas a serviços públicos estão localizadas num raio de 600 metros de uma importante estação de transporte de passageiros, com grande potencial para adensamento urbano.

Fig. 265: Piscinão Guamiranga e presídio (à esquerda), EFSJ/CPTM (ao centro) e pátio de trens da linha 2 do metrô (à direita), com estação Tamanduateí ao fundo. Fonte: foto do autor, 2018.

[2] Vide subcapítulo 2.1 sobre os planos para a Macrometrópole Paulista e o PDLT-2030.

Para melhor aproveitamento da infraestrutura urbana, é proposta nos Bairros Fluviais do Tamanduateí a multiplicação dos níveis da cidade, permitindo que diversas atividades coexistam. Um novo térreo seria criado sobre a linha férrea e os pátios de trens, na forma de uma grande laje elevada 7 m do nível do solo. No atual térreo, que tornar-se-ia um subsolo, estariam os trens, vias expressas, estacionamentos, indústrias não poluentes e plataformas logísticas, e também estariam estruturadas as redes de serviços como eletricidade, contêineres de lixo, postos de abastecimento, etc. No nível superior, que seria o novo térreo, haveria um largo bulevar central, denominado Avenida-Parque da Mooca, tendo ao seu lado praças, equipamentos públicos, prédios de habitação e escritórios.

O bulevar central que seria construído no nível superior teria 55 m de largura entre os edifícios, 10 m a mais que a largura da av. Paulista, e seu eixo coincidiria com o eixo da ferrovia no nível inferior. Do canteiro central do bulevar haveria acessos para as plataformas de embarque nos trens do nível inferior, onde de cada lado das plataformas correriam duas linhas férreas paralelas: uma que pararia em todas as estações e outra expressa, totalizando 4 linhas. Ao lado dos trens estariam as vias expressas e de serviço para automóveis e caminhões, e também o acesso ao nível inferior dos edifícios. No nível superior, o bulevar central seria prioritariamente para pedestres, ciclistas e para o transporte público, com VLTs, e ônibus, sendo o tráfego de veículos leves permitido com velocidades de até 30 km/h e com semáforos a cada 300 m para a travessia de pedestres.

Fala-se em um novo térreo porque o pedestre não teria a sensação de estar em uma plataforma elevada. As ruas transversais à ferrovia, que dariam acesso ao nível superior, seriam construídas na forma de suaves rampas, e os quarteirões se desenvolveriam em uma nova superfície ao longo do bulevar central. A sensação para o pedestre seria, assim, a de subir e descer uma colina, atravessando o novo bairro elevado. Esta topografia artificial teria também o importante papel de costurar o tecido urbano da região, historicamente cindido pela ferrovia, com pouquíssimas travessias ao longo dos 5 km do atual parque industrial.

Os novos quarteirões dos Bairros Fluviais do Tamanduateí teriam 80 x 80 m, intercalados por ruas com caixa de 20 m. Em cada quarteirão poderia haver até 8 torres habitacionais com 10 pavimentos, podendo eventualmente chegar a 14 pavimentos no coeficiente de aproveitamento máximo. Considerando 4 pessoas por apartamento, e torres com 2 apartamentos por andar e 10 pavimentos, haveria uma densidade de 640 pessoas por hectare. É proposto também que a

sobreloja dos edifícios, acima do novo térreo, seja destinada à equipamentos públicos, e que a cada 9 quarteirões um seja institucional.

3.2.1. Lagos e deltas artificiais

Em frente ao bairro da Mooca, a barragem móvel e eclusa E_TAM 3, localizada logo a montante da foz do córrego Ipiranga, fixaria o nível d'água do Tamanduateí na cota 726,00, possibilitando a criação de um grande lago navegável através do alargamento do atual canal até a av. Presidente Wilson. O remanso deste lago chegaria até a foz do córrego da Mooca, onde o canal também seria alargado para receber as águas deste afluente, e de onde parte das águas seria desviada para dois canais laterais ao Tamanduateí que correriam paralelos à ferrovia. Esses canais laterais acompanhariam o eixo da av. Henry Ford e da rua Cadiriri, e teriam o nível d'água igual ao do Tamanduateí, 726,00.

Os canais laterais seriam conectados transversalmente entre si, e também se conectariam sob a linha férrea com o rio Tamanduateí. Funcionariam assim como um delta artificial, dividindo as vazões e aumentando a superfície de água da região. Com capacidade de variação de 0,5 a 1 m no nível d'água, esse sistema de canais e lagos interconectados teriam importante função para amortecer as ondas de cheia, restaurando uma das funções latentes da área de várzea. Através de barragens móveis, seria possível também desviar as águas dos canais laterais diretamente para o trecho a jusante da eclusa E_TAM 3, aliviando as vazões do canal do Tamanduateí a montante.

Logo a montante da foz do córrego da Mooca uma barragem móvel elevaria o nível d'água do Tamanduateí de 726,00 para 729,00, criando um lago navegável que ocuparia a área do atual piscinão Guamiranga e estabelecendo o nível d'água do segundo grande delta artificial dos Bairros Fluviais do Tamanduateí, no bairro Vila Carioca. Este delta dividiria as vazões da foz do ribeirão dos Meninos através de canais laterais paralelos à ferrovia, ao longo da av. Presidente Wilson e da rua Guamiranga. No caso do canal lateral da av. Presidente Wilson, é proposto que ele incorpore o eixo de navegação do Canal Billings-Tamanduateí, facilitando a conexão hidroviária entre o rio Tamanduateí e o ribeirão dos Meninos.

Os demais canais laterais também seriam navegáveis, mas prioritariamente para tráfego de embarcações de serviço, que fariam a dragagem de sedimentos e limpeza superficial das águas.

Quando necessário, haveriam eclusas menores para acesso à esses canais, no padrão 'P'[3], com câmara de 3,75 por 15 m. Além dos deltas na planície do Tamanduateí, outros deltas menores seriam criados no trecho final dos córregos Ipiranga e Moinho Velho, como parte das medidas de retenção das águas nas sub-bacias afluentes. A orquestração das águas dos canais laterais e lagos, através da operação de barragens móveis e eclusas, seria realizada a partir de uma central de controle do canal Billings-Tamanduateí, fruto de uma gestão integrada das águas urbanas.

Apesar do canal Billings-Tamanduateí continuar seu percurso pelo ribeirão dos Meninos, o remanso da barragem a montante da foz do córrego da Mooca, na cota 729,00, avançaria pelo rio Tamanduateí e possibilitaria a navegação até as proximidades da rua Simião Fernandes, na divisa entre São Paulo e São Caetano do Sul, onde sugere-se a implantação de um Ecoporto. Neste local existem grandes galpões entre o canal e a ferrovia, ocupados atualmente pela indústria de móveis Bartira e pelo hipermercado Carrefour, que poderiam eventualmente ser transformados em portos logísticos intermodais.

Uma proposta inicial de como seria o desenho dos Bairros Fluviais do Tamanduateí foi desenvolvida como base para as disciplinas AUP0156/AUP0160 da FAU USP, no primeiro semestre de 2016[4]. Na presente pesquisa buscou-se atualizar e refinar este desenho, compatibilizando-o com os níveis d'água estabelecidos no subcapítulo 3.1 para o Canal Billings-Tamanduateí, revisando as geometrias dos lagos e divisão dos quarteirões e incluindo de forma preliminar o desenho das barragens, eclusas, portos e plataformas logísticas previstas para a região.

[3] Vide subcapítulo 3.1 sobre definições dos padrões de eclusas e embarcações do Canal Billings-Tamanduateí.

[4] Bases desenvolvidas no primeiro semestre de 2016 pelos alunos da graduação Caio Berlande e Natasha Arabuski, com colaboração de Oliver De Luccia e Guilherme Cassis e sob orientação do Prof. Alexandre Delijaicov.

Fig. 266: Situação urbana na área de intervenção proposta para os Bairros Fluviais do Tamanduateí. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base da EMPLASA e imagem de satélite do Google Earth de 2017.

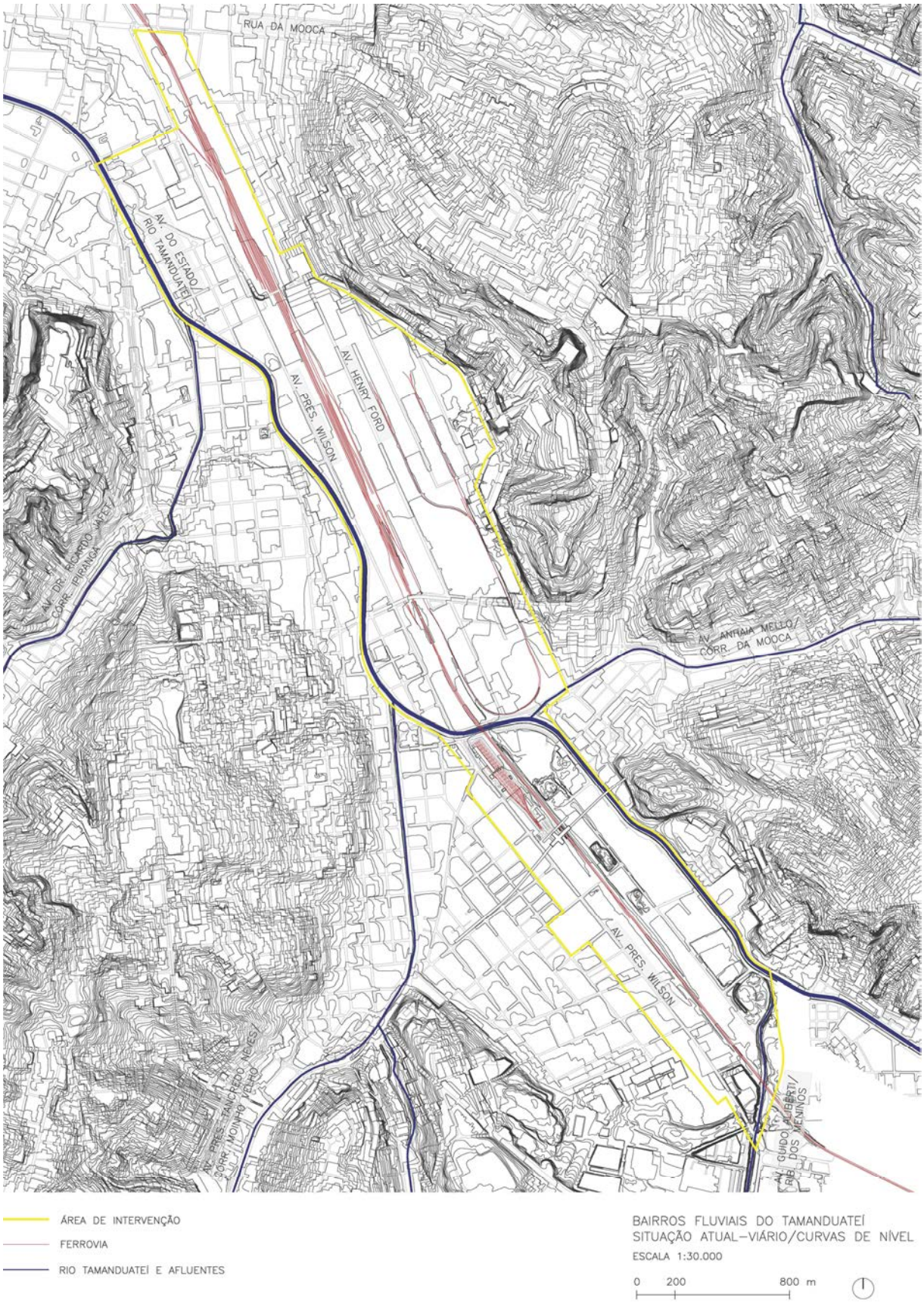


Fig. 267: Área de intervenção dos Bairros Fluviais do Tamanduateí, com curvas de nível, viário e linhas férreas.
Fonte: elaborado pelo autor a partir de base do MDC (2004).

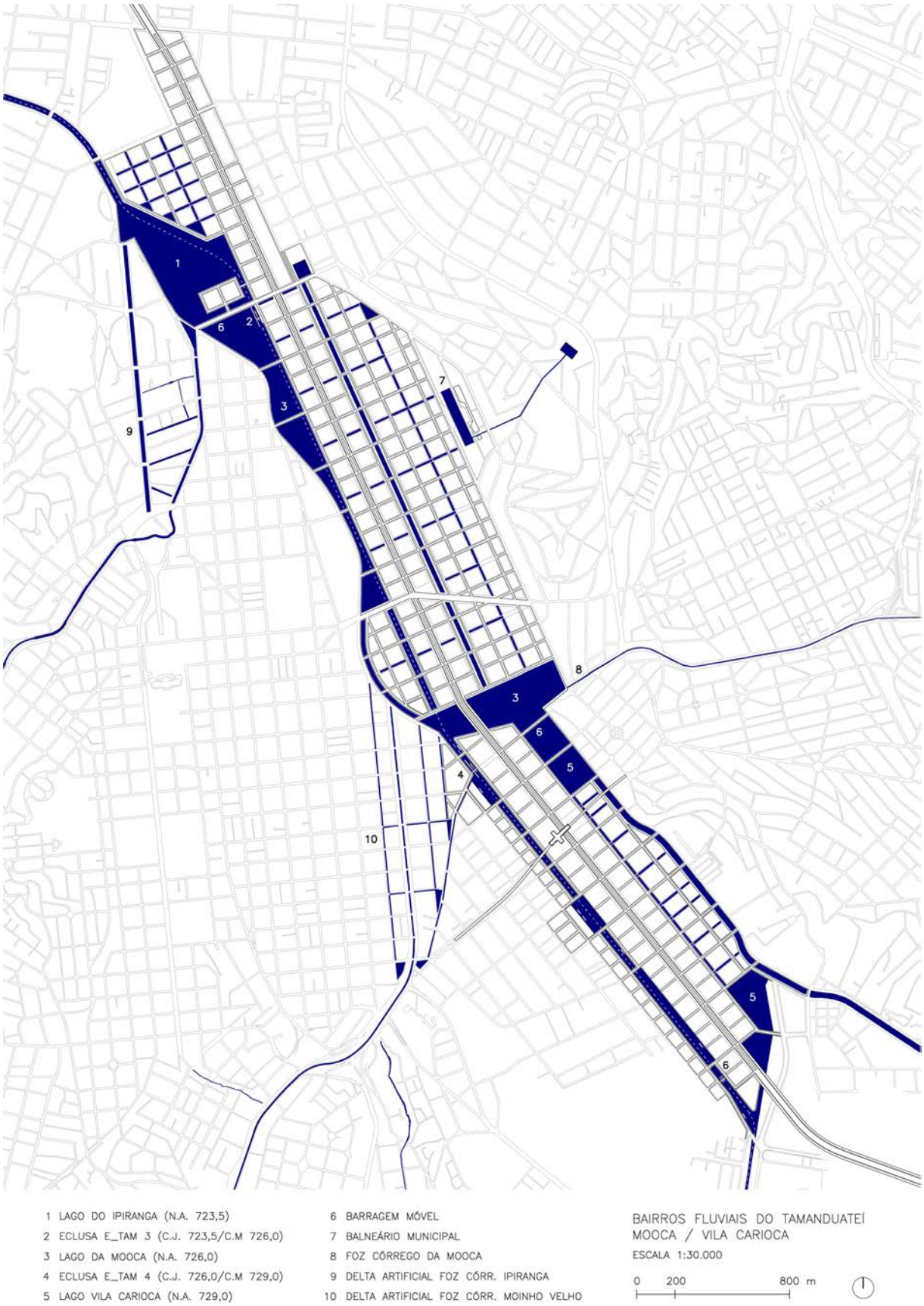


Fig. 268: Bairros Fluviais do Tamanduateí. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004) e do GMF.

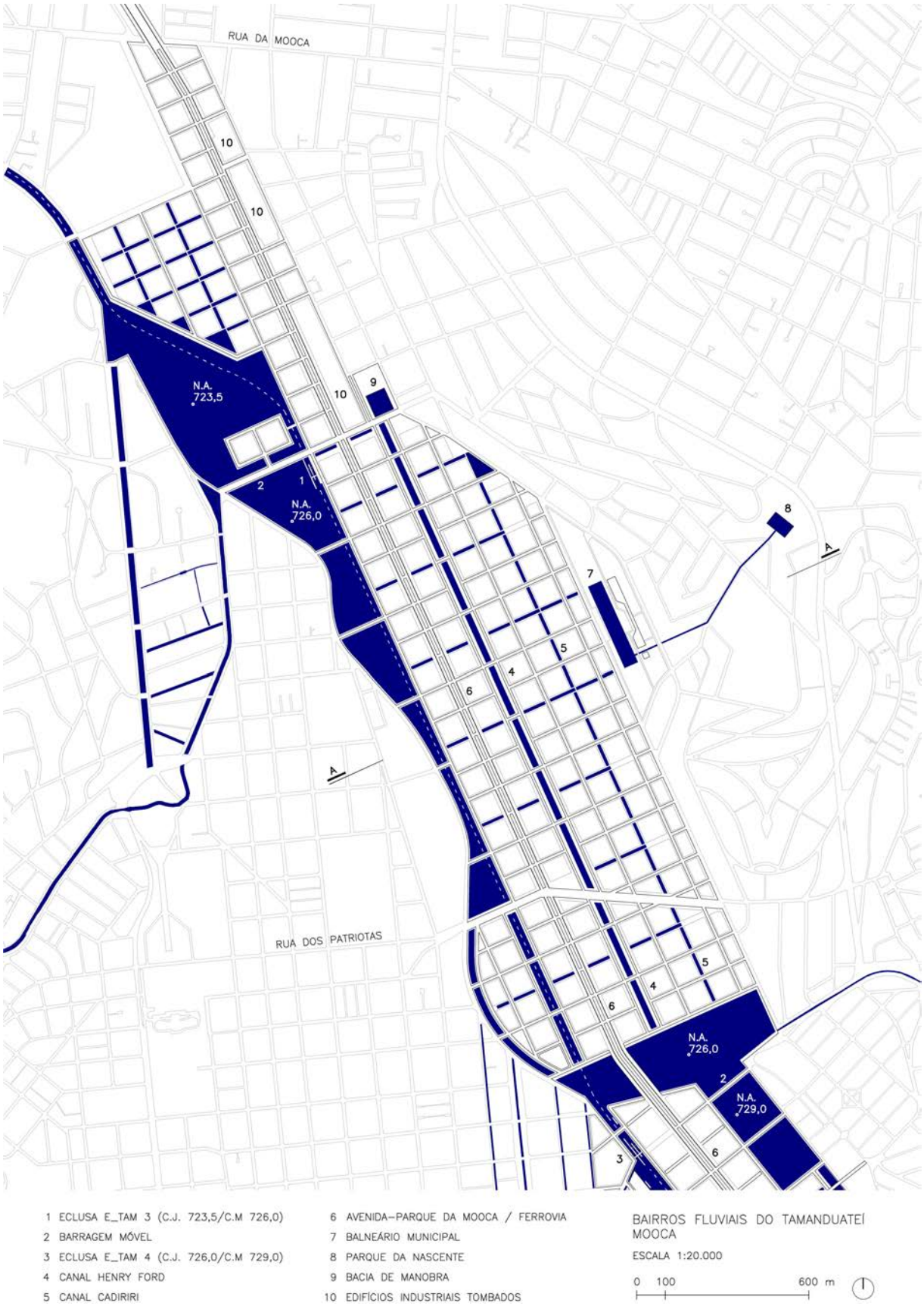


Fig. 269: Bairros Fluviais do Tamanduateí, no bairro da Mooca. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004) e do GMF.

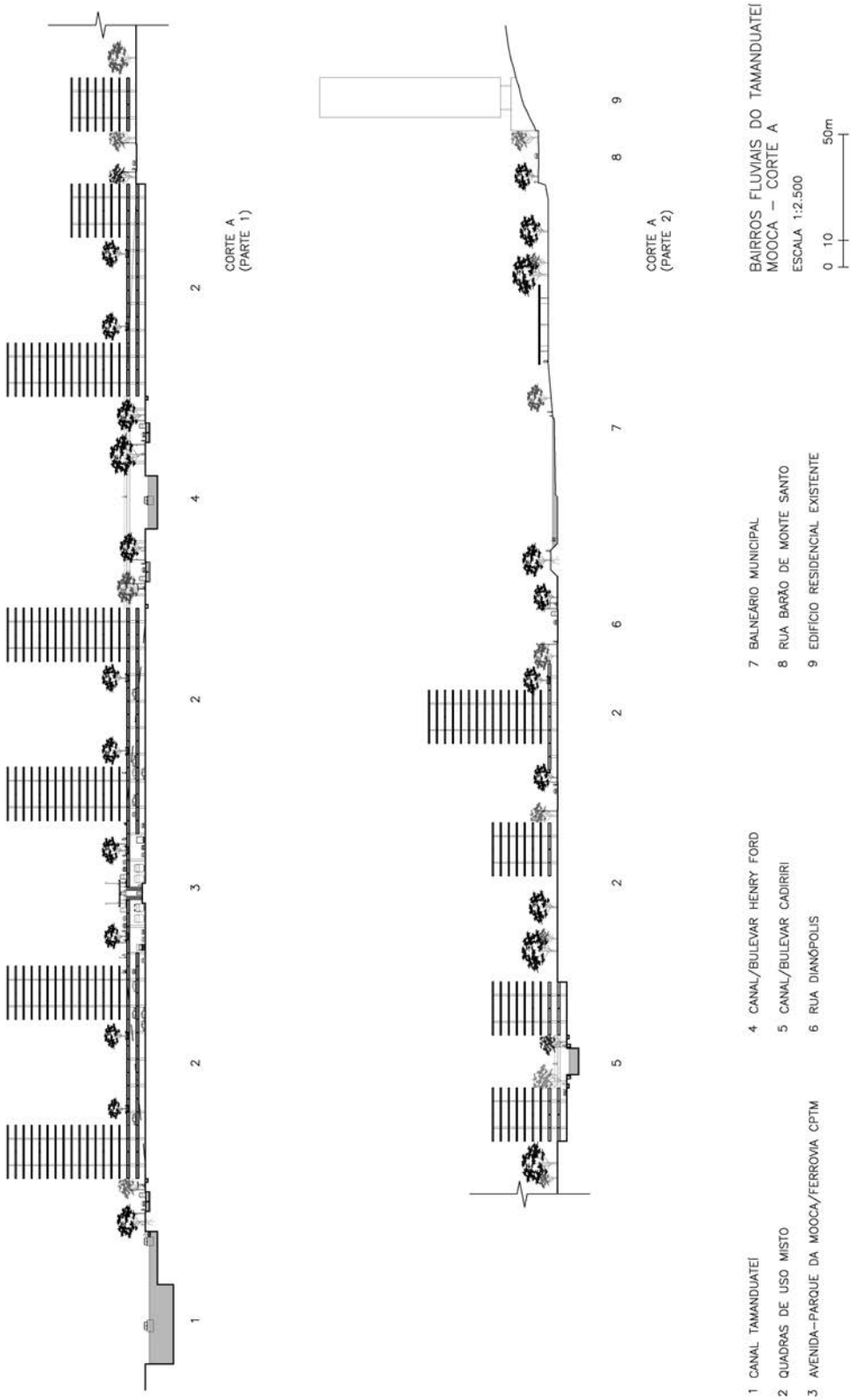


Fig. 270: Bairros Fluviais do Tamanduateí, corte A. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004) e do GMF.

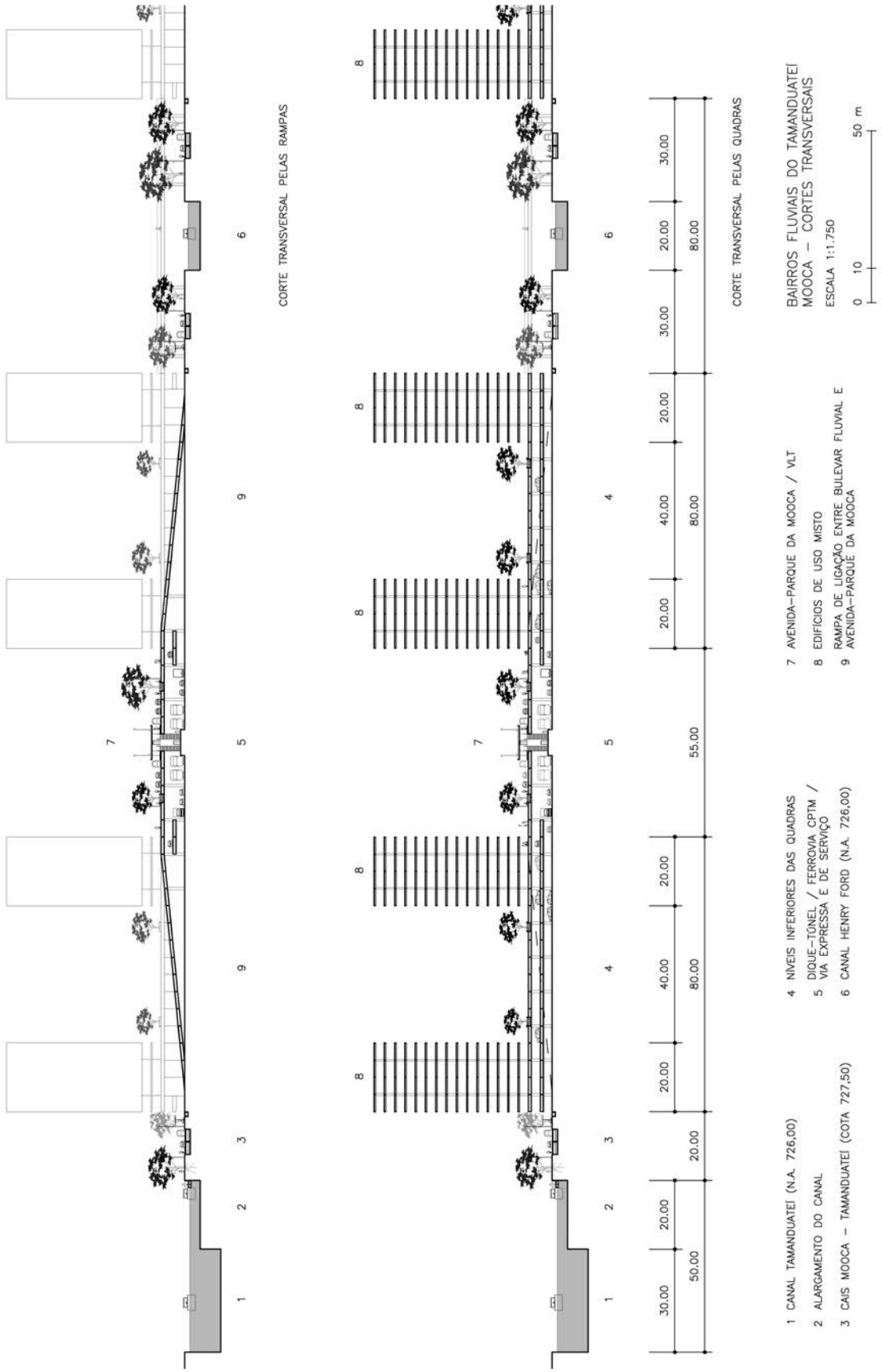


Fig. 271: Bairros Fluviais do Tamanduateí, cortes transversais pelas quadras e pelas rampas de ligação entre bulevar fluvial e avenida-parque da Mooca. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004) e do GMF.

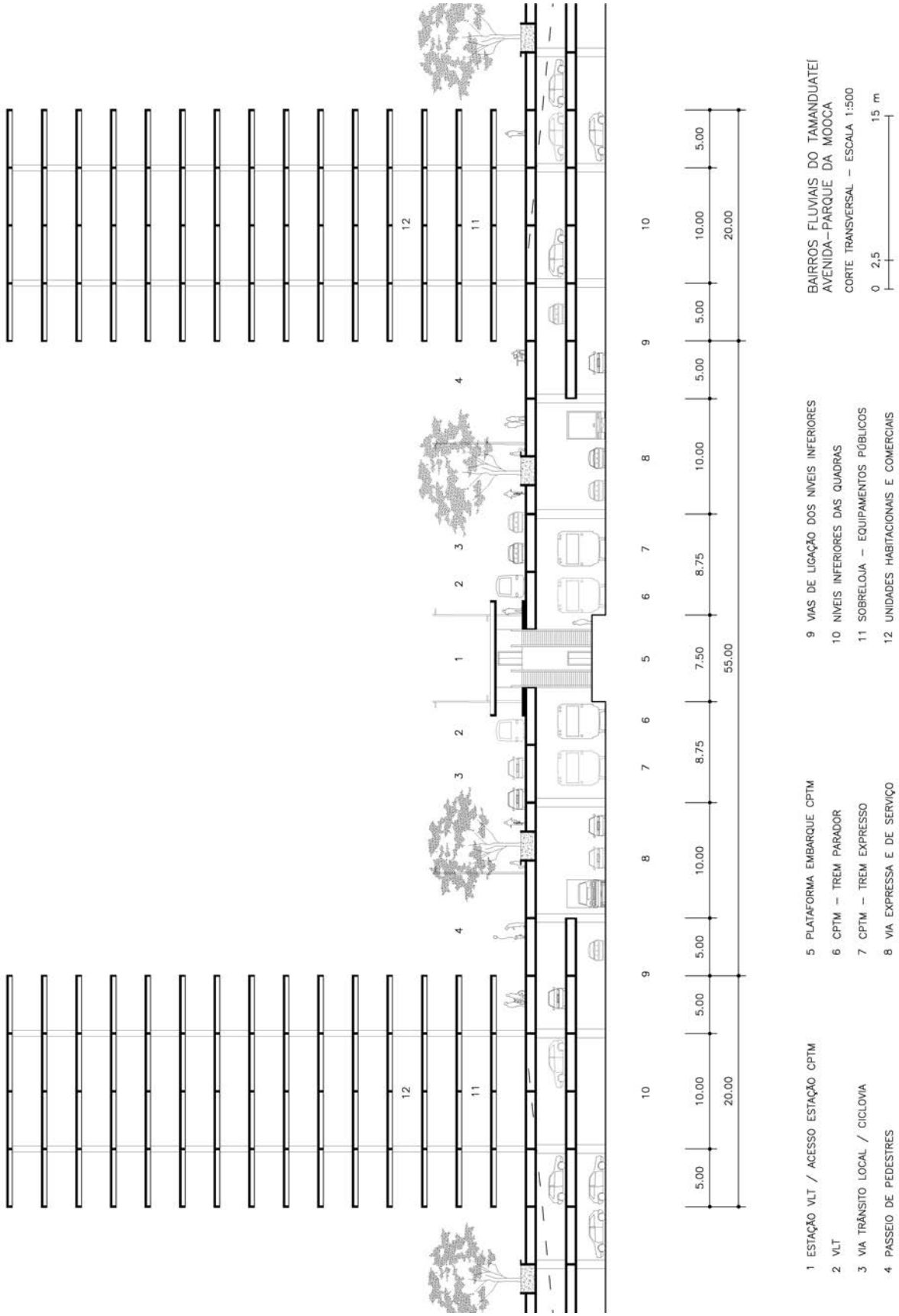


Fig. 272: Bairros Fluviais do Tamanduateí, corte transversal da avenida-parque da Mooca. Fonte: desenhado pelo autor.

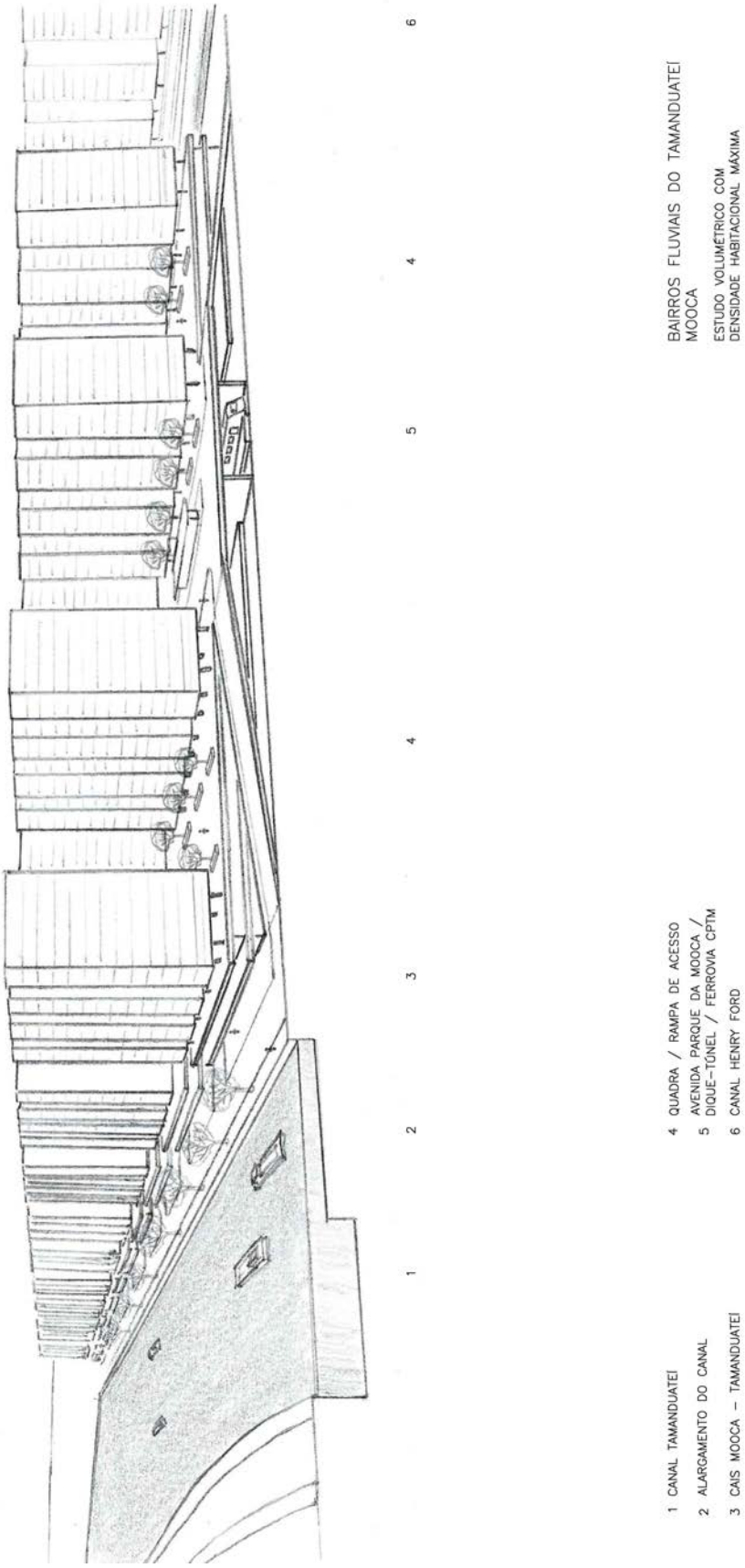


Fig. 273: Bairros Fluviais do Tamanduateí, no bairro da Mooca. Estudo volumétrico com coeficiente de aproveitamento máximo. Fonte: desenhado pelo autor.

Na disciplina AUP0156/AUP0160 da graduação da FAU USP, do primeiro semestre de 2016, que teve como tema os Bairros Fluviais do Tamanduateí, os alunos tiveram como exercício projetar uma quadra urbana que estaria localizada ao longo do bulevar elevado sobre a linha férrea. As quadras, com 80 por 80 m, deveriam abrigar até 120 unidades habitacionais e proporcionar o uso misto, bem como articular o desnível entre o novo térreo elevado e o bulevar à beira do canal. Os monitores da disciplina construíram um grande modelo físico no qual cada equipe de alunos deveria encaixar o modelo de seu projeto, e o resultado final revelou a diversidade de tipologias possíveis a partir dessa infraestrutura principal de rampas, bulevares e canais.

Fig. 274: Modelo físico dos Bairros Fluviais do Tamanduateí (acima), e inserção de quadras projetadas pelos alunos da AUP0160 (abaixo). Fonte: foto de Clara Troia (acima) e do autor (abaixo), maio de 2016.

3.2.2. Porto-canal Presidente Wilson e Plataforma Logística Urbana Vila Carioca

O canal Presidente Wilson, ao longo da avenida de mesmo nome, faria a conexão hidroviária entre o rio Tamanduateí e o ribeirão dos Meninos, desde o cruzamento com o viaduto Pacheco Chaves/rua dos Patriotas, até o ribeirão dos Meninos, junto à rua Attílio Bartalini, numa extensão de aproximadamente 3 km. Este desvio em relação ao traçado do canal existente se deve a dois motivos principais: o primeiro é o fato de que a montante do viaduto Pacheco Chaves o atual canal do Tamanduateí tem sua largura reduzida de 22 para 20 m, o que leva à restrições de cruzamento das embarcações[5]. O segundo motivo é a presença das duas pontes ferroviárias da EFSJ que cruzam o Tamanduateí, a primeira entre a foz do córrego Moinho Velho e do córrego da Mooca e a segunda no trecho final do ribeirão dos Meninos, que têm altura reduzida em relação ao nível d'água. Pelo percurso do canal existente seria necessário que as embarcações passassem sob essas duas pontes, enquanto navegando-se pelo canal Presidente Wilson tem-se acesso direto ao ribeirão dos Meninos.

No início do trecho linear do canal Presidente Wilson, no bairro Vila Carioca, haveria uma eclusa denominada E_TAM 4, que em conjunto com a barragem móvel a montante da foz do córrego da Mooca elevaria o nível d'água de 726,00 para 729,00. No final do canal Pres. Wilson, logo antes da confluência com o ribeirão dos Meninos, haveria uma barragem móvel que permaneceria aberta permitindo a livre passagem de embarcações, e que poderia eventualmente ser fechada em ocasiões de cheias excepcionais. Desta forma, seria possível o isolamento das águas do canal Pres. Wilson em relação às vazões da bacia do Tamanduateí, para não haver interferências à navegação e às atividades portuárias, e para que o canal pudesse servir como local de resguardo para as embarcações. Mesmo assim, haveria a possibilidade de uma variação de até 0,5 m em seu nível d'água, permitindo amortizar um volume de cerca de 37 mil m³ de águas pluviais proveniente das áreas ao redor do canal.

Ao longo do bairro Vila Carioca, o canal Presidente Wilson seria um grande porto linear com 2,5 km de extensão, onde estariam localizados o Transporto Vila Carioca, Ecoportos e Portos Turísticos, e onde seria implantada a Plataforma Logística Urbana (PLU) Vila Carioca[6], com acesso aos modais ferroviário, rodoviário e hidroviário. O canal seria construído com 30 m de

---

[5] Vide subcapítulo 1.2 em relação às seções transversais do atual canal do Tamanduateí, e subcapítulo 3.1 em relação às larguras mínimas par cruzamento de embarcações.

[6] Vide subcapítulo 2.1, sobre o novo sistema logístico de cargas previsto para a Macrometrópole Paulista no PDLT 2030.

largura, permitindo o cruzamento de BUCs M5, com 4,50 m de boca, mesmo com embarcações atracadas nas duas margens do canal. As estruturas portuárias, assim como os pátios de trens da região, estariam no nível do solo, sob a laje do novo térreo, com pé direito mínimo de 6 m[7]. Em frente às estruturas portuárias o canal seria alargado para permitir a manobra de embarcações.

O porto-canal Presidente Wilson seria assim o centro da vida urbana do bairro, com intensa movimentação de barcos devido às atividades portuárias, ao mesmo tempo que serviria como local de lazer e contemplação para os moradores do bairro. No nível superior, ao longo do bulevar central sobre a linha do trem, os quarteirões se desenvolveriam com edifícios residenciais, comerciais e equipamentos públicos, aproveitando a infraestrutura de transporte existente, com acesso direto ao centro da cidade através da linha 10 da CPTM e à av. Paulista através da linha 2 do metrô.

Importante ressaltar que, ao cruzar o vale do Tamanduateí, a linha 2 do metrô vem à superfície, passando a ser uma estrutura elevada em relação ao solo em um trecho de 1,2 km. No ponto em que ela cruza com a linha 10 da CPTM, a base da estrutura que sustenta os trilhos do metrô está elevada cerca de 12,3 m em relação ao nível da linha férrea abaixo[8]. Desta forma, imaginando que o bulevar central que cobriria a ferrovia estaria elevado 7 m acima do solo, haveria ainda 5,3 m livres entre este nível elevado e a base da estrutura do metrô, o que a princípio torna compatível a coexistência das duas estruturas. Seria necessário, porém, algumas modificações na estação Tamanduateí em relação à integração entre metrô e CPTM. A longo prazo, seria desejável o enterramento da linha de metrô.

Os Bairros Fluviais do Tamanduateí demonstram a potencialidade da reestruturação dos principais vales de São Paulo a partir dos canais e lagos navegáveis, e da multiplicação dos níveis da cidade para aproveitamento máximo da infraestrutura instalada. Salienta-se que mesmo sendo uma área interna ao município de São Paulo, seria necessária uma nova forma de gestão que abarcasse a bacia hidrográfica do Tamanduateí como um todo, uma vez que o sistema de lagos e canais propostos funciona de maneira integrada ao Canal Billings-Tamanduateí e às ações extensivas de retenção e melhoria da qualidade das águas nas sub-bacias dos afluentes.

---

[7] No trecho onde seria instalada a Plataforma Logística Urbana Vila Carioca o novo térreo estaria elevado 10,5 m em relação ao nível do solo, criando um pé-direito de 9,5 m no nível inferior, o que possibilitaria o tráfego de trens de carga com contêineres em 'double stack', ou seja, dois contêineres empilhados um sobre o outro.

[8] Segundo desenhos do projeto da estação Tamanduateí do metrô disponíveis em < https://www.archdaily.com.br/br/792123/estacao-tamanduatei-luiz-esteves-arquitetura>. Acesso em 15/01/2018.

Fig. 275: Bairros Fluviais do Tamanduateí, no bairro Vila Carioca. Planta do nível superior. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004) e do GMF.

Fig. 276: Bairros Fluviais do Tamanduateí, no bairro Vila Carioca. Planta do nível inferior. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004) e do GMF. Pátios de trens desenhados a partir dos EIA/RIMA dos projetos.

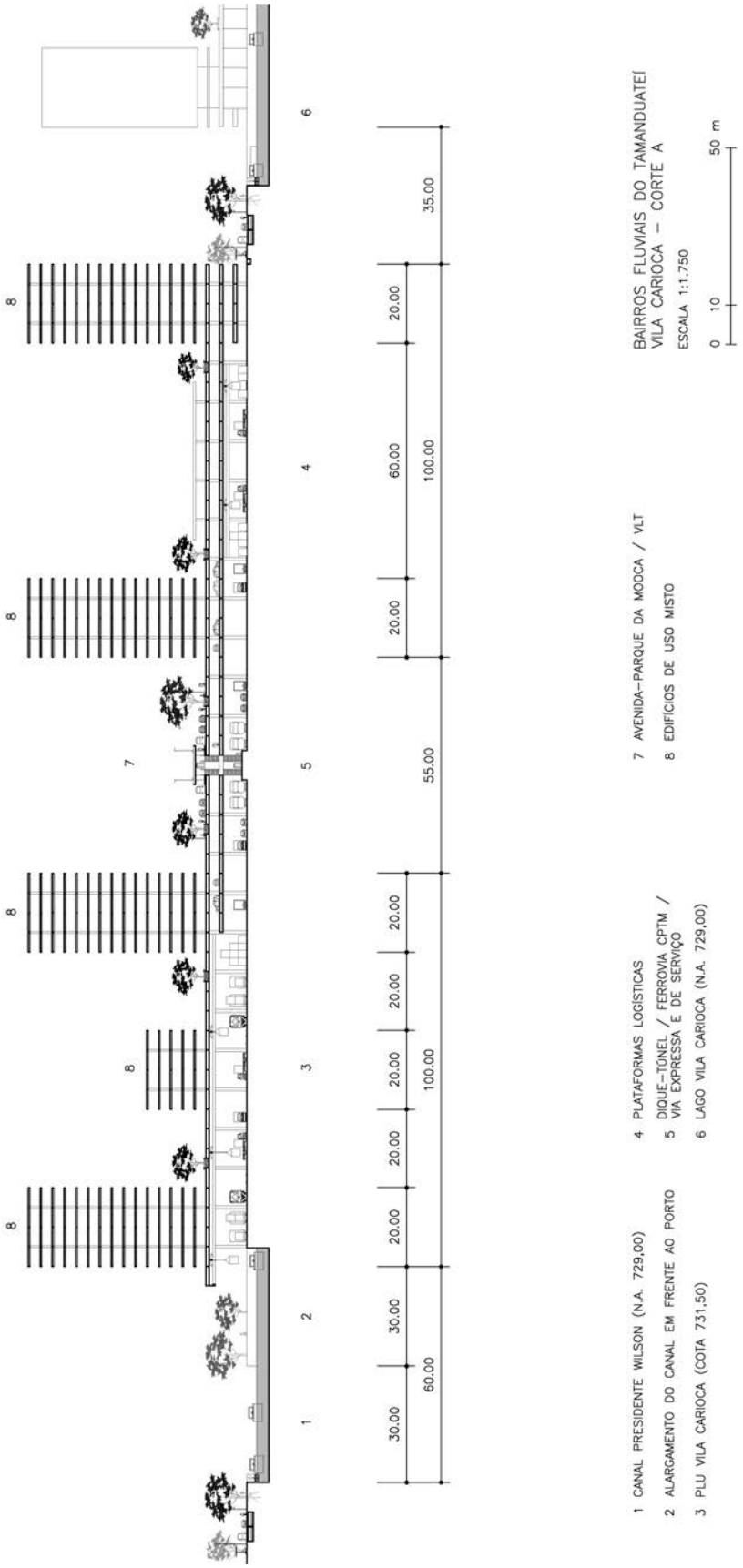


Fig. 277: Bairros Fluviais do Tamanduateí, no bairro Vila Carioca. Corte transversal A. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base do MDC (2004).

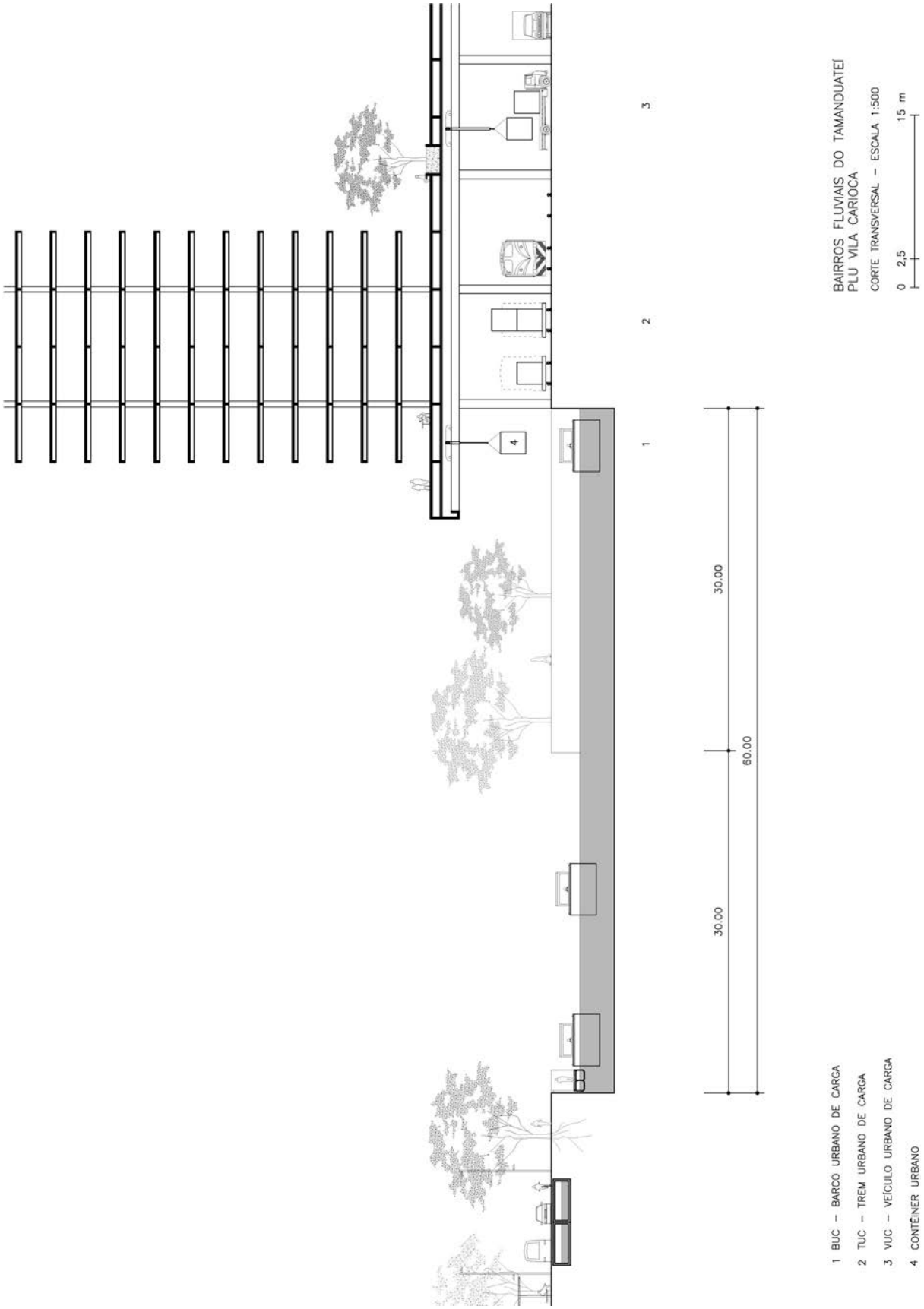


Fig. 278: Corte transversal da Plataforma Logística Urbana Vila Carioca. Fonte: desenhado pelo autor.

3.3. Bairros fluviais do Moinho Velho

Para um efetivo controle das vazões e qualidade das águas na bacia hidrográfica do Tamanduateí é essencial adotarmos uma visão integrada da bacia hidrográfica, com ações tanto nos rios de maior porte como nas sub-bacias de seus afluentes. Desta forma, aliado às intervenções propostas ao longo do canal Billings-Tamanduateí, com a construção de barragens móveis, eclusas, lagos navegáveis e deltas artificias, devem ser aplicadas medidas de menor porte visando a retenção, infiltração, controle de poluição e reuso das águas nas demais áreas da bacia. Como estudo de caso para o ensaio da aplicação dessas medidas foi escolhida a sub-bacia hidrográfica do córrego Moinho Velho, afluente do Tamanduateí, imaginando que as ações propostas se repetiriam nas sub-bacias dos demais afluentes.

Optou-se pelo foco no córrego Moinho Velho pelos seguintes motivos: por ele ser um córrego totalmente inserido dentro do município de São Paulo, possibilitando o acesso a um amplo banco de dados para a ação projetual e também facilitando uma possível elaboração de um plano de drenagem; por ele ter ao longo de seu percurso e de seus afluentes diferentes tipos de ocupação das margens, incluindo situações urbanas pouco consolidadas que em breve sofrerão intervenção para instalação de coletores tronco; e por existir uma urgência na solução de problemas de inundação, devido à alagamentos constantes principalmente na foz do córrego Sacomã, principal afluente do Moinho Velho[1].

Mesmo com a inauguração do piscinão Guamiranga, o maior da cidade, com capacidade para 850 milhões de litros d'água, localizado no rio Tamanduateí próximo à foz dos córregos da Mooca e Moinho Velho, vê-se que o problema das enchentes na região não foi resolvido. Por esse motivo, no Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tiete (PDMAT 3) são previstos diversos novos piscinões nos afluentes do Tamanduateí inferior, incluindo três piscinões na bacia do Moinho Velho (DAEE, 2014). Porém, como já comentamos anteriormente, tratam-se de estruturas com eficiência questionável por não promoverem o uso múltiplo das águas e pelo alto custo de construção e manutenção.

[1] Em forte chuva no dia 24/02/2017 a região sofreu novamente com inúmeros pontos de enchente, resultando em perdas materiais e humanas. Segundo a Polícia Militar (PM) e o Corpo de Bombeiros, uma idosa, uma mulher e um motociclista morreram em decorrência da chuva que alagou ruas e inundou casas junto ao córrego Sacomã. Fonte: reportagem de 25/02/2017 disponível em <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/apos-alagamento-na-zona-leste-doria-culpa-mau-funcionamento-de-piscinao.ghtml>.

A bacia do córrego Moinho Velho está inserida na prefeitura regional do Ipiranga e possui população estimada em 138 mil habitantes, segundo censo demográfico do IBGE de 2010. A área da bacia é de 11,2 km², e o comprimento do córrego é de aproximadamente 6,5 km. No trecho próximo à sua foz, com 1,4 km de extensão, o córrego está em canal aberto, entre as pistas da rua das Juntas Provisórias, tendo em sua margem esquerda o 'Expresso Tiradentes'. A montante do terminal Sacomã o córrego é canalizado em galeria fechada por cerca de 3 km, sob o canteiro central da av. Pres. Tancredo Neves. Já em seu trecho inicial, com extensão de 2,1 km, o córrego está aberto e sem canalização, com construções quase sobre as águas e sem coleta de esgotos. O córrego Sacomã, seu principal afluente, está em galeria fechada sob a rua Alencar Araripe, com exceção do trecho próximo à sua foz, com canalização aberta.

A rua das Juntas Provisórias e a av. Pres. Tancredo Neves têm tráfego intenso de veículos, fazendo parte de um anel viário que conecta a av. do Estado, a av. dos Bandeirantes e a marginal Pinheiros. Nos terrenos ao longo das avenidas predominam galpões, concessionárias de veículos e supermercados, com baixa densidade habitacional. Para além das avenidas, os bairros têm predomínio de residências unifamiliares, com poucos prédios. Praticamente todos os cursos d'água da bacia estão em galerias fechadas, com exceção do trecho inicial e final do Moinho Velho e do trecho final do córrego Sacomã.

Em uma análise inicial dos afluentes do córrego Moinho Velho e da planialtimetria de sua bacia, foi possível identificar 9 microbacias, sendo 8 microbacias definidas pela área de drenagem de seus afluentes e 1 definida pela área de drenagem do trecho inicial do córrego, desde suas nascentes até a confluência com seu primeiro afluente significativo, no encontro com a av. Pres. Tancredo Neves. Esta bacia de cabeceira foi denominada 'Microbacia do Alto Moinho Velho', e será objeto de um estudo mais detalhado a ser apresentado na parte final deste subcapítulo.

Analisando os mapas de 1930 da Sara Brasil[2], é possível observar que nesta época a ocupação na bacia do córrego Moinho Velho ainda era rarefeita, se concentrando no bairro do Ipiranga e em algumas vilas dispersas. É notável a presença de lagos ao longo do córrego, sendo um no local onde hoje está instalado o Terminal Sacomã, que era formado por uma barragem na rua Bom Pastor, e outro que era formado por uma barragem na rua Vergueiro, onde hoje existe uma escola (figs. 282 e 288).

---

[2] 'Mappa Topographico do Municipio de São Paulo' executado pela empresa SARA BRASIL em 1930, disponível em CESAD < www.cesadweb.fau.usp.br>.

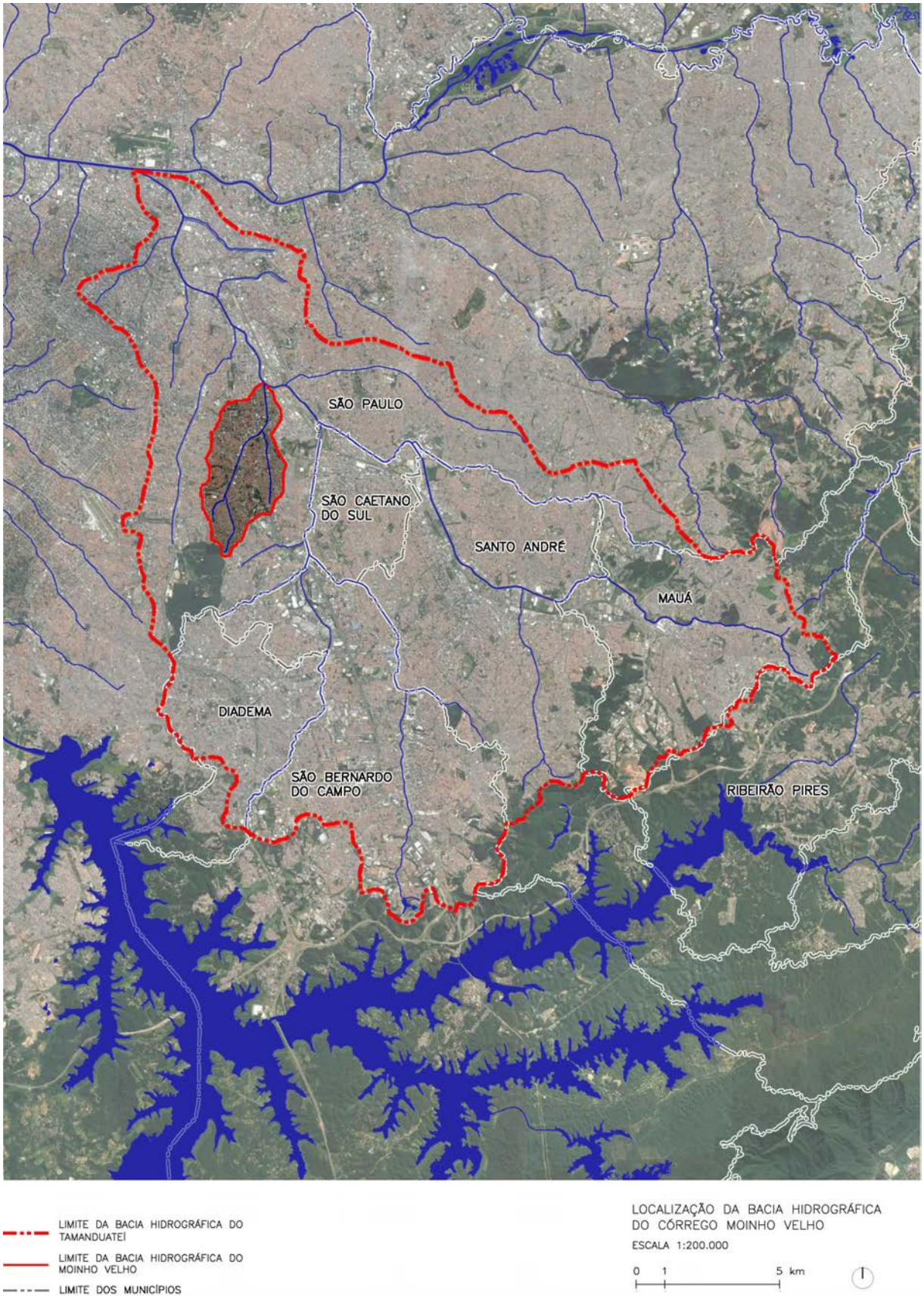


Fig. 279: Localização da sub-bacia hidrográfica do córrego Moinho Velho na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica da EMPLASA (rios, limites de municípios e bacia do Tamanduateí) e de imagem de satélite do Google Earth de 2017.

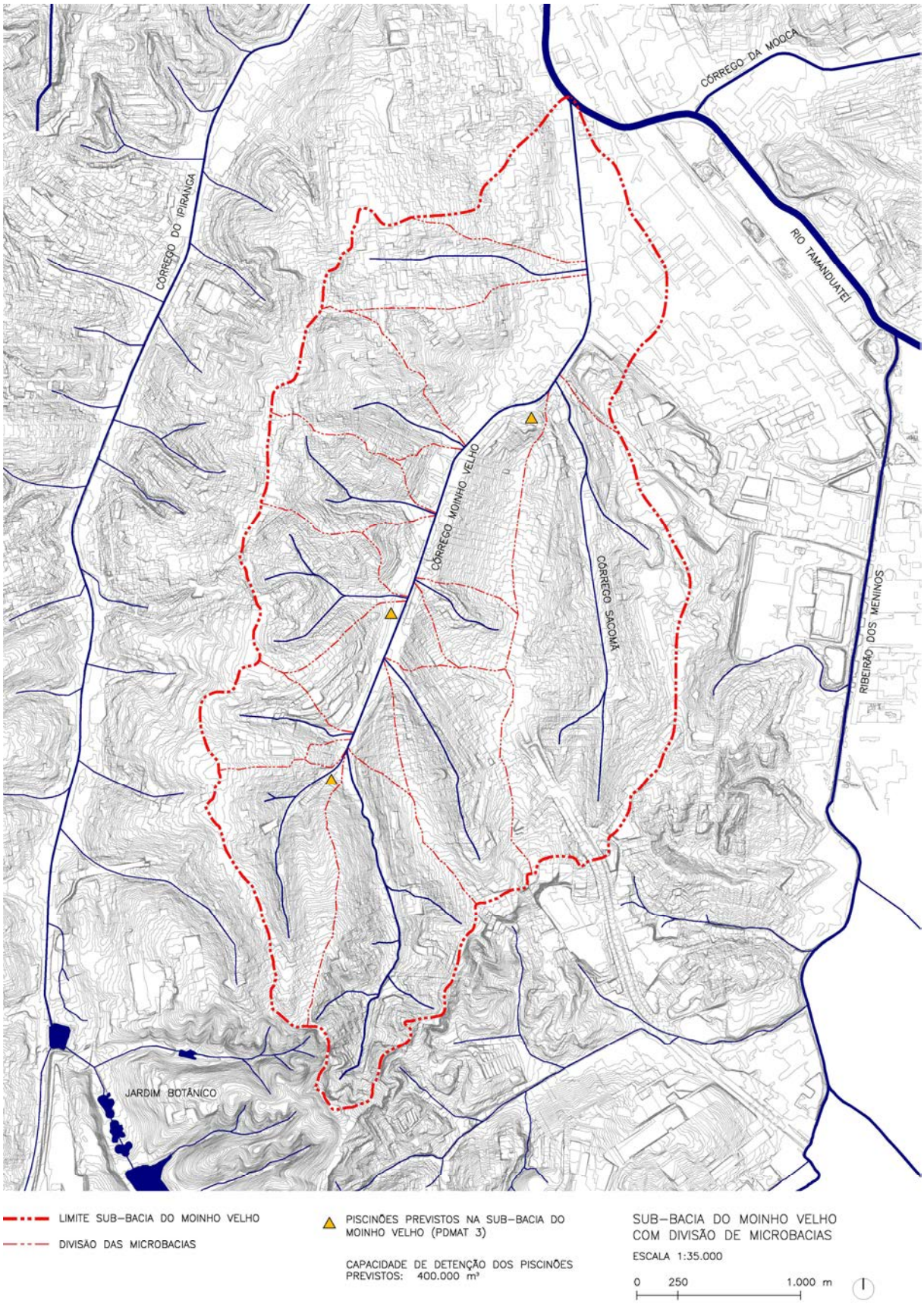


Fig. 280: Mapa da bacia do córrego Moinho Velho com delimitação de microbacias. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004. Limite das microbacias desenhado pelo autor a partir da altimetria da base indicada.

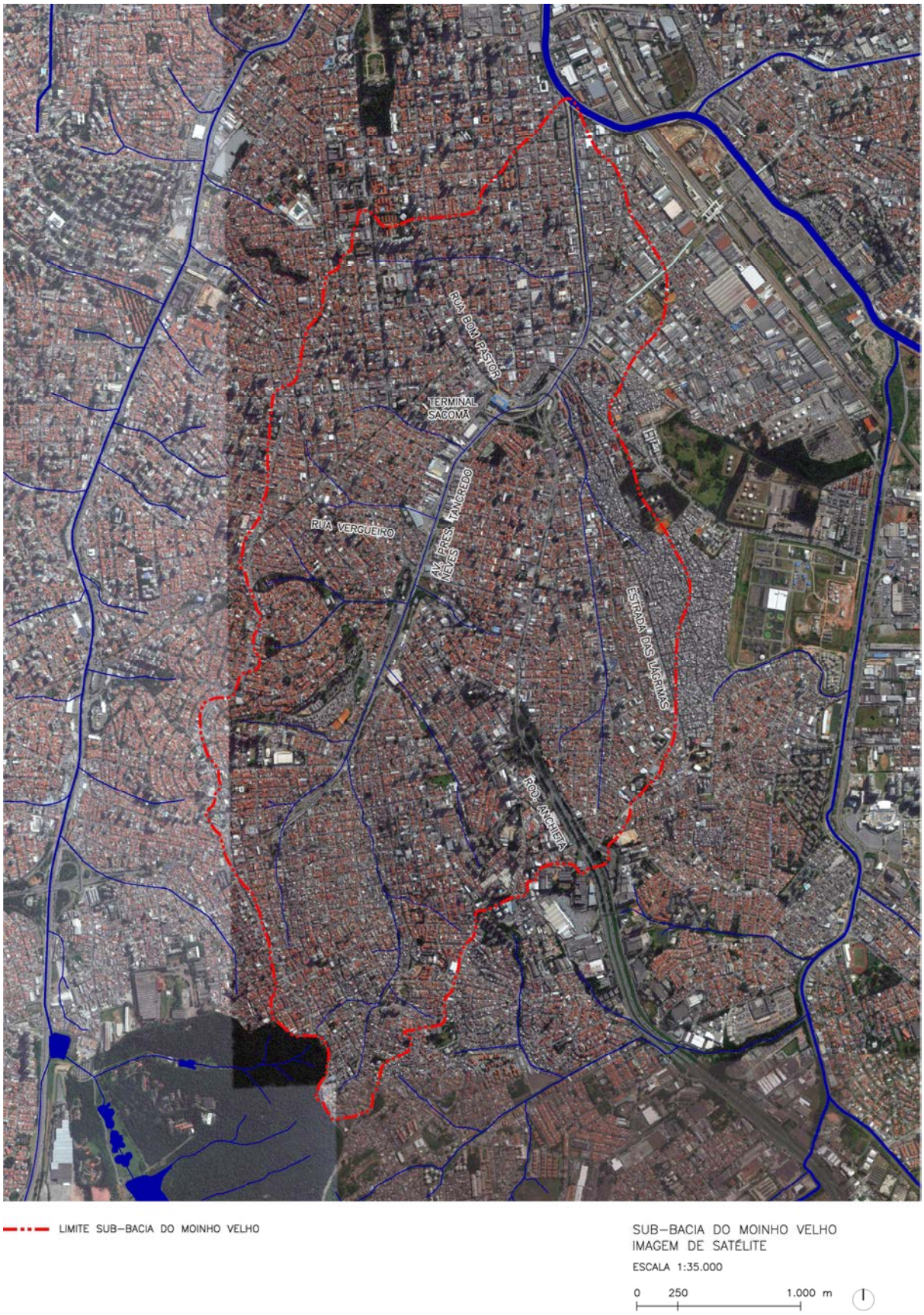
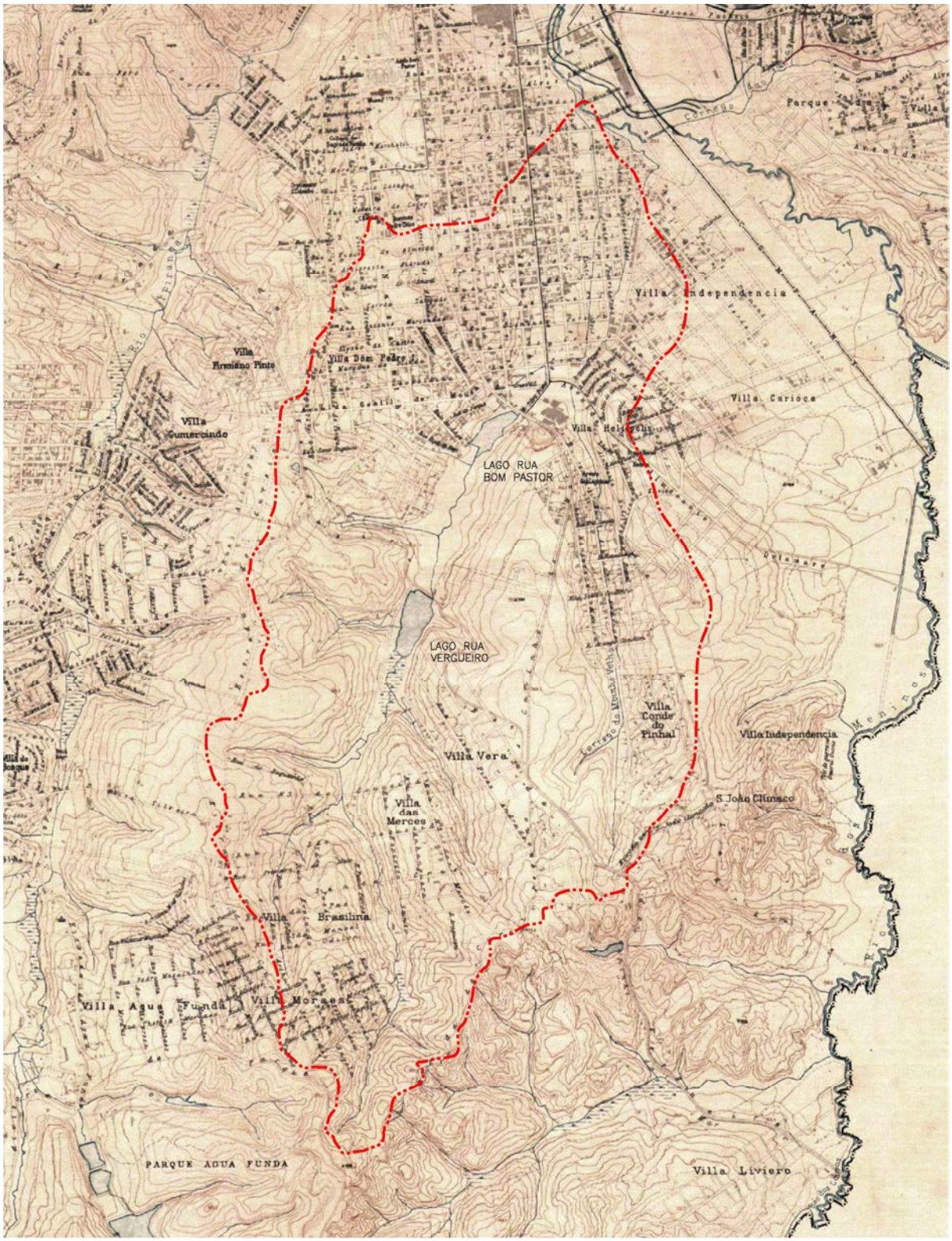


Fig. 281: Ocupação urbana na bacia do córrego Moinho Velho. Fonte: elaborado pelo autor a partir de imagem de satélite do Google Earth de 2017.



LIMITE SUB–BACIA DO MOINHO VELHO

SUB–BACIA DO MOINHO VELHO
MAPA SARA BRASIL DE 1930

ESCALA 1:35.000

0 250 1.000 m

Fig. 282: Situação da bacia do córrego Moinho Velho em 1930. Destaque para os lagos ao longo do curso do córrego. Fonte: 'Mappa Topographico do Municipio de São Paulo' executado pela empresa SARA BRASIL em 1930, disponível em CESAD < www.cesadweb.fau.usp.br>.

Fig. 283: Trecho inicial do córrego Moinho Velho, na 'Microbacia do Alto Moinho Velho'. Tecido urbano pouco consolidado na orla fluvial. Fonte: foto do autor, novembro de 2016.

Fig. 284: Trecho inicial do córrego Moinho Velho, na 'Microbacia do Alto Moinho Velho'. Construções próximas às águas e esgoto sem coleta. Fonte: foto do autor, novembro de 2016.

Fig. 285: Av. Pres. Tancredo Neves, ao longo da qual o córrego do Moinho Velho está em galeria fechada sob o canteiro central. Fonte: foto do autor, novembro de 2016.

Fig. 286: Trecho final do córrego Moinho Velho, com canalização aberta, ao longo da rua das Juntas Provisórias e da estrutura do 'Expresso Tiradentes'. Fonte: foto do autor, novembro de 2016.

Fig. 287: Trecho final do córrego Sacomã. Fonte: foto do autor, novembro de 2016.

Fig. 288: Foto de 1928, mostrando lago do córrego Moinho Velho onde hoje está instalado o Terminal Sacomã. Fonte: Clube Atlético Ypiranga.

3.3.1. Parques fluviais do Moinho Velho

Como vimos no primeiro capítulo, o processo de ocupação urbana da Região Metropolitana de São Paulo causou inúmeras modificações no sistema hidrológico das bacias dos rios e córregos. Ao impermeabilizarmos e ocuparmos topos de morro, colinas e áreas de várzea, foi necessária a adoção de medidas para compensar a falta das áreas naturais de infiltração e acúmulo das águas das chuvas. Na RMSP, tais medidas agem sobretudo minimizando os impactos causados pela urbanização, através de canalizações em valas profundas que permitem o rápido escoamento das águas e o aumento do nível d'água nas cheias, e, a partir da década de 1990, com medidas de retenção das águas em grandes reservatórios, os piscinões. Esse padrão de urbanização é aplicado sobretudo na bacia hidrográfica do Tamanduateí, considerada a mais complexa da RMSP pela sua grande área de drenagem e por estar inserida em área totalmente urbanizada, apresentando alto grau de impermeabilização do solo. Isso, aliado à ausência de tratamento da poluição difusa carregada pelas chuvas, e ao despejo de parte do esgoto residencial e industrial diretamente nos cursos d'água, faz com que os rios da bacia sejam completamente segregados da vida urbana.

Seguindo esse padrão, são previstos 3 novos piscinões ocupando as escassas áreas livres da bacia do Moinho Velho, visando a eliminação de pontos de inundação com a detenção de 400 mil m³ de água, novamente escondidos da vista das pessoas. Como alternativa, defende-se a adoção de medidas de controle de vazões e de poluição que permitam o uso múltiplo das águas, servindo ao lazer, à navegação, e também à produção de água para abastecimento da população. Aliado ao sistema de lagos navegáveis, canais laterais e deltas artificiais da planície do rio Tamanduateí, que estaria diretamente ligado ao transporte hidroviário, defende-se a ramificação de parques fluviais e lagoas de retenção ao longo das sub-bacias afluentes. No caso da sub-bacia do córrego Moinho Velho, isso significaria a reconstrução das orlas fluviais como principal logradouro público dos bairros, preservando o espaço das águas.

Os parques fluviais ao longo dos córregos abrigariam os lagos das nascentes, das confluências e da foz[3], todos com lâmina d'água permanente e possibilidade de variação de nível entre 1 e 1,5 m, permitindo a retenção de cerca de 450 mil m³ de água durante as chuvas. Ao longo dos parques lineares seria incentivado o adensamento urbano, compensando as desapropriações que seriam necessárias. A av. Pres. Tancredo Neves abrigaria praças d'água com cerca de 40 m de largura, sendo a coluna vertebral dos parques fluviais dos afluentes do Moinho Velho (fig. 289).

[3] Vide subcapítulo 2.3 sobre conceitos da cidade fluvial.

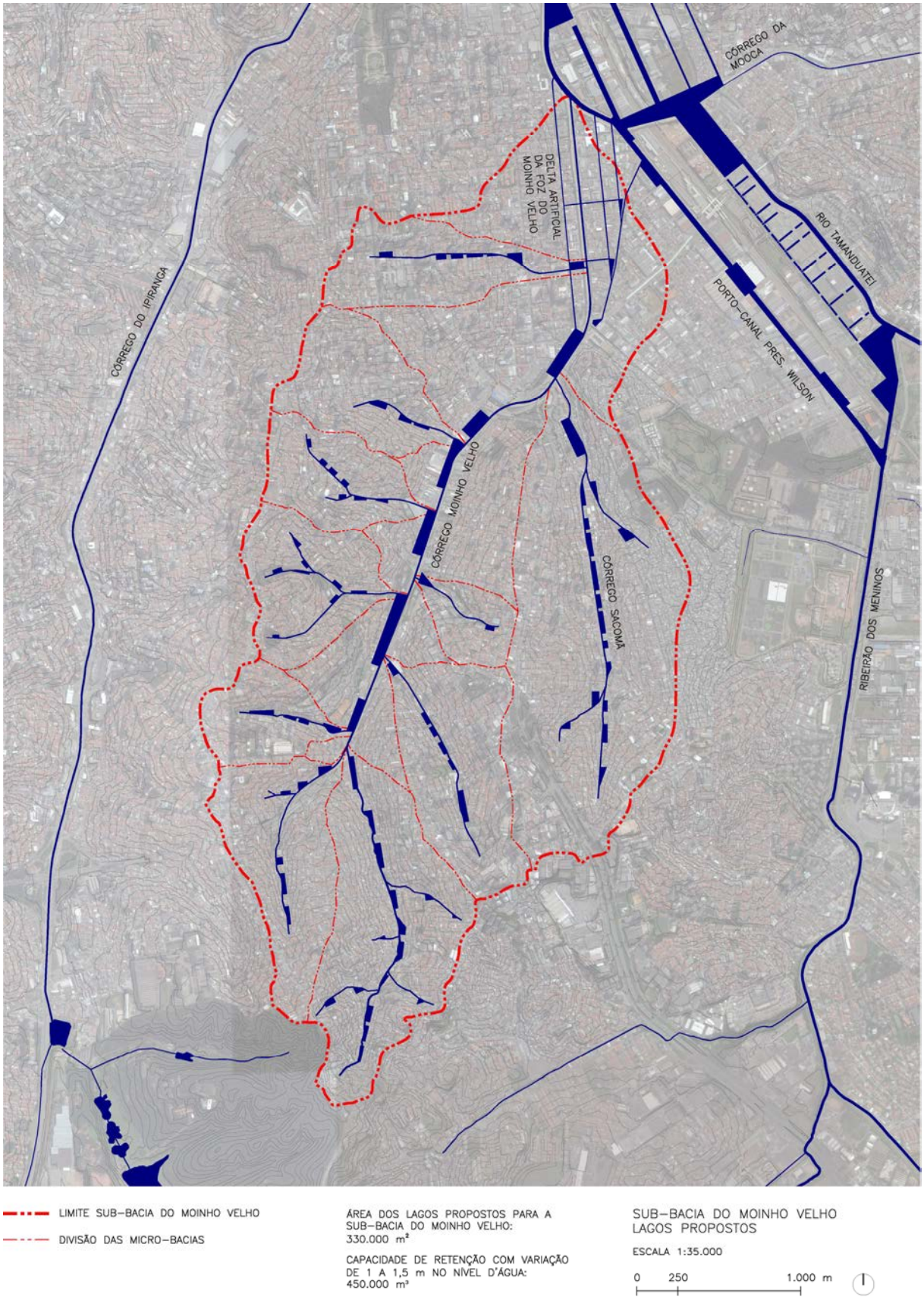


Fig. 289: Mapa da bacia do córrego Moinho Velho com proposta de sistema de lagoas de retenção ao longo de parques fluviais. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004, e imagem de satélite do Google Earth de 2017.

3.3.2. Microbacia do Alto Moinho Velho

As microbacias hidrográficas podem ser definidas pela área drenada por córregos de primeira ordem, que são córregos junto às nascentes, com extensão de até 2 km. No caso da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, um córrego de primeira ordem geralmente é afluente do afluente do afluente, como por exemplo o Alto Moinho Velho, que pode ser considerado um afluente do próprio Moinho Velho, que é afluente do Tamanduateí, que por sua vez é afluente do Tietê, o rio principal.

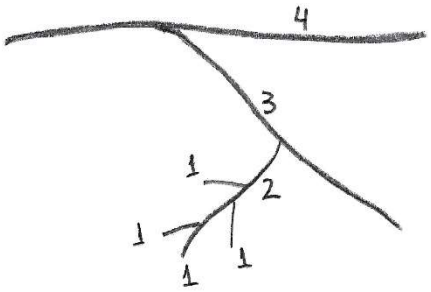


Fig. 290: Esquema mostrando córregos de primeira ordem (1), que são afluentes do córrego Moinho Velho (2), que é afluente do Tamanduateí (3) que por sua vez é afluente do Tietê (4). Fonte: desenhado pelo autor.

Para além de uma pequena bacia hidrográfica, a microbacia deve configurar-se como a unidade mínima de planejamento e gerenciamento dentro de uma desejável gestão integrada das águas urbanas. Sem deixar de lado a visão geral e sistêmica da bacia hidrográfica onde se insere, é possível na microbacia o planejamento de medidas para melhoria das infraestruturas urbanas com um número reduzido de variáveis, para melhor adaptá-las à geomorfologia do local, bem como associá-las a ações de conscientização da população e fortalecimento da comunidade. Dessa forma, um dos elementos fundamentais das microbacias são os centros de educação ambiental, que por um lado contribuem para a manutenção das infraestruturas urbanas e por outro auxiliam na construção das infraestruturas das mentalidades, criando uma nova relação entre as pessoas e as águas urbanas.

Como ensaio projetual na escala da microbacia optou-se pelo foco na 'microbacia do Alto Moinho Velho', que abrange o trecho inicial do córrego Moinho Velho, com 2,1 km de comprimento, drenando uma área de 1,26 km² com população estimada em 15.707 habitantes[4]. Diferente das demais microbacias, ainda não há um tecido urbano consolidado ao longo da orla

[4] População estimada calculada a partir da densidade demográfica da prefeitura regional do Ipiranga, de 12.368 hab/km². Fonte: censo demográfico de 2010 do IBGE.

fluvial, existindo casas próximas às águas e segmentos de ruas não pavimentadas, sendo o esgoto lançado diretamente no córrego. Nos planos da SABESP está prevista para os próximos anos a construção de coletores tronco ao longo do trecho inicial do córrego Moinho Velho, como parte das obras da 3ª etapa do 'Projeto Tietê'[5], de forma que a região sofrerá intervenções a curto prazo na orla fluvial, com provável desapropriação das casas junto ao córrego.

A microbacia faz divisa com a bacia do córrego Ipiranga, que tem suas nascentes preservadas dentro do Parque do Estado / Jardim Botânico. Apesar da proximidade com esse grande parque, a microbacia do Alto Moinho Velho é completamente urbanizada, com alto índice de impermeabilização do solo, tendo todas as suas nascentes enterradas em galerias. A ocupação urbana é predominantemente de residências unifamiliares, com alguns poucos conjuntos de edifícios residenciais. Os equipamentos públicos existentes se resumem a escolas municipais e uma UBS, existindo também uma unidade do SESI (fig. 293).

O novo zoneamento estabelecido pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS), de 2016, identifica como zonas de qualificação as avenidas nos divisores de bacia, onde é incentivado o adensamento populacional moderado, e como zona de transformação a orla do Moinho Velho ao longo da av. Tancredo Neves, onde é incentivado o adensamento construtivo e populacional. O interior da Microbacia do Alto Moinho Velho, salvo alguns quarteirões de ocupação informal identificados como ZEIS, não apresenta diretrizes de qualificação, transformação ou preservação, o que denota uma falta de interesse na preservação da rede hídrica do bairro (fig. 294).

Quanto à geologia do terreno, a carta geotécnica identifica ao longo do córrego Moinho Velho uma faixa de planície aluvial, e no restante da microbacia três tipos de solo: 'sedimento terciário' na porção inferior da microbacia, 'gnaisse' na porção intermediária e 'maciço misto' na porção superior, onde localizam-se as nascentes (fig. 295).

Na análise da planialtimetria e da hidrografia da microbacia foram identificados 12 pontos notáveis: a nascente do córrego Moinho Velho; as nascentes de 5 pequenos afluentes; as confluências desses 5 pequenos afluentes com o Moinho Velho ou entre si; e a confluência do Moinho Velho com seu primeiro afluente de maior porte, que pode ser considerada a 'foz' do Alto Moinho Velho, ponto final da microbacia (fig. 292).

---

[5] Informações de outubro de 2017 disponibilizadas pelo DEINFO-SMUL, da Prefeitura do Município de São Paulo.

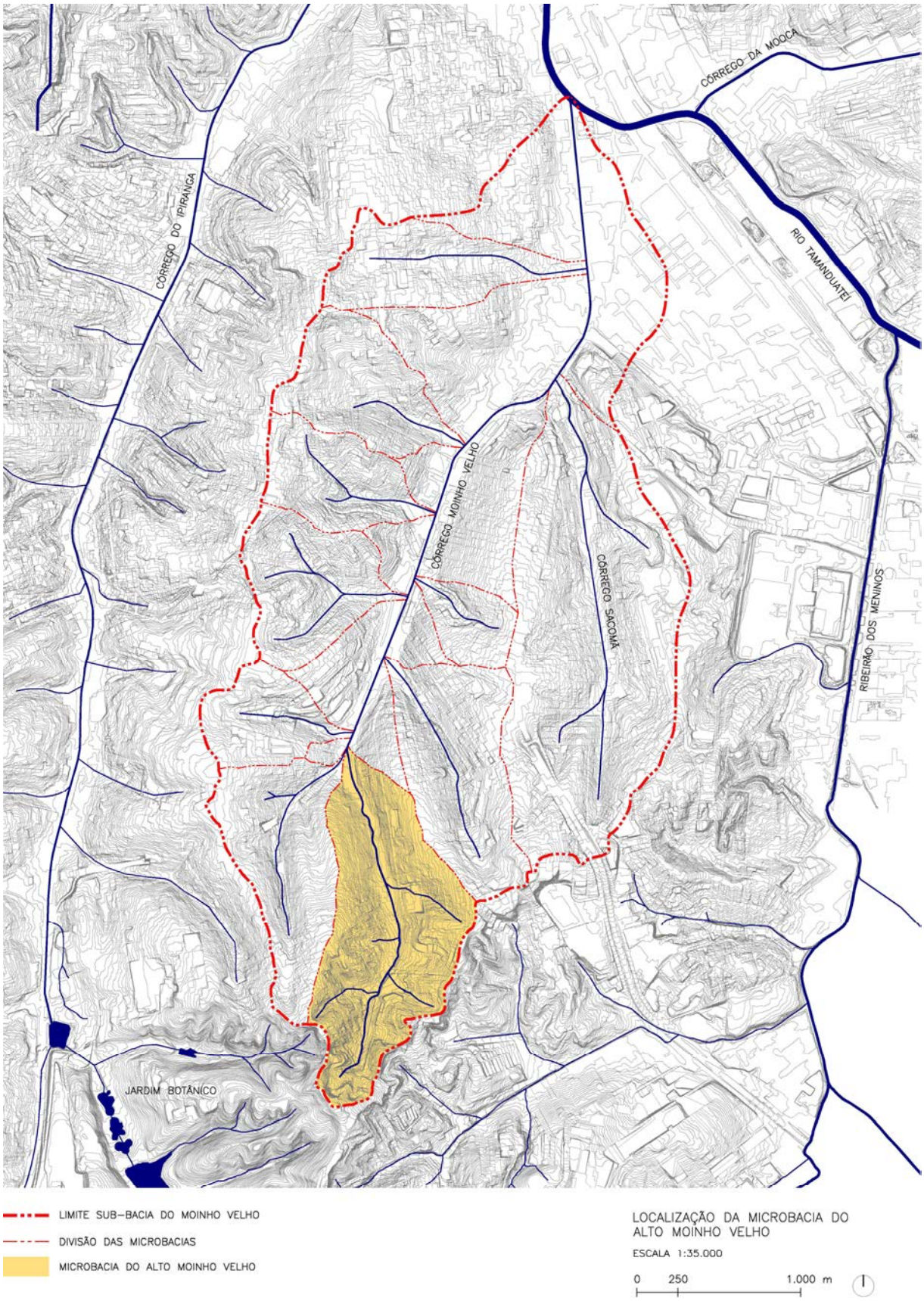


Fig. 291: Mapa da bacia do córrego Moinho Velho com destaque para a 'Microbacia do Alto Moinho Velho'. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004. Limite das microbacias desenhado pelo autor a partir da altimetria da base indicada.

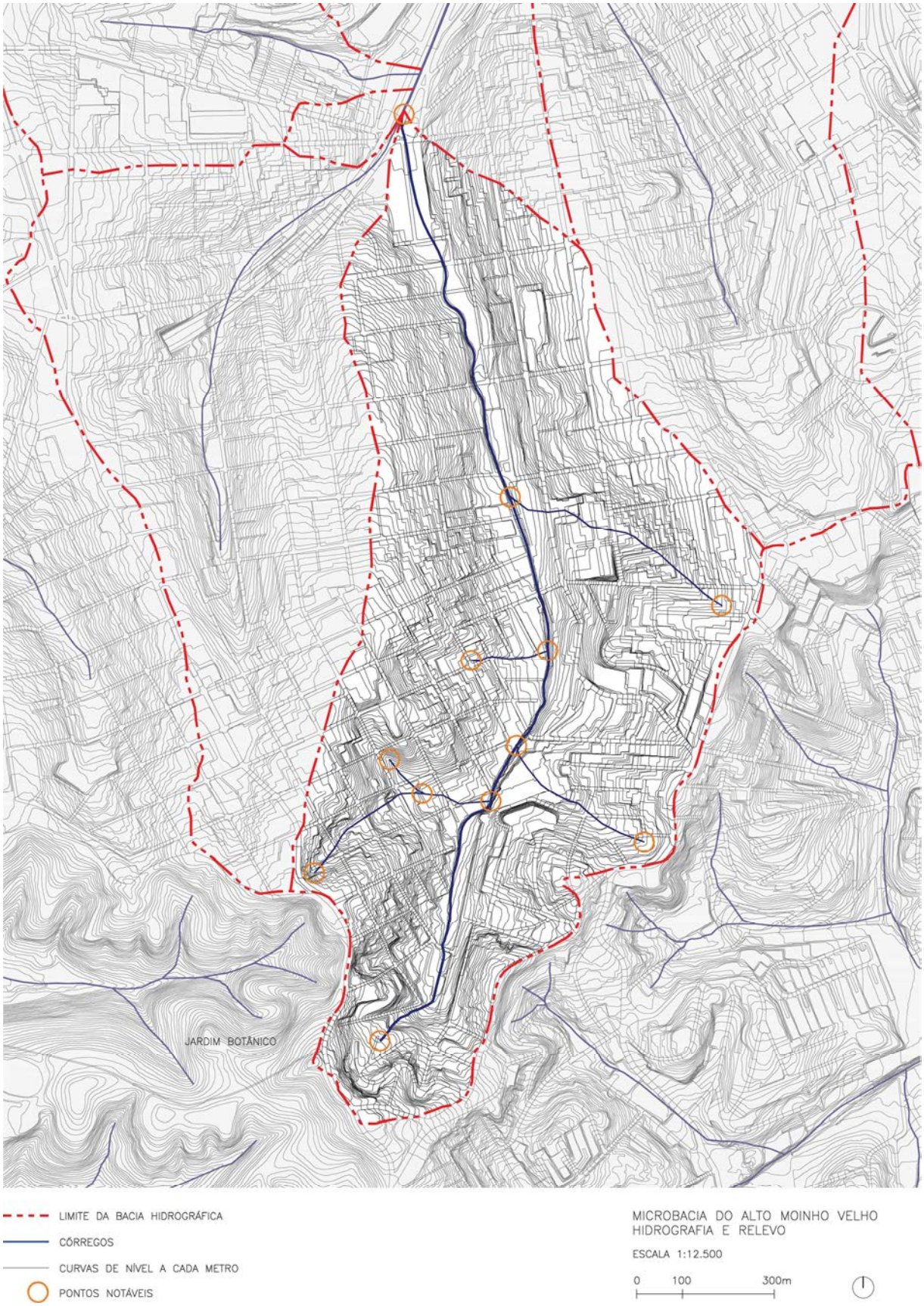


Fig. 292: Mapa da 'Microbacia do Alto Moinho Velho', com hidrografia, relevo, viário e pontos notáveis. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004. Limite das microbacias desenhado pelo autor a partir da altimetria da base indicada.

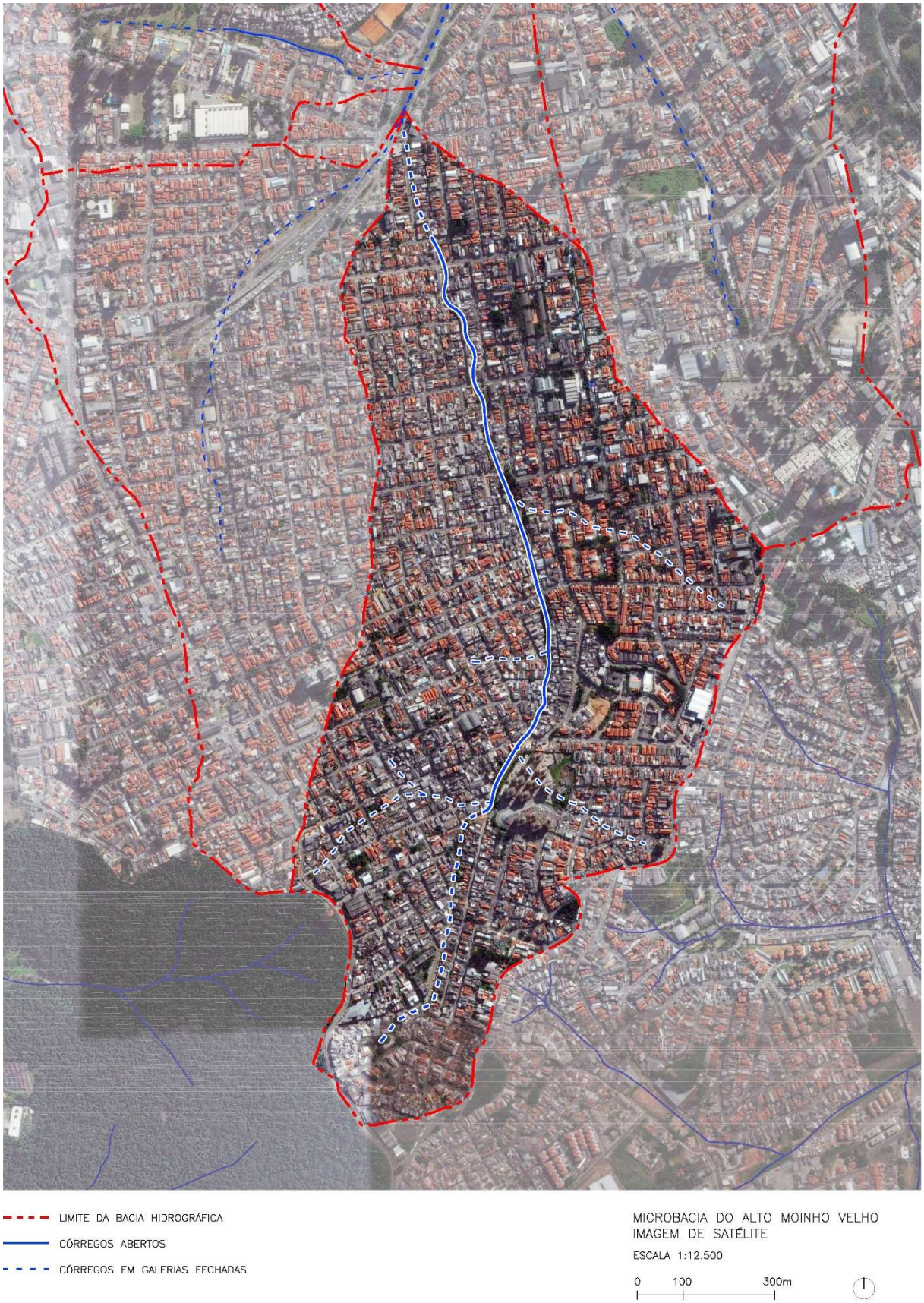


Fig. 293: Mapa da ocupação urbana na 'Microbacia do Alto Moinho Velho', com situação dos córregos. Fonte: elaborado pelo autor a partir de imagem de satélite do Google Earth de 2017.

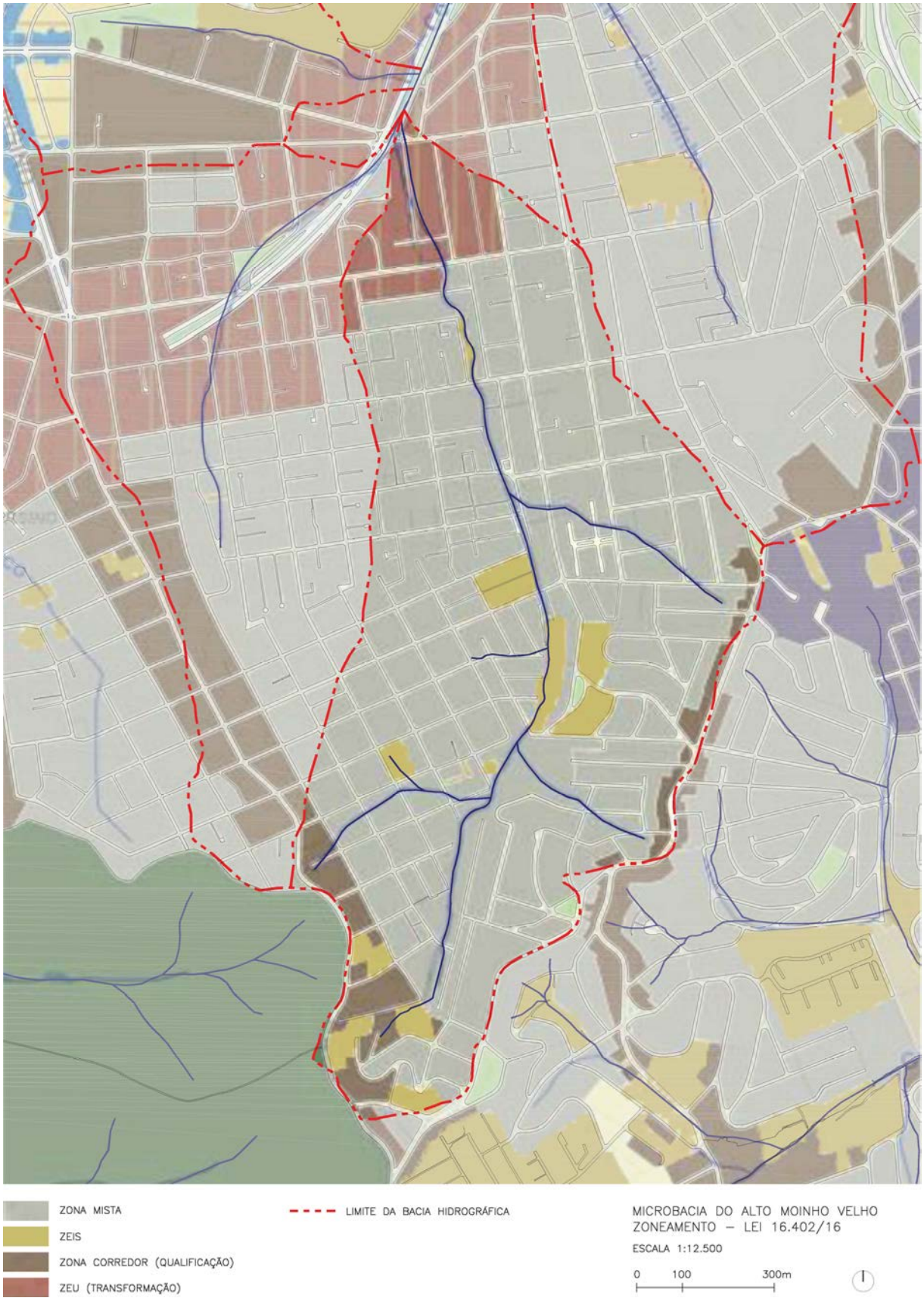


Fig. 294: Zoneamento urbano na 'Microbacia do Alto Moinho Velho', definido pela lei 16.402/16. Fonte: elaborado pelo autor a partir de imagem disponível no Geosampa, em < http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em dezembro de 2017.

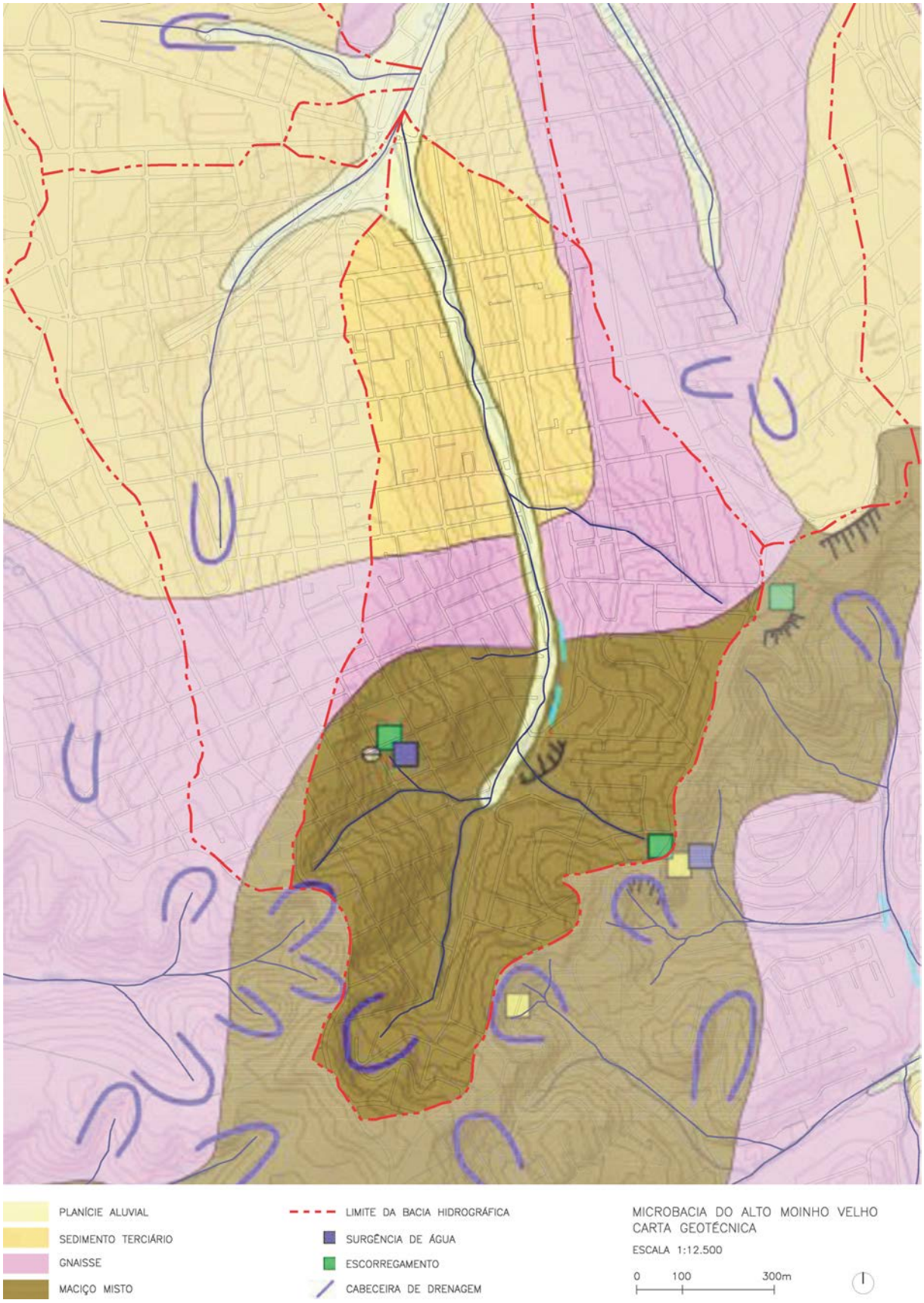


Fig. 295: Carta geotécnica da 'Microbacia do Alto Moinho Velho'. Fonte: elaborado pelo autor a partir de imagem disponível no Geosampa, em < http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em dezembro de 2017.

Fig. 296: Vista da 'Microbacia do Alto Moinho Velho', com destaque para o córrego Moinho Velho. Fonte: Google Earth, 2017.

- Compartimentação do relevo

Nas intervenções na escala da microbacia hidrográfica é possível identificar, no estudo do relevo, hidrografia e tipos de solo, potencialidades para a melhoria da qualidade ambiental urbana. A partir dos estudos de Ab'Saber (1957, p. 105), que identifica e categoriza os elementos topográficos do sítio urbano de São Paulo, Schutzer (2012, p. 106) propõe a análise do relevo para identificar as potencialidades naturais de cada compartimento do terreno, ou seja, quais funções que a natureza pode desempenhar, mesmo dentro de um ambiente urbano, para a manutenção de uma qualidade mínima em seus processos. Essa análise é denominada 'compartimentação do relevo', e pode fornecer subsídios para o planejamento de intervenções de cunho ambiental na cidade, ao indicar quais compartimentos contêm os espaços mais importantes a serem protegidos, preservados ou regenerados.

Segundo Schutzer (2012, p. 171), a partir da compartimentação do relevo é possível estabelecermos um 'Zoneamento Ambiental Urbano', que pode fornecer subsídios para projetos de requalificação urbana, auxiliando na definição de quais tipologias paisagísticas devem ser utilizadas e o local onde devem ser aplicadas. Seguindo metodologia proposta por Schutzer (2012) e adaptada por Bonzi (2015), foi feita a compartimentação do relevo da Microbacia do Alto Moinho Velho, conforme imagem a seguir.

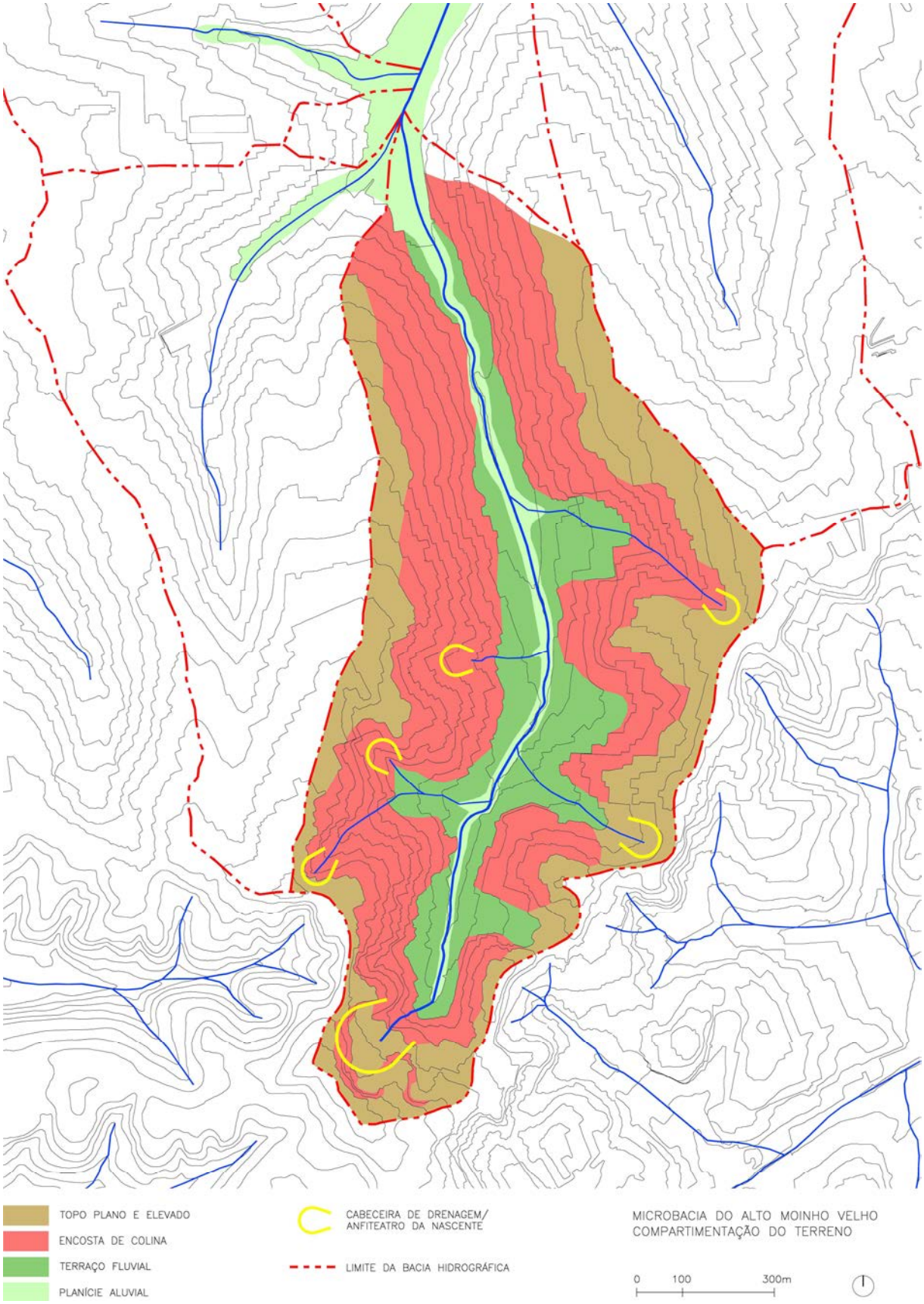


Fig. 297: Compartimentação do relevo da 'Microbacia do Alto Moinho Velho'. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004.

Foram identificados quatro compartimentos principais na microbacia do Alto Moinho velho:

- Topo de morro (plano e elevado), compartimento indutor de processos naturais, onde predomina a infiltração da água possibilitando a recarga do lençol freático e abastecimento de nascentes.
- Encosta de colina, compartimento transmissor de processos naturais, onde a declividade superior a 20 % faz com que haja o predomínio do escoamento superficial da água da chuva sobre a infiltração, e onde localizam-se as principais nascentes.
- Terraços fluviais, compartimento receptor de processos naturais, notadamente o escoamento superficial e os sedimentos gerados nas colinas, e que possui tabularidade propícia à infiltração.
- Planície aluvial, compartimento receptor de água e sedimentos dos outros compartimentos, sujeito a inundações e cheias periódicas, com pouca capacidade de infiltração (BONZI, DE LUCCIA, ALMODOVA, 2017).

A partir desta análise, é possível identificar as tipologias paisagísticas associadas à infraestrutura verde que são mais indicadas para cada compartimento do relevo, conforme tabela a seguir.

Tipologia paisagística	**Compartimento do relevo**			
	Topo de morro	**Encosta de colina**	**Terraços fluviais**	**Planície aluvial**
Jardim de chuva	XX	0	XX	0
Canteiro pluvial com infiltração	XX	0	XX	0
Canteiro pluvial sem infiltração	0	X	0	XX
Pavimento drenante	XX	X	XX	X
Lagoas filtrantes com retenção	X	X	X	XX
Parque linear	0	0	XX	XX

Legenda:

XX: máximo desempenho na aplicação da tipologia, incentivando processos naturais predominantes no compartimento do relevo.
X: aplicação compatível, mas com menor desempenho.
0: aplicação incompatível com o compartimento do relevo. Desempenho baixo ou nulo, podendo desencadear impactos indesejados.

Tabela 10: Aplicação das tipologias paisagísticas de acordo com o compartimento do relevo. Fonte: adaptado pelo autor a partir de Bonzi, De Luccia e Almodova (2017).

Também são identificadas na compartimentação do relevo as nascentes dos córregos, localizadas em encostas íngremes que formam verdadeiros anfiteatros de drenagem. Segundo Schutzer (2012, p. 200), são espaços da natureza por excelência, onde deve ser preservada a umidade do local com a manutenção de uma permeabilidade adequada no topo do espigão e com uma densa vegetação nos anfiteatros. Recomenda-se, portanto, serem áreas reservadas à constituição de parques e áreas de lazer.

A partir dessa análise do relevo, adotou-se como diretriz principal para intervenção na microbacia do Alto Moinho Velho a recuperação da planície aluvial e das nascentes dos córregos como parques fluviais. Os parques das nascentes preservariam as 6 nascentes identificadas na microbacia, sendo que em 4 delas, localizadas em cotas mais elevadas, o parque seria estendido até próximo ao divisor de águas, preservando áreas de topo de morro propícias à infiltração. Nesses parques haveria jardins de chuva, favorecendo o carregamento do lençol freático, e lagoas que reteriam as águas das nascentes.

Na planície aluvial do córrego Moinho Velho seria criado um parque linear com no mínimo 30 m de largura, onde haveria uma série de lagoas formadas por barragens simples, construídas em muro de gabião. As barragens seriam desenhadas para permitir a passagem de uma vazão específica, que quando ultrapassada resultaria na elevação do nível d'água em até 1 m, o que permitiria a reservação das águas durante as chuvas. Nos remansos das lagoas existiriam diversas espécies de plantas capazes de purificar as águas através de processos de fitorremediação.

Ao longo do parque linear seriam instaladas Microestações de Tratamento de Águas Pluviais (METAPs), distantes cerca de 300 m entre si, e localizadas nas confluências com afluentes ou com galerias de drenagem, junto aos lagos das confluências. Estas microestações fariam o tratamento preliminar das águas provenientes do escoamento superficial das colinas, contaminadas com poluição difusa, encaminhando-as então para as lagoas filtrantes ao longo do parque, que fariam o tratamento complementar. Segundo o eng. Tomaz Kipniz[6], o tratamento preliminar nas METAPs seria um gradeamento para retirada de sólidos grosseiros, filtros de areia e tanques de flutuação para retirada de óleos e graxas, que atrapalhariam os processos naturais das lagoas (informação verbal). As METAPs e lagoas filtrantes funcionariam assim em conjunto, purificando as águas da microbacia ao longo do parque linear.

[6] Informação fornecida pelo engenheiro sanitarista Tomaz Kipnis (IHE DELFT) durante encontro no Labproj no dia 04/12/2017.

Junto ao lago da foz, no ponto final da microbacia, seria construída a Microestação de Tratamento de Esgotos (METE) e a Microestação de Tratamento de Água (META). A METE poderia tratar localmente todo o esgoto da microbacia, encaminhando os efluentes tratados para as praças d'água localizadas ao longo da av. Presidente Tancredo Neves ou reservando-os em torres para serem utilizados como água de reuso. Já a META captaria as águas do lago da foz para a produção de água potável, que abasteceria as áreas a jusante da estação ou a população da própria microbacia, mediante bombeamento da água para torres d'água localizadas junto às praças das nascentes.

Para além das áreas lindeiras aos cursos d'água, haveria canteiros pluviais ao longo das ruas com pouca inclinação. Nas ruas localizadas em topos de morro ou terraços, esses canteiros teriam como função a detenção e infiltração das águas, bem como a retenção de sedimentos. Já nas ruas localizadas nas encostas de colina, os canteiros pluviais não favoreceriam a infiltração, servindo para a detenção e diminuição da velocidade dos escoamentos superficiais, podendo estar associados a escadarias hidráulicas nas ruas perpendiculares aos córregos.

Ao longo do parque linear, junto às METAPs, estariam os centros de educação ambiental, que também seriam centros comunitários, para conscientização da população sobre a gestão das águas urbanas. Nos quarteirões em frente ao parque seria incentivada a construção de edifícios mistos de até 6 pavimentos, com comércio no térreo. Na margem esquerda do parque seria instalada uma linha de VLT, conectando o bairro às estações de metrô próximas.

As áreas que seriam demolidas para a construção dos parques fluviais e parques das nascentes somam 100 mil m², o que corresponde a 8 % da área total da microbacia. Já as áreas para desenvolvimento urbano junto à orla, onde seria incentivado a construção de edifícios de até 6 pavimentos, somam 200 mil m², equivalente a 16 % da área total da bacia. Apesar da grande quantidade de casas a serem desapropriadas, nota-se que os ganhos em qualidade ambiental são compensatórios, permitindo a recuperação do espaço das águas e realocação da população de frente para o parque linear, com uma condição muito mais favorável.

A aplicação destas medidas nas demais microbacias resultaria em significativas melhorias na macrodrenagem urbana e qualidade das águas da bacia hidrográfica do Tamanduateí, contribuindo para o sistema hidroviário da BHAT e permitindo uma reaproximação das pessoas com os rios e córregos, que voltariam a ser marcos da cidade.

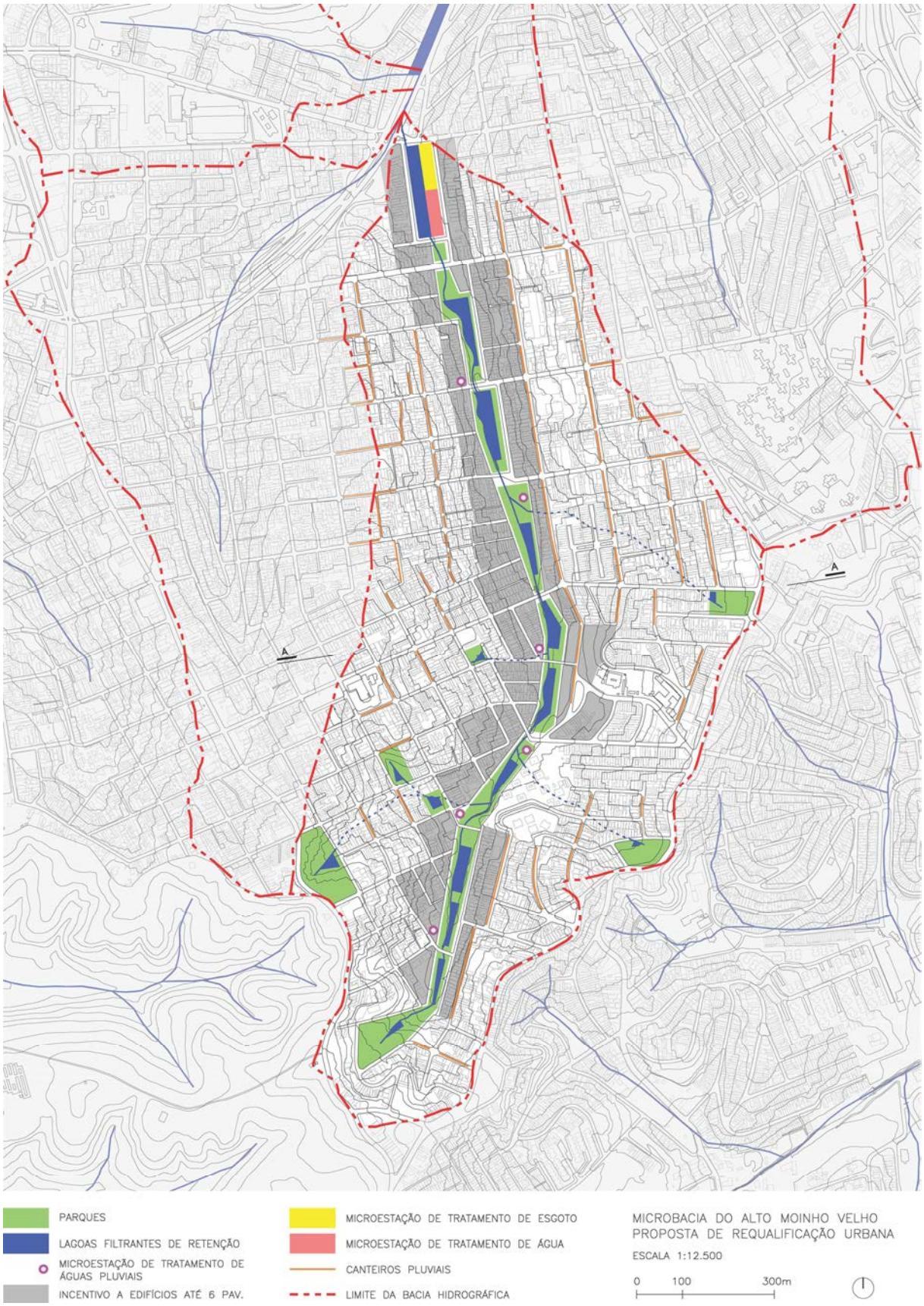


Fig. 298: Proposta de requalificação urbana para a Microbacia do Alto Moinho Velho. Fonte: desenhado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004.

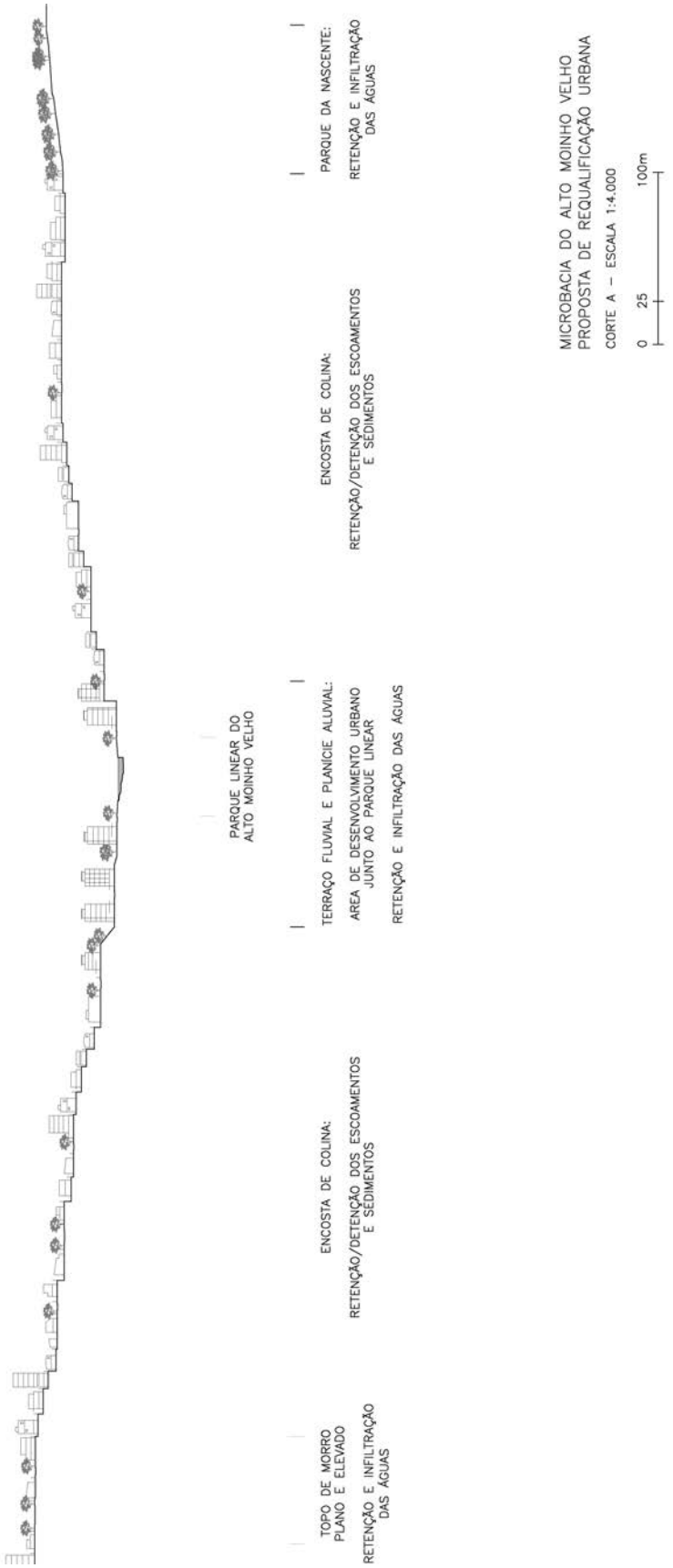


Fig. 299: Proposta de requalificação urbana para a Microbacia do Alto Moinho Velho. Corte transversal 'A'. Fonte: elaborado pelo autor a partir de base cartográfica do MDC – Mapa Digital da Cidade, de 2004.

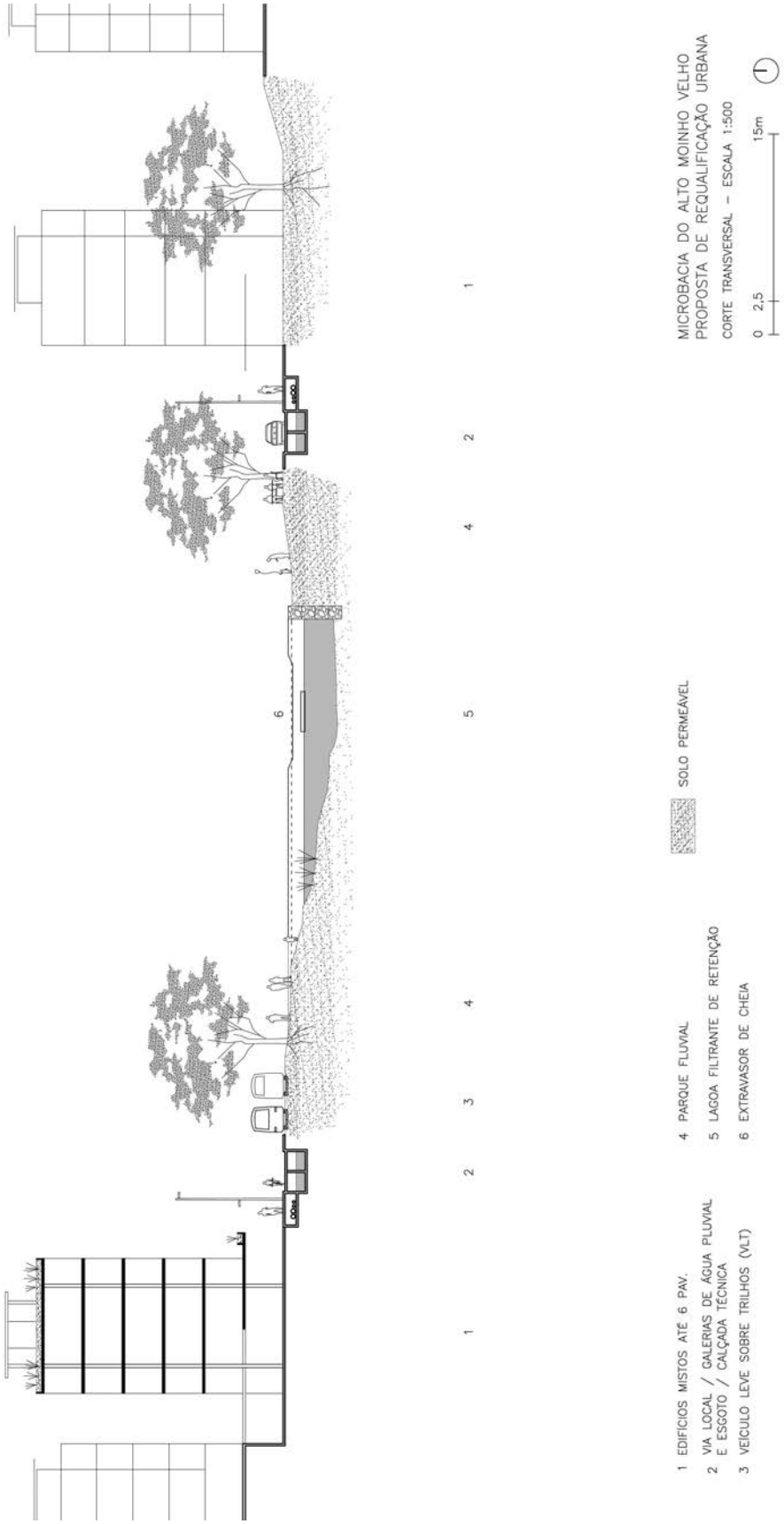


Fig. 300: Proposta de requalificação urbana para a Microbacia do Alto Moinho Velho. Corte transversal do parque linear do Alto Moinho Velho. Fonte: elaborado pelo autor.

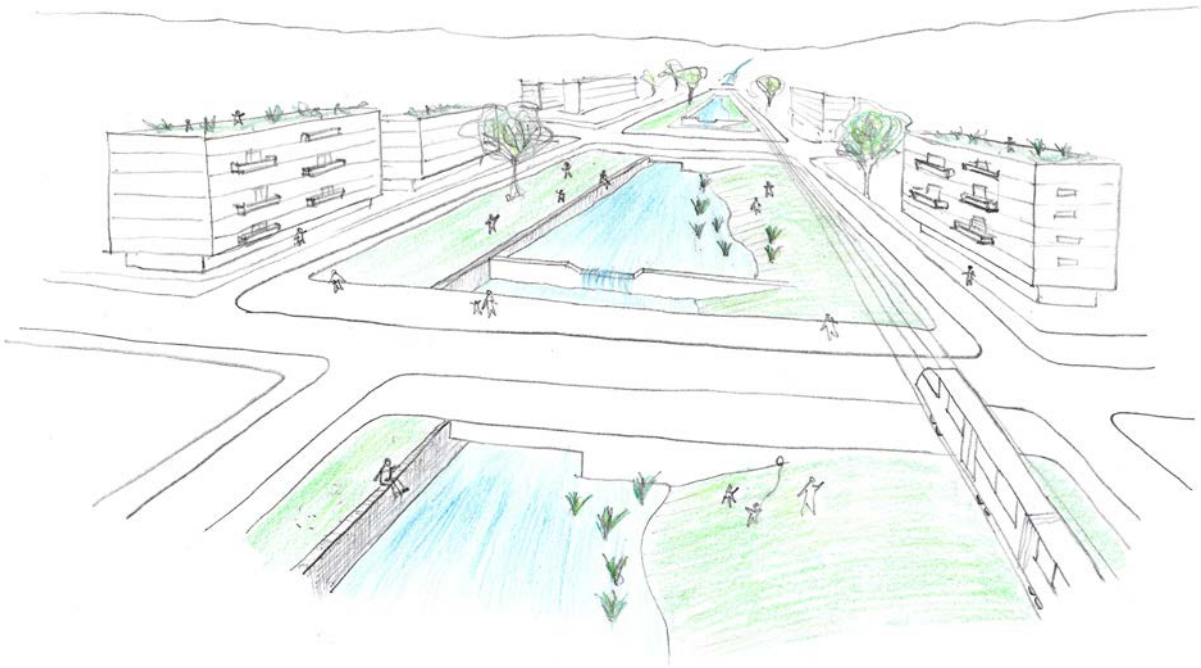


Fig. 301: Croqui do parque linear do Alto Moinho Velho. Fonte: elaborado pelo autor.

CONCLUSÃO

A presente pesquisa abordou as possibilidades para o desenho das infraestruturas urbanas fluviais tendo como objeto a bacia hidrográfica do rio Tamanduateí. Como ponto de partida adotou-se a ideia de recuperação da navegação nos principais rios desta bacia, presente na pesquisa de Delijaicov (1998, 2005) e nos estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011). Os canais e lagos navegáveis seriam eixos de infraestrutura a partir dos quais os bairros das planícies fluviais seriam reconstruídos, e a ramificação dessa infraestrutura pelos afluentes menores promoveria mudanças em toda a bacia hidrográfica. O desenvolvimento deste projeto foi a linha guia da pesquisa, buscando-se então caracterizar o lugar e organizar conceitos e referências para a construção de instrumentos que amparassem a ação projetual.

No primeiro capítulo buscou-se caracterizar a bacia hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) e a sub-bacia hidrográfica do Tamanduateí, e analisar o histórico de projetos e ações que conduziram à atual situação, na qual os rios estão completamente segregados da vida urbana, com alto índice de poluição e servindo unicamente à macrodrenagem. Conclui-se que grande parte dos problemas que a metrópole apresenta em relação às suas águas deve-se à progressiva ocupação e impermeabilização das planícies de inundação de rios e córregos e das demais áreas da bacia, e à falta de integração das redes de infraestrutura, causada muitas vezes por projetos pautados em interesses particulares. Desta forma, o uso múltiplo das águas na BHAT torna-se bastante desafiador, haja vista a dificuldade na implantação dos diversos projetos hidroviários apresentados no final deste capítulo.

Para a análise do histórico de ações que conduziram à atual situação dos rios urbanos da BHAT foram realizados inventários dos projetos para a canalização do rio Tamanduateí, apresentado no subcapítulo 1.2, e dos projetos para as hidrovias da BHAT, apresentado no subcapítulo 1.3. Acredita-se que tais inventários representem uma significativa contribuição desta pesquisa ao servirem de base para futuros estudos sobre o tema, uma vez que se buscou resumir, relacionar e digitalizar diversos estudos pouco acessíveis, que fazem parte do acervo das bibliotecas do FCTH e do DAEE na Cidade Universitária. A sistematização desses estudos foi fundamental para amparar as escolhas da ação projetual, como, por exemplo, na definição dos gabaritos dos canais e eclusas para navegação, e no estudo de possibilidades para intervenção na calha do Tamanduateí.

O segundo capítulo buscou analisar instrumentos, definir conceitos e apresentar referências para uma desejável mudança na relação entre a metrópole e suas águas. Em relação à gestão integrada das águas urbanas, nota-se que existem diversos instrumentos legais visando a integração de escopos e de jurisdições, como a definição das unidades hidrográficas de planejamento e gestão, pela Política Nacional de Recursos Hídricos, e a recente conceituação da Macrometrópole Paulista, que pode viabilizar movimentos abrangentes de integração de infraestruturas. Mesmo assim, é marcante a resistência a mudanças devido ao costume das concessionárias e órgãos públicos na gestão centralizada das infraestruturas. Nesse sentido, os estudos para o Hidroanel Metropolitano de São Paulo (GMF, 2011) apresentam a possibilidade de integração de três importantes políticas públicas – de recursos hídricos, resíduos sólidos e mobilidade urbana – em torno de um projeto comum que transforma os rios da cidade em eixos de infraestrutura com o potencial de reorganizar a relação da cidade com suas águas.

A partir dos estudos para o Hidroanel, buscou-se organizar os principais conceitos do que seria a cidade fluvial, onde as águas conformariam os principais espaços públicos da cidade, tendo sido apresentadas referências de projetos em cidades visitadas ao longo dos últimos anos, onde alguns desses conceitos estão aplicados. Para a planície fluvial do Tamanduateí, que possui grande potencial para adensamento urbano, mas que conta com a presença de infraestruturas como linhas férreas e pátios de trem, uma importante referência foi a cidade de Chicago, nos EUA, onde a multiplicação dos níveis urbanos permite a sobreposição de diversas infraestruturas, possibilitando um melhor aproveitamento do solo. As estruturas para navegação ao longo do Erie Canal, no estado de Nova Iorque, EUA, e os canais e barcos das cidades holandesas também foram referenciais.

No terceiro capítulo apresentou-se o projeto do Canal Billings-Tamanduateí, que conformaria o Hidroanel Interior, cruzando o centro da metrópole de São Paulo. Apesar do grande número de obras necessárias à navegação, como barragens móveis e eclusas, reforma de pontes e alargamentos de canal, a construção da hidrovia demonstra-se viável pelo potencial transformador que representa. Além da contribuição à macrodrenagem da bacia hidrográfica do Tamanduateí, e ao equilíbrio da matriz de transportes da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o Canal Billings-Tamanduateí seria o eixo indutor de uma ampla reforma urbana nas planícies fluviais.

Em relação à macrodrenagem da bacia hidrográfica do Tamanduateí, o Canal Billings-Tamanduateí formaria uma sequência de lagos navegáveis capazes de reter as ondas de cheia, através da variação de até 1 m no nível d'água, eliminando, assim, a necessidade dos reservatórios de detenção, os 'piscinões'. Também haveria a possibilidade de reversão das águas da bacia do Couros para a represa Billings através do canal de partilha, como alternativa à atual reversão das águas poluídas do Pinheiros, contribuindo para a macrodrenagem e para o abastecimento de água potável da RMSP. Além disso, a navegação fluvial possibilitaria a manutenção e dragagem constante dos canais, que atualmente apresentam pontos de assoreamento.

Ao longo da planície fluvial do Tamanduateí, o antigo parque industrial dos bairros da Mooca e Vila Carioca seria transformado nos Bairros Fluviais do Tamanduateí, aproveitando-se da infraestrutura de transportes de passageiros existente e prevista. Os quarteirões seriam estruturados pelos lagos e canais navegáveis e pelos canais de derivação, que conformariam os deltas artificiais da foz do córrego da Mooca e ribeirão dos Meninos. Os bairros seriam construídos em dois níveis, permitindo a coexistência de uma alta densidade de moradia e serviços no nível superior, sobre a ferrovia, enquanto serviços logísticos e fábricas não poluentes ocupariam o nível inferior, com acesso direto às embarcações. O movimento de barcos seria intenso, tanto para as cargas públicas, em especial os resíduos sólidos e sedimentos de dragagem, quanto para as cargas comerciais.

Em relação às cargas comerciais, o novo sistema logístico previsto para a Macrometrópole Paulista, que prevê uma rede de ferrovias exclusivas para cargas para o abastecimento do varejo da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), é outro argumento favorável à construção do Canal Billings-Tamanduateí, uma vez que é prevista a instalação de uma Plataforma Logística Urbana no bairro Vila Carioca, às margens do canal. Desta forma, a distribuição final das cargas poderia ser feita tanto pelos Veículos Urbanos de Carga (VUCs) quanto pelos Barcos Urbanos de Carga (BUCs).

A partir de uma gestão integrada das águas urbanas, defende-se que as intervenções se ramifiquem por toda a bacia hidrográfica, visando o controle das vazões e manutenção da qualidade da água. Desta forma, na parte final do terceiro capítulo abordou-se a escala das microbacias, tomando como exemplo a microbacia do Alto Moinho Velho, onde foi proposta uma série de parques e lagos nas nascentes, confluências e foz, com funções de retenção e purificação das águas, em conjunto com microestações de tratamento. Com a análise do relevo,

foram identificadas áreas potenciais para infraestruturas verdes que favorecessem a infiltração e recarga do lençol freático. Dessa forma, mesmo com a intensa ocupação urbana, a preservação dos espaços dos córregos possibilitaria a produção de água para abastecimento da população, e os parques fluviais passariam a ser os principais espaços públicos do bairro

Para que um novo horizonte seja possível para a cidade, fica claro como é preciso uma mudança de paradigmas na busca de soluções para os problemas da BHAT. No atual cenário, obras extremamente custosas estão sendo realizadas para importações cada vez mais complexas de água, com o objetivo de garantir o abastecimento para a RMSP. Ao mesmo tempo, não sabemos lidar com as águas que fluem no meio urbano, cavando cada vez mais buracos, na forma de 'piscinões', para escondê-las longe da vista das pessoas, ou buscando formas de escoá-las para longe. Esse contrassenso acarreta na perda de oportunidades de uso desse bem tão precioso, e faz com que a metrópole que nasceu a partir de seus rios se veja de costas para as águas.

Com a previsão de novas linhas ferroviárias para cargas e passageiros na Macrometrópole Paulista, e o avanço da construção do Hidroanel Metropolitano de São Paulo, haverá uma consequente diminuição na circulação de caminhões e automóveis, que possibilitaria novos usos para as áreas atualmente ocupadas pelas avenidas de fundo de vale. Devemos, assim, pensar em uma nova abordagem das águas urbanas de forma integrada ao redesenho da orla fluvial, com parques fluviais, portos e habitações beira-rio. Uma vez que os principais rios da cidade são intermunicipais, as operações urbanas previstas para as planícies fluviais devem estar inseridas em uma estrutura gerencial que permita a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, para que os projetos possam abranger o desenho das infraestruturas urbanas fluviais promovendo uma real mudança na relação da cidade com suas águas.

Os projetos para os rios e córregos da BHAT devem se pautar em ações que integrem diversos setores e abarquem todas as escalas, desde as microbacias, passando pelos grandes vales navegáveis até a Macrometrópole. Para além de uma questão técnica ou econômica, o fortalecimento da cultura de projeto de arquiteturas de infraestruturas urbanas fluviais é fundamental para a construção da infraestrutura das mentalidades, primeiro passo para a cidade fluvial. A cidade como obra de arte em constante mudança pode assim se reconfigurar para que as águas urbanas sejam novamente aproveitadas em suas múltiplas potencialidades.

Referências bibliográficas

Optou-se pela organização das referências bibliográficas de acordo com o subcapítulo ao qual se referenciam, tendo sido classificadas como referências 'gerais' aquelas que servem de suporte para mais de um subcapítulo.

- Gerais

AB'SABER, Aziz Nacib. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Tese de doutorado. São Paulo: FFCLH-USP, 1957.

BONZI, Ramón; DE LUCCIA, Oliver; ALMODOVA, Mayra. Infraestrutura verde em área de manancial: um estudo para a represa Billings. **Revista Labverde**. Vol. 8, nº 1, março de 2017. São Paulo: Labverde FAUUSP, 2017.

BRITO, Francisco Rodrigues Saturnino de. **Defesa contra inundações. Obras completas de Saturnino de Brito**, vol. 19. Rio de Janeiro: Imprensa nacional, 1944. Em particular as partes "Algumas noções de Hidrologia" e "Melhoramentos do rio Tietê em São Paulo", 1926.

DELIJAICOV, Alexandre. **Os Rios e o Desenho da Cidade - Proposta de Projeto para a Orla Fluvial da Grande São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo: FAU USP, 1998.

_____. **São Paulo, metrópole fluvial: os rios e a arquitetura da cidade. Parques e portos fluviais urbanos: projeto da cidade-canal Billings-Taiaçupeba**. São Paulo: Tese (doutorado), FAUUSP, 2005.

CAF - Corporación Andina de Fomento. **Los ríos que nos unem - Integración fluvial suramericana**. Colômbia, Ed. Guadalupe, 1998

CNEC. **Plano diretor de utilização integrada dos recursos hídricos na Região Metropolitana de São Paulo – Plano SANESP. Condicionantes à navegação fluvial**. São Paulo: CNEC, 1982.

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

FAT – Fundação de Apoio à Tecnologia. **Plano Estratégico Hidroviário**. Contrato nº DH 007/2003. Relatório 4 – Estudo Preliminar de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana. 30 de março de 2004. São Paulo: FAT, 2004.

GMF – Grupo Metrópole Fluvial. **Articulação Arquitetônica e Urbanística dos Estudos de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo**. Relatório Conceitual, Memorial descritivo e Pranchas ilustrativas (disponível em: www.metropolefluvial.fau.usp.br). Realizado pelo Grupo Metrópole Fluvial da FAU USP a convite do Departamento Hidroviário da Secretaria Estadual de Logística e Transportes do Governo do Estado de São Paulo (Licitação No DH-008/2009). São Paulo: FAU USP, 2011.

IAB-SP – Instituto de Arquitetos do Brasil – Departamento de São Paulo. **Projeto Tietê**. Org. Alexandre Delijaicov et al. São Paulo: IAB-SP, 1991.

IKEDA, Eloisa Balieiro**. São Paulo – Paris, metrópoles fluviais. Ensaio de projeto de arquitetura das orlas do canal Pinheiros inferior, córrego Jaguaré e córrego Água Podre**. Dissertação (mestrado). Orientador: Alexandre Delijaicov. São Paulo: FAU USP, 2016.

KUTNER, Arnaldo Sérgio; PALERMO, Marco Antonio; ZUCCOLO, Renato Mattos. **Águas do Alto Tietê**. São Paulo: MAP – Marco Antonio Palermo, 2015.

MAKIBARA, Hiroaki. O Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista (HIDROPLAN). **Revista Água e Energia.** Outubro de 1998. São Paulo: DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1998. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista>. Acesso em: 18/11/2017.

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo. **Operação Urbana Consorciada Bairros do Tamanduateí** – Projeto de Lei n° 723/2015. São Paulo: SP-Urbanismo, 2015. Disponível em: <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/>.

SEABRA, Odette Carvalho de Lima. **Os meandros dos rios nos meandros do poder: Tietê e Pinheiros – valorização das várzeas de São Paulo**. Tese (doutorado). São Paulo: FFLCH-DG/USP, 1987.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 24 ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SILVA, Lysandro Pereira da. **Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê - Relatório**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 1950.

SILVA, Ricardo Toledo; PORTO, Mônica Ferreira do Amaral. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Revista Estudos Avançados**, v. 17, n. 47, abril de 2003. São Paulo: IEA-USP, 2003

SILVA, Ricardo Toledo. Águas e saneamento na Macrometrópole Paulista. O desafio da integração de escopos. **Revista Iberoamericana de Urbanismo**, n, 12, p. 137-156. riURB, 2015.

VILLAS BOAS, André. **Cidade-Canal de Ibiúna e Hidrovia do Alto Sorocaba: Interligação Hidroanel Metropolitano – Hidrovia Tietê-Paraná**. Dissertação (mestrado). Orientador: Alexandre Delijaicov. São Paulo: FAU USP, 2017.

XAVIER, Milton. Palestra: 'Problemas e Desafios de Logística e Transportes do Estado de São Paulo'. In: IX Workshop de Educação e Pesquisa do Estado de São Paulo, abril de 2015. **Anais eletrônicos**. São Paulo: IFT – UNESP, 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=imNZoMGoFDM>. Acesso em: 17 nov. 2017.

- Subcapítulo 1.1:
Caracterização e histórico de projetos da Bacia Hidrográfica do Alto

ANELLI, Renato Luiz Sobral. Redes de Mobilidade e Urbanismo em São Paulo: das radiais/perimetrais do Plano de Avenidas à malha direcional PUB. **Arquitextos**, São Paulo, ano 07, n. 082.00, Vitruvius, mar. 2007. <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.082/259>.

ANELLI, Renato Luiz Sobral. **Uma nova cidade para as águas urbanas**. Estudos Avançados (Online), v. 29, p. 69-84, 2015.
ACKERMAN, Adolph J. **Billings and Water Power in Brazil / A Short Biography of Asa White Kenney Billings – Hydroelectric Engineer**. New York: American Society of Civil Engineers, 1953

ADORNO, Vicente. **Tietê, uma promessa de futuro para as águas do passado**. São Paulo: Secretaria de Cultura da Prefeitura Municipal de São Paulo, 1999.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CAMPOS FILHO, Candido Malta. **Os Rumos da Cidade. Urbanismo e Modernização em São Paulo**. São Paulo: Ed. Senac, 2002.

CBHAT – Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Sumário Executivo**. São Paulo: Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo - FUSP, 2009.

COBRAPE/CONCREMAT. **Plano Diretor de Esgotos da RMSP (PDE-10**). São Paulo: SABESP, 2010

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Artigos: "**Parque Várzeas do Tietê - O Maior Parque Linear do Mundo**" e "**DAEE apresenta projeto do pôlder da Vila Itaim**", 11 ago. 2016. Disponíveis em < http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em: 15/09/2017.

FERRARA, Luciana Nicolau. **Urbanização da natureza: da autoprovisão de infraestruturas aos projetos de recuperação ambiental nos mananciais do sul da metrópole paulistana**. Tese (doutorado). São Paulo: FAU USP, 2013.

FILARDO, Angelo S. Territórios da eletricidade. **A light em São Paulo e o Projeto da Serra de Cubatão – 1925-1950**. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

FRANCO, Fernando de Mello. **A construção do caminho: a estruturação da metrópole pela conformação técnica das várzeas e planícies fluviais da Bacia de São Paulo**. Tese (doutorado). São Paulo: FAUUSP, 2005

GOUVÊA, José Paulo Neves. **A presença e a ausência dos rios de São Paulo: acumulação primitiva e valorização da água**. Tese (doutorado). São Paulo: FAUUSP, 2016.

KAHTOUNI, Saide. **Cidade das águas**. Saide Kahtouni – São Carlos: RiMa, 2004

KEATING, Vallandro (concepção de desenhos); MARANHÃO, Ricardo (pesquisa e textos). **Caminhos da conquista: a formação do espaço brasileiro**. São Paulo: Editora Terceiro Nome, 2008

MAIA, Francisco Prestes. **Estudo para um plano de avenidas**. São Paulo: 1929.

MEYER, Regina Maria Prosperi; GROSTEIN, Marta Dora; BIDERMAN, Ciro. **São Paulo Metrópole**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007

MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

MOSES, Robert (Org.). **Programa de melhoramentos públicos para a cidade de São Paulo**. São Paulo: Ibec Technical Services Co./PMSP, 1950.

OSEKI, Jorge Hajime; ESTEVAM, Adriano Ricardo. A fluvialidade em rios paulistas. **Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras** / Lúcia Maria Sá Antunes Costa (org.). Rio de Janeiro: Ed. PROURB, 2006.

OSEKI, Jorge Hajime; MAUTNER, Yvonne. O espaço das redes de serviços urbanos – o esgoto em São Paulo. **Sinopses**, n. 20, dez. 1993, p. 13 a 20. São Paulo: FAU USP, 1993.

PELLEGRINO, P. R. M.; MOURA, N. C. B.; MARTINS, J. R. S. Transição em infraestruturas urbanas de controle pluvial: uma estratégia paisagística de adaptação às mudanças climáticas. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, v. 1, p. 107-128, 2014.

PRADO JR, C. **A cidade de São Paulo: geografia e história**. In: Evolução política do Brasil e outros estudos. São Paulo: Brasiliente, 1969.

SABESP. **Projeto Tietê – Seminário Arco Tietê**. 2013. Disponível em: <http://www. prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/ arco-tiete/Sabesp-Seminario-ArcoTiete-20130409.pdf>.

SILVA, R. T. Águas e saneamento da metrópole: a atualidade dos desafios passados. **Revista DAE**. São Paulo: SABESP, 2014.

TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa **A dimensão socioambiental da ocupação dos fundos de vale urbanos no município de São Paulo**. São Paulo: Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental, USP,2004.

TRAVASSOS, Luciana; SCHULT, Sandra Irene Momm. Recuperação socioambiental de fundos de vale urbanos na cidade de São Paulo, entre transformações e permanências. **Caderno Metrópole**, São Paulo, v. 15, n. 29, jan. / jun. de 2013.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações e drenagem urbana. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, p. 45-129, 2003.

- Subcapítulo 1.2:
Caracterização e histórico de projetos da Bacia Hidrográfica do Tamanduateí

CAMPOS FILHO, Candido Malta. **Reinvente seu bairro: caminhos para você participar do planejamento da sua cidade**. São Paulo: Editora 34, 2010.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo. Parte 1 – águas doces**. CETESB, 2015

CTH – Centro Tecnológico de Hidráulica. **Revisão dos estudos hidrológicos da bacia do rio Tamanduateí**. Relatório Final. Eng. responsável pelo estudo: Marco Antonio Palermo. São Paulo: DAEE, 1983.

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Programa de combate a inundações na grande São Paulo. Vol. 3 – Canalização do rio Tamanduateí**. São Paulo: DAEE, 1977.

Relatório com análise dos projetos anteriores para o rio Tamanduateí, executados ou não, e indicação dos parâmetros a serem adotados para o projeto executivo. Disponível na biblioteca do DAEE / Cidade Universitária.

_____. **Obras de canalização do rio Tamanduateí. Situação geral das obras**. São Paulo: DAEE, 1985.

Relatório disponível na biblioteca do DAEE na Cidade Universitária

_____. Artigo: "**Piscinões cumprem papel das várzeas ocupadas desordenadamente**". Disponível em < http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em: 15/11/2017.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica; CCN Planejamento e Engenharia LTDA. **Estudos Hidrológicos, Hidráulicos e de Viabilidade Técnica-Econômica de Reversão por Túneis (Bacia do Ribeirão dos Couros / Represa Billings)**. Relatório Final – Desenhos – Vol. 1. Dezembro de 1992. São Paulo: DAEE, 1992.

Relatório disponível na biblioteca do DAEE na Cidade Universitária

DEÁK, Csaba; LINK, Volker. **O eixo Tamanduateí na estrutura metropolitana**. in: Estudo de impacto ambiental da Rede básica do Projeto VLP - Linha Prioritária: Centro-Sacomã/ V.Prudente . São Paulo: Infurb/USP, 1997.

HIBRACE (convênio). **Projeto pré-construtivo de canalização de trecho do rio Tamanduateí.** Elaborado pela Hidroservice. São Paulo: DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica / COPLAT – Comissão de Planejamento do Alto Tietê, 1968.

Relatório com análise das condições da bacia, cortes transversais do primeiro projeto de canalização do Tamanduateí, de 1913, e diretrizes para elaboração de projetos futuros. Localização: Biblioteca do FCTH / Cidade Universitária.

LANGENBUCH, Juergen Richard. **A estruturação da Grande São Paulo – estudo de geografia urbana**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia, 1971.

NIGRIELLO, A. A rede de transporte e a ordenação do espaço urbano. **Revista dos Transportes Públicos**, ano 35, p. 101-122. ANTP, 2013.

PLANIDRO Engenheiros Consultores S.A. **Projeto das obras de canalização do rio Tamanduateí**. Relatório técnico. São Paulo: DAEE, 1972.

Relatório disponível na biblioteca do DAEE na Cidade Universitária

PLANIDRO Engenheiros Consultores S.A. / Escritório Técnico J. C. de Figueiredo Ferraz LTDA. **Projeto das obras de canalização do rio Tamanduateí**. V. 22. São Paulo: DAEE, 1974.

Relatório, seções transversais e croquis ilustrativos de projeto para canalização do rio Tamanduateí, não executado. Localização: Biblioteca do FCTH / Cidade Universitária.

PROMON Engenharia. **Projeto de Canalização do rio Tamanduateí – Critérios Básicos**. São Paulo: DAEE, 1977a.

_____. **Obras de Canalização do rio Tamanduateí**. São Paulo: DAEE, 1977b.

_____. **Canalização do rio Tamanduateí. Projeto Executivo – I**. Documentos de concorrência e contratação de obras. Volume III – Desenhos Contratuais. São Paulo: DAEE, 1977c.

_____. **Canalização e Via de Tráfego do rio Tamanduateí. Trecho entre a rua da Mooca e praça Nove de Julho**. Anexo III – Desenhos. São Paulo: DAEE, 1981.

_____. **Canalização e Via de Tráfego do rio Tamanduateí. Projeto Executivo**. Volume 7 – Desenhos – Projetos Complementares. São Paulo: DAEE, 1982.

_____. **Canalização e Via de Tráfego do rio Tamanduateí. Projeto Executivo**. Projeto das estruturas de contenção entre as estacas 371 e 410 e acompanhamento das obras. Relatório Final. São Paulo: DAEE, 1984.

_____. **Canalização e Via de Tráfego do rio Tamanduateí. Projeto Executivo**. Estacas 490 a 620 e Projetos Complementares. Caderno de Desenhos. São Paulo: DAEE, 1986.

Relatórios da PROMON disponíveis na biblioteca do DAEE na Cidade Universitária

SALES, Pedro Manuel Rivaben de. **Santos: a relação entre o porto e a cidade e sua (re)valorização no território macrometropolitano de São Paulo**. Tese (doutorado). São Paulo: FAU USP, 1999.

_____; Baffi, Mirthes Ivany Soares. Acerca da permanência e atualização do território industrial e ferroviário do vale do Tamanduateí – São Paulo. **Revista arq.urb**. Número 3 / primeiro semestre de 2010. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu, 2010.

SANTOS, A. P. Theodoro Sampaio e as águas em São Paulo. **Revista DAE**. São Paulo: SABESP, 2014.

TAVOLARI, Bianca; ROLNIK, Raquel. **Operação Urbana Bairros do Tamanduateí: perigo à vista**. São Paulo: ObservaSP, 2015. Disponível em <https://observasp.wordpress.com /2015/11/26/operacao-urbana-bairrosdo-tamanduatei-perigo-a-vista/>. Acesso em 24/08/2017.

TOLEDO, Benedito Lima de. **São Paulo: três cidades em um século**. São Paulo: Cosac Naify, 2004.

- Subcapítulo 1.3.

Histórico dos projetos para as hidrovias da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

ANA – Agência Nacional de Águas. **A navegação interior e sua interface com o setor de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2005.

CBH-AT – Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Sumário Executivo / Relatório Final**. São Paulo: Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo - FUSP, 2009.

CONSULTEC. **Navegação do Alto Tietê de Jumirim a Mogi das Cruzes – Estudo de Pré-Viabilidade. Volume 1 – Resumo**. São Paulo: Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo, 1975.

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

_____. **Estudos sobre a navegabilidade do Alto Tietê, na região da Grande São Paulo**. Documento resumo. São Paulo: Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo, 1982.

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

COSTA, Samuel Barsanelli; ALMEIDA FILHO, Gerson Salviano de; GIUDICE, Luiz. **Panorama do desassoreamento nos rios Tietê e Pinheiros, São Paulo/SP, Brasil**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, novembro de 2013. Bento Gonçalves – RS: ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos), 2013.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Barragem Móvel Temporária. Caderno de desenhos. In: **Projeto executivo de ampliação da calha do rio Tietê entre as barragens da Penha e Edgard de Souza**. São Paulo: DAEE/PROMON, 1989.

Projeto disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

_____. **Aprofundamento da Calha do Tietê**. São Paulo: DAEE, 2017. Disponível em <http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em 03/11/2017.

_____. **DAEE reativa eclusa da Barragem Móvel**. São Paulo: DAEE, 30 de janeiro de 2012. Disponível em <http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em 03/11/2017.

DH – Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo. **Normas de tráfego nas eclusas da Hidrovia Tietê-Paraná e seus canais**. 4ª revisão. São Paulo: janeiro de 2012.

DH – Departamento Hidroviário do Governo do Estado de São Paulo; ENGECORPS. Eclusa da Penha (apresentação nº 1029-DHI-PEN-RT-E501, Setembro/2010). **Apresentação digital**. São Paulo: DH, 2010.

DIAS, Rafael Ayres de Carvalho. **Usina elevatória de traição: um marco para a expansão urbana em São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2014.

EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A**. Relatório do Departamento de Planejamento e Supervisão da Operação – LO**, março de 2005. São Paulo: EMAE, 2005.

FELIX, Ubirajara Tannuri. Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê. In: 10 anos do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – 2 a 4 de dezembro de 2008, São Paulo. **Apresentação digital**. São Paulo: DAEE, 2008.

FILARDO, Angelo S. **Territórios da Eletricidade. A Light em São Paulo e o Projeto da Serra de Cubatão – 1925-1950**. Dissertação (mestrado). São Paulo, FAUUSP, 1999.

GIRALDO, Arnaldo; RIVA, José Carlos Teixeira. **Anel Hidroviário de São Paulo**. IPT, Engenharia Naval, Publicação Técnica nº 04. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT. São Paulo, 1978.

ICOPLAN – Internacional de Consultoria e Planejamento S/A. **Barragem da Penha – Assistência técnica e controle tecnológico. Desenhos – Volume 1**. São Paulo: SOMA / DAEE, 1981.

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

INTERNAVE. **Projeto de racionalização do sistema de manutenção de profundidades para uso da navegação no Alto Tietê.** Relatório da fase 1. São Paulo: DAEE, 1984.

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

LIMA, Lilian Rouse Silva. **Dragagem, transporte e disposição final de sedimentos de leito de rio. Estudo de caso: Calha do rio Tietê – Fase II**. Dissertação (mestrado). São Paulo, EPUSP, 2008.

MARTINS, Eduardo Pompeo. **Parque fluvial urbano da Eclusa de Pedreira**. Trabalho Final de Graduação. Orientador: Alexandre Delijaicov. São Paulo: FAU USP, 2012.

MIELNIK, Rafael. **Interligação fluvial Alto-Médio Tietê**. Trabalho Final de Graduação. Orientador: Alexandre Delijaicov. São Paulo: FAU USP, 2014.

PROMON Engenharia. **Retificação e outras melhorias do rio Tietê. Barragem e eclusa em Guarulhos. Projeto Básico.** Relatório Técnico, janeiro de 1978. São Paulo: SOMA / convênio DAEE e CETESB, 1978ª

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

_____. **Retificação e outras melhorias do rio Tietê. Projeto executivo do canal – trecho 1. Diretrizes básicas.** Relatório Técnico, outubro de 1978. São Paulo: SOMA / convênio DAEE e CETESB, 1978b

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

_____. **Retificação e outras melhorias do rio Tietê. Barragem e eclusa de Vila Guilherme. Projeto básico.** Volume 3 – desenhos contratuais, novembro de 1978. São Paulo: SOMA / convênio DAEE e CETESB, 1978c

Relatório disponível na biblioteca do FCTH na Cidade Universitária

SÃO PAULO (Cidade). **Plano urbanístico básico. Relatório sintético**. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 1969.

RIBEIRO, Eduardo Dutra Gianni. **Navegação e as águas metropolitanas: Estudo sobre a integração do projeto hidroviário aos sistemas de saneamento da RMSP**. Dissertação (mestrado). São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), Universidade de São Paulo, 2014.

- Subcapítulo 2.1.

Gestão integrada das águas urbanas

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). Presidência da República, 1981.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Presidência da República, 1997.

BRASIL. **Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015.** Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Presidência da República, 2015.

CBH-AT – Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. **Plano da Bacia do Alto Tietê - Sumário Executivo**. São Paulo: FUSP, 2002

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT**. São Paulo: DAEE, 1998.

_____. **Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT3** – Resumo Executivo. São Paulo: DAEE, 2014.

_____. **Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos da MMP**. São Paulo: DAEE, 2013. Disponível em http://www.daee.sp.gov.br>. Acesso em 23/09/2017.

DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A. **Contorno Ferroviário de São Paulo – Ferroanel Norte. EIA/RIMA**. Junho de 2017. São Paulo: DERSA / EPL – Empresa de Planejamento e Logística S.A. / PRIME Engenharia, 2017.

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A. **Plano de Ação da Macrometrópole Paulista 2013-2040**: política de desenvolvimento da Macrometrópole, vol. 1. São Paulo: EMPLASA, 2014.

_____. Artigos: '**Sobre a RMSP'** e **'Macrometrópole Paulista'**. Disponíveis em < https://www.emplasa.sp.gov.br>. Acesso em 22/09/2017.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica; SIURB – Secretaria Municipal de infraestrutura urbana e obras. **Caderno De Bacia Hidrográfica**. Córregos Mandaqui e Águas Espraiadas. São Paulo: SIURB, 2016.

FCTH – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica; SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana**. São Paulo: SMDU, 2012.

HIBRACE, Convênio. **Desenvolvimento Global dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê e Cubatão** (Plano HIBRACE). Resumo, volume I e volume IV. São Paulo: DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica., 1968.

HIDROPLAN, Consórcio. **Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista**. Relatório Resumo. São Paulo: DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica, 1995.

MARTINS, M. A. F.; PIANOVSKI, D. A dimensão geopolítica da questão ambiental. **Revista Eletrônica: Pro-Docência/UEL**. Edição Nº. 5, Vol. 1, jul-dez. 2013. Londrina: UEL, 2013.

NEGREIROS, R.; SANTOS, S. M. M.; MIRANDA, Z. A. I. Nova escala de planejamento, investimento e governança na Macrometrópole Paulista. **Revista Iberoamericana de Urbanismo**, n. 12, p. 121-136. riURB, 2015.

PADOVEZI, Carlos Daher. **Conceito de embarcações adaptadas à via aplicado à navegação fluvial no Brasil.** Tese (doutorado). São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2013.

PALERMO, Marco Antonio. **Gerenciamento ambiental integrado**. São Paulo: Intermeios; Instituto Pró-Ambiente (IPA), 2011.

SÁ, R. A. M.; CARVALHO, A. L. S.; BARBOSA, Y. M.; BARSCH, B.; ARAÚJO, A. R., Jr. Estatuto da Metrópole: a governança interfederativa. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**. Curitiba: PUCPR, 2016

SABESP. **Sistema Produtor São Lourenço. Relatório de Impacto ao Meio Ambiente – RIMA**, março de 2011. São Paulo: SABESP / PRIME Engenharia, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: 2004 / 2007 Resumo**. São Paulo, DAEE, 2006.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015**. São Paulo: SSRH/CRHi, 2013.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto n. 50.079, de 24 de julho de 1968.** Dispõe sobre a constituição do Centro Tecnológico de Saneamento Básico, prevista na Lei estadual n. 10.107, de 8 de maio de 1968, e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 1968.

SÃO PAULO (Estado). **Lei Complementar Estadual nº 1.139, de 16 de junho de 2011**. Reorganiza a Região Metropolitana da Grande São Paulo, cria o respectivo Conselho de Desenvolvimento e dá providências correlatas. São Paulo, 2011.

SigRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Apresentação**. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/apresentacao>. Acesso em 20/07/2017.

SILVA, R. T. **Dimensões Materiais da Governança dos Serviços de Saneamento nas Regiões Metropolitanas Paulistas**. In: Seminário Internacional: A Questão Federativa e a Governança Metropolitana. São Paulo: FNEM, 2011.

SILVA, R. T.; NUCCI, N. L. R.; COSTA, J. J. Recursos hídricos, saneamento e gestão metropolitana: os novos desafios. **Revista Engenharia**, nº 608. São Paulo: Brasil Engenharia, 2012

SOS MATA ATLÂNTICA (Fundação). **25 Anos de Mobilização: O retrato da qualidade da água e a evolução dos indicadores de impacto do Projeto Tietê**. São Paulo: SOS Mata Atlântica, 2016.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Inundações e drenagem urbana. Inundações Urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: ABRH, p. 45-129, 2003.

_____. Gestão integrada das águas urbanas. **REGA - Revista de Gestão de Água da América Latina**. Vol. 5, nº 2, p. 71-81, jul./dez. 2008. Porto Alegre: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2008.

_____. **Gestão integrada das águas urbanas**. RHAMA, abril de 2015. Disponível em: < http://rhama.com.br/blog/index.php/aguas-urbanas/gestao-integrada-de-aguas-urbanas/>. Acesso em: 27 dez. 2017.

- Subcapítulo 2.3.

Conceitos e referências da cidade fluvial

BURNHAM, Daniel; BENNETT, Edward. **Plan of Chicago**. Chicago: The Commercial Club, 1909.

CAIN, Louis P. **Sanitation Strategy for a Lakefront Metropolis – The Case of Chicago.** Chiago: Illinois Univertity Press, 1978.

HERTZBERGER, Herman. **Lições de arquitetura**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

HILL, Libby**. The Chicago River: a natural and unnatural history.** Chicago: Southern Illinois University Press, 2016.
MAGUIRE, Kathleen. **Chicago Then and Now**. London: Pavilion Books, 2016.

MOKUN MARITEAM. **City Suplier.** Disponível em <http://mokummariteam.nl>. Amsterdam: Mokun Mariteam, 2010. Acesso em 15/08/2016.

SASAKI. **Chicago Riverwalk**. Disponível em <http://www.sasaki.com/project/134/Chicago%20Riverwalk/>. Acesso em 08/12/2017.

- Subcapítulo 3.1

Canal Billings-Tamanduateí

PIANC - Permanent International Association of Navigation Congresses. **Canais de Acesso: Um Guia para Projetos.** PTC II- 30 - Relatório final do Grupo de Trabalho Conjunto PIANC e IAPH em colaboração com IMPA e IALA. Bruxelas: PIANC, 1997.

_____. **Innovations in navigation lock design**. Report nº 106-2009. Bruxelas: PIANC, 2009.

- Subcapítulo 3.3.

Bairros fluviais do Moinho Velho

BONZI, Ramón. **Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas densamente urbanizadas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). FAUUSP, 2015.

SCHUTZER, José Guilherme. **Cidade e meio ambiente: a apropriação do relevo no desenho ambiental urbano**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.