

EDUARDO GIANNI DUTRA RIBEIRO

**NAVEGAÇÃO E AS ÁGUAS METROPOLITANAS: ESTUDO
SOBRE A INTEGRAÇÃO DO PROJETO HIDROVIÁRIO AOS
SISTEMAS URBANOS DE SANEAMENTO NA RMSP**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM)
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título mestre em Ciência
Ambiental.**

**Área de Concentração: Conservação e
Desenvolvimento Socioambiental**

Orientadora: Marta Dora Grostein

Co-orientadora: Mônica Porto

Versão Original

Versão original disponível na biblioteca do IEE e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP

SÃO PAULO

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO OU PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Eduardo Gianni Dutra Ribeiro

Navegação e as águas metropolitanas: Estudo sobre a integração do projeto hidroviário aos sistemas urbanos de saneamento da RMSP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título mestre em Ciência Ambiental.

Área de Concentração: Conservação e desenvolvimento Sócio Ambiental

_____ em: ____ de _____ de 2014.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ricardo Toledo

Instituição: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Assinatura: _____

Profa. Dra. Mônica Ferreira do Amaral Porto

Instituição: Escola Politécnica Assinatura: _____

Prof. Dr. Rodolfo Scarati

Instituição: Escola Politécnica Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A todos os membros do Grupo Metr pole Fluvial, que se empenham em construir as pontes entre a academia e o território.

 s professoras Marta Dora Grostein e M nica Porto que, com tranquilidade e generosidade, aceitaram me orientar pelos difíceis caminhos da produ o acad mica.

Aos amigos, pelos momentos de leveza sem os quais não teria conseguido concluir este penoso processo.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional.

RESUMO

RIBEIRO. Eduardo Dutra Gianni. **Navegação e as águas metropolitanas: Estudo sobre a integração do projeto hidroviário aos sistemas urbanos de saneamento da RMSP.** 2014. 244 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

Dentro do cenário de ampliação das políticas de gestão integrada dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT) se encontram a atual postura sobre implementação de um sistema hidroviário na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), plasmados no projeto do Hidroanel Metropolitano. O intuito de ampliar a oferta e a segurança dos serviços vinculados aos sistemas hídricos urbanos tem apontado para o enfrentamento da dispersão setorial da máquina pública, buscando ações que viabilizem as operações multisetoriais e intergovernamentais que façam face aos desafios impostos pelo equilíbrio funcional do complexo hídrico metropolitano.

A navegação urbana se insere neste debate como um sistema estratégico para o desenvolvimento da RMSP ao se prestar à associação de diversos sistemas hídricos urbanos, propondo um conjunto de obras consorciadas que, viabilizando a navegação, busca assegurar e ampliar o funcionamento dos demais sistemas de saneamento.

A dissertação resgata o papel da navegação na história urbana da capital paulista para em um segundo momento sistematizar as interfaces entre o sistema hidroviário e os demais sistemas hídricos urbanos no atual contexto urbano da capital. Foi traçado um histórico dos estudos realizados sobre este tema se estendendo sobre dois, representativos de dois momentos importantes do processo conformação da metrópole paulista: o relatório da primeira Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê de 1924, presidida pelo Eng. Saturnino de Brito e o Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo de 1983, conhecido como Plano SANESP. O critério utilizado para esta seleção pautou-se na questão que conduziria o texto: os níveis de integração notórios previstos nestes projetos com relação aos demais sistemas de saneamento, sendo estes definidos neste trabalho conforme o entendimento da lei 11.445/2007, amparando o abastecimento de água potável, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, Limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos e esgotamento sanitário.

Palavras chave: Navegação urbana; Hidrovia Metropolitana; Hidroanel Metropolitano; Integração de infraestruturas urbanas; gestão integrada de sistemas urbanos;

ABSTRACT

RIBEIRO. Eduardo Dutra Gianni. **Navigation and the Metropolitan Waters: Study of Integration between the inland navigation project and sanitation systems at São Paulo Metropolitan Area**, 2014.244f. Thesis Master's Dissertation – Graduate Program of Environmental Science, University of São Paulo, São Paulo, 2014.

Within the expansion scenario of the integrated management policies of water resources in the Upper Tietê River Basin (UTRB) the current stance on implementing a waterway system in the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP), established in the Metropolitan Waterway Ring project. The purpose of expanding the supply and safety of services related to urban water systems has pointed to confront the sectoral dispersion of the public administration, seeking to make viable multi-sectoral and intergovernmental operations that do meet the challenges imposed by the functional balance of the metropolitan water complex.

The urban navigation is included in this discussion as a strategic system for the development of the MRSP by paying the association of many urban water systems by proposing a set of works that intercropped, enabling navigation, seeks to ensure and expand the operation of other sanitation systems.

The dissertation rescues the shipping role in the urban history of the state capital to a second stage systematize the interfaces between the waterway system and other urban water systems in the current urban capital context. A history of studies on this subject were traced extending over two, representing two important moments during the shaping process of the metropolis: the report of the First Committee of the Tietê River Improvements 1924, chaired by Mr. Saturnino de Brito and the Master Plan of use of the Integrated Water Resources in the Metropolitan Region of São Paulo in 1983, known as SANESP Plan. The criteria used for this selection was based on the question that would lead the text: levels of integration provided in these notorious projects in relation to other sanitation systems, which are defined in this study as the understanding of the law 11.445/2007, encompassing the potable water supply, drainage and management of urban stormwater, cleaning and handling of the municipal solid waste and sewage.

Keywords: Inland Urban Navigation; Metropolitan Waterways; Metropolitan Waterway Ring; Urban infrastructure Integration; Urban Systems integrated management

O Atlas do Grande Khan também contém mapas de terras prometidas visitadas na imaginação, mas ainda não descobertas ou fundadas: a Nova Atlântida, Utopia, a Cidade do Sol, Oceana, Tamoé, Harmonia, New-Lanark, Icária.

Kublai perguntou a Marco:

-Você, que explora em profundidade e é capaz de interpretar os símbolos, saberia me dizer em direção a qual desses futuros nos levam os ventos propícios?

-Por esses portos eu não saberia traçar a rota nos mapas nem fixar a data da atracação. Às vezes, basta-me uma partícula que se abre no meio de uma paisagem incongruente, um aflorar de luzes na neblina, o diálogo de dois passantes que se encontram no vaivém, para pensar que partindo dali construirei pedaço por pedaço a cidade perfeita, feita de fragmentos misturados com o resto, de instantes separados por intervalos, de sinais que alguém envia e não sabe quem capta. Se digo que a cidade para a qual tende a minha viagem é descontínua no espaço e no tempo, ora mais rala, ora mais densa, você não pode crer que pode parar de procurá-la. Pode ser que enquanto falamos, ela esteja aflorando dispersa dentro dos confins de seu império; é possível encontrá-la, mas da maneira como eu disse.

O Grande Khan já estava folheando em seu Atlas os mapas das ameaçadoras cidades que surgem dos pesadelos e nas maldições: Enoch, Babilônia, Yahoo, Brave New World.

Disse:

-É tudo inútil, se o último porto só pode ser a cidade infernal, que está no fundo e que nos suga num vórtice cada vez mais estreito.

E Pólo:

-O inferno dos vivos não é algo que será; se existe, é aquele que já está aqui, o inferno no qual vivemos todos os dias, que formamos estando juntos. Existem duas maneiras de não sofrer. A primeira é fácil para a maioria das pessoas: aceitar o inferno e fazer parte deste até o ponto de deixar de percebê-lo. A segunda é arriscada e exige atenção e aprendizagem contínuas: tentar saber reconhecer quem e o que, no meio do inferno, não é inferno, e preservá-lo, e abrir espaço.

Diálogo entre Marco Pólo e Kublai Khan, *As cidades invisíveis*, Ítalo Calvino

SUMÁRIO EXECUTIVO

INTRODUÇÃO	14
1.1 Navegação	17
1.1.1 A Dimensão Técnica e ambiental da navegação para o século XXI	20
1.1.2 Premissas de um projeto hidroviário	22
1.2 Navegação e Uma Outra Natureza	24
1.3 A Navegação e as Cidades	25
1.4 A navegação e a formação da cidade de São Paulo.....	26
1.4.1 Hidromorfologia Urbana.....	30
1.5 Navegação e as águas – Conflitos e sinergias com os sistemas de saneamento 32	
1.5.1 Complexidade e Flexibilidade – novos paradigmas frente aos cenários de incertezas	33
1.5.2 Drenagem e Navegação	34
1.5.2.1 Navegação e o controle das cheias no contexto metropolitano	35
1.5.2.2 Marco conceitual – caminhos e limites da drenagem na BHAT	35
1.5.3 Relações Navegação-Drenagem.....	37
1.5.4 Conflitos Drenagem/Navegação – O contexto internacional.....	37
1.5.6 Interferências e sinergias.....	40
1.5.6 Navegação/drenagem - Impacto do sistema hidroviário no controle de cheias. 42	
1.5.7 Navegação/Drenagem - Efeitos dos elementos de um sistema hidroviário no sistema de macrodrenagem.....	43
1.6 A Construção do Complexo Hídrico Metropolitano - Uma visão Panorâmica..	44
1.6.1 A Institucionalização da esfera Metropolitana	49
2.0 Introdução ao Capítulo 2	52
2.1 Estudos prévios às Comissões de Melhoramentos do Rio Tietê	54
2.1.1 Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê - Histórico.....	57
2.1.2 Conceitos e Fundamentos	58
2.1.2.1 Navegação.....	58

2.1.2.2 Estrutura Conceitual do relatório	60
2.1.2.2.1 recortes Administrativos e Recortes de projeto	60
2.1.2.2.2 O controle das águas e urbanização das várzeas	62
2.1.2.3.1 Obras a montante.....	65
2.1.2.3.2 Obras a jusante	66
2.1.2.3.3 Obras em São Paulo.....	66
2.1.3 Níveis de Integração e Complexidade	68
2.1.3.1 Navegação e Drenagem.....	70
2.1.3.1.1 Quanto ao traçado do canal	70
2.1.3.1.2 Quanto às seções do canal	71
2.1.3.1.3 Quanto às Barragens e eclusas	73
2.1.3.1.4 Quanto às obras de controle nas cabeceiras.....	74
2.1.3.2 Navegação e Abastecimento	75
2.1.3.3 Navegação e Geração de energia elétrica.....	75
2.1.3.4 Navegação e Controle de Poluição.....	77
2.1.4 Considerações finais - CMRT I.....	79
2.2 Introdução - Plano SANESP	81
2.2.1 O relatório e sua estrutura conceitual	83
2.2.1.2 Condições de Navegação na BHAT.....	85
2.2.1.3 Navegação e as escalas urbanas / Recortes Administrativos e Recortes de projeto....	87
2.2.2 Níveis de Integração e Complexidade.....	88
2.2.2.1 Navegação e Abastecimento.....	89
2.2.2.2 Navegação e Drenagem.....	90
2.2.2.3 Navegação e Geração de Energia Elétrica.....	92
2.2.2.4 Navegação e Controle de Poluição	93
2.2.3 Considerações Finais - Plano SANESP	94
3.0 Introdução ao Capítulo 3	96
3.1 Os Projetos de Navegação e a dimensão ambiental.....	98
3.1.1 Hidrovia Tietê-Paraná e a gênese da navegação no Estado de São Paulo.	99
3.1.2 Os Planos hidroviários para a cidade de São Paulo	102

3.1.3 Os Projetos para um Anel Hidroviário na cidade de São Paulo	104
3.2 A Cidade e as águas – pensando a navegação no contexto metropolitano – O atual Projeto do Hidroanel Metropolitano.	108
3.2.1 O papel da navegação para a metrópole de São Paulo	112
3.2.1.1 Transporte e as águas – importância dos rios para a Logística metropolitana	112
3.2.2 Planejamento nas esferas de poder e o Futuro próximo da hidrovia	117
3.2.3 Condições Gerais de Navegação na BHAT	120
3.2.3.1 com relação à qualidade das águas	120
3.2.3.2 com relação às condições geométricas dos canais.....	121
3.2.3.3 com relação às interferências físicas	125
3.2.4 Condicionantes Hidráulicos de Navegabilidade na BHAT	128
3.2.5 As condições de Interação das vias navegáveis com os demais modais:	129
3.3 A navegação e os usos múltiplos das águas na BHAT	131
3.3.1 O Hidroanel e o saneamento metropolitano – Possíveis sinergias	133
3.3.2 Navegação e Escassez Hídrica.....	134
3.3.3 Navegação e o controle de poluição	137
3.3.4 Navegação e Drenagem.....	138
3.3.5 Navegação e Abastecimento	151
3.3.5.1 Hidroanel metropolitano e sistema de abastecimento – Interfaces	151
3.5.1.1 Conexão Billings-Tamanduateí.....	155
3.5.1.2 Conexão Billings-Taiaçupeba	157
3.4 Desafios para a efetivação da hidrovia metropolitana	157
CONCLUSÃO	160
BIBLIOGRAFIA	164
IMAGENS	170

CAPITULO 1

A navegação no seu contexto urbano e a interface com os demais sistemas urbanos de saneamento

INTRODUÇÃO

Os novos cenários da agenda metropolitana paulista tem apontado para a ampliação das políticas de gestão integrada dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BHAT). O intuito de ampliar a oferta e a segurança dos serviços vinculados aos sistemas hídricos urbanos tem apontado para o enfrentamento da dispersão setorial da máquina pública, buscando ações que viabilizem as operações multisetoriais e intergovernamentais, fazendo face aos desafios impostos pelo equilíbrio funcional do complexo hídrico metropolitano¹.

Dentro deste contexto a navegação urbana tem sido debatida como um sistema² estratégico para o desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) por se associar a diversos sistemas hídricos urbanos e propor um conjunto de obras consorciadas que, viabilizando a navegação, busca ampliar e assegurar o funcionamento dos demais sistemas de saneamento.

A implementação de um sistema hidroviário³ na cidade de São Paulo esteve no escopo de inúmeros planos e estudos de retificação dos seus rios realizados a partir do final do século XIX⁴, planos estes que redesenharam a morfologia dos corpos hídricos da BHAT. Embora o sistema hidroviário nunca tenha sido plenamente implementado⁵ na história metropolitana pós-retificações, foi deixada na estrutura dos canais e

¹ **Complexo Hídrico Metropolitano**, conforme entendimento deste trabalho configura-se como o conjunto de obras civis que constituíam a rede de infraestruturas dos sistemas usuários de recursos hídricos da RMSP.

² Para efeito deste trabalho será considerado como **sistema** uma combinação de componentes (unidades funcionais) ou elementos que agem juntos para desempenharem um objetivo específico, um propósito (OGATA, 2004; ROBERTS et al., 1983).

³ Para efeitos desta pesquisa será considerado um **Sistema Hidroviário** o conjunto de elementos técnicos necessários para garantir a navegação, de maneira segura, ao longo de canais, rios, lagos e represas, bem como a conexão entre Lâminas d'água com cotas distintas, possibilitando a conexão hidroviária entre cotas distintas (ANA, 2005).

⁴ A primeira Comissão de Saneamento realizou estudos de canalização comprometidos com os interesses hidroviários.

⁵ Embora a navegação nunca tenha deixado efetivamente de existir já que as travessias lacustres nas Represas Billings e Guarapiranga bem a navegação de barcos para a dragagem dos canais acompanharam o desenvolvimento da cidade a partir da segunda metade do século XX (INTERNAVES, 1984).

represamentos da BHAT os acenos das suas intenções hidroviárias. Até a década de 50, quando os barcos que navegavam o Tietê faziam parte da paisagem urbana da capital, a navegação constituía uma importante forma de abastecimento para a cidade (JOYCE, 2006). Ao longo do processo de retificação e canalização este uso se viu subtraído dos novos canais, a revelia dos planos que pretendiam implementá-lo de forma sistêmica, e os rios então navegáveis foram encerrados por grandes rodovias, se transformando em valas em grande parte reduzidas às funções de escoamento dos esgotos urbanos e das águas das chuvas.

Este cenário de abandono tem sido revertido pela ampliação dos trechos navegáveis na BHAT⁶ e recentemente ganhou fôlego com retomada do projeto do anel hidroviário metropolitano (São Paulo ST DH, 2009) e posteriormente licitados os Estudos de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo (DH Contrato N° 034/2010), ambos encomendados pelo Departamento Hidroviário da Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo. Este projeto⁷ busca a combinação de escopos de diferentes ações setoriais e o aproveitamento das sinergias técnicas entre a navegação e os sistemas hídricos urbanos⁸. O quadro de integração implícito ao projeto demanda uma sistematização das interfaces entre o sistema hidroviário urbano e os sistemas de saneamento e este aspecto será o objeto de estudo principal desta dissertação.

Para elucidar o potencial do projeto do Hidroanel Metropolitano no desenvolvimento da RMSP no século XXI, esta pesquisa se debruçará sobre a implementação do sistema hidroviário no contexto atual do Complexo Hídrico Metropolitano, focando no estudo dos modelos de integração adotados com os demais sistemas de saneamento e no formato como qual estas questões foram trabalhadas em estudos anteriores.

⁶ Por meio da conclusão da eclusa do cebolão que tornou navegável o trecho de 44 km de Edgard de Souza até a Penha e, recentemente, com as obras da eclusa da Penha que deve expandir o trecho metropolitano navegável para 58 km (BUSSINGER, 2012).

⁷ Será considerada, para efeito desta pesquisa, a proposta contida na Articulação Arquitetônica e Urbanística dos Estudos de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo, realizado pelo LABPROJ 2 (Grupo Metrôpole Fluvial) da FAU-USP em 2011, em função do contrato DH N° 034/2010, realizado entre o Departamento Hidroviário da Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo, e a contratada, PETCOM – Planejamento em Transporte e Consultoria Ltda.

⁸ Nesta dissertação são considerados Sistemas Hídricos Urbanos os seguintes setores usuários de Recursos Hídricos da RMSP: Abastecimento, Diluição de Esgotos, Controle de Inundações, Energia e Navegação.

Dentre os muitos estudos realizados⁹ para se implementar um sistema hidroviário urbano na BHAT, serão analisados o relatório da primeira Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê de 1924, presidida pelo Eng. Saturnino de Brito e o Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo de 1983, conhecido como Plano SANESP. O critério utilizado para esta seleção pautou-se na questão que conduziria o texto: os níveis de integração notórios previstos nestes projetos com relação aos demais sistemas de saneamento, sendo estes definidos neste trabalho conforme o entendimento da lei 11.445/2007, amparando o abastecimento de água potável, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, Limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos e esgotamento sanitário.

Assim, o primeiro capítulo tem como objetivo contextualizar a relação da navegação com o surgimento e desenvolvimento das cidades bem como descrever de maneira panorâmica os inúmeros vínculos que este sistema estabeleceu com o restante dos sistemas Hídricos Urbanos. Também tem como finalidade contextualizar o caso de São Paulo apontando as excentricidades sobre as quais se assentam o caso da metrópole paulista.

Foi realizado um grande número de projetos para implementação hidroviária na BHAT, se desdobrando em hierarquia e conceitos de inserção urbana muito diversos, constituindo um mosaico de sistemas com diferentes níveis de articulação com o tecido urbano que eles atravessam assim como com os sistemas de saneamento que eles, forçosamente, interagem. Neste contexto, a análise realizada no capítulo 2 de dois momentos históricos com características muito diversas para a implantação de um sistema hidroviário urbano, servirá de subsídio para a discussão das atuais questões que orbitam o atual projeto do Hidroanel Metropolitano, conteúdo a ser desenvolvido no capítulo 3.

Embora termos como hidrovia, aquavia, via navegável ou caminho fluvial serem normalmente considerados sinônimos, existem especificidades associadas ao conteúdo

⁹Até a data desta pesquisa foram encontrados dois grandes levantamentos que tinham como objetivo inventariar os projetos hidroviários no trecho metropolitano, o primeiro, realizado a ocasião da execução do primeiro Plano de Bacia do Alto Tietê em 2009 e o segundo, um compêndio de projetos catalogados pelo Departamento Hidroviário, que viria a ser exposto e debatido durante o seminário "Navegação na Região Metropolitana de São Paulo", realizado no Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo (IPT-USP) em 2008.

do que define uma hidrovia. 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 dispõem de cartas de navegação (ANA, 2005)¹⁰.

Dentro deste contexto podemos falar que até a década de 50 existiram vias navegáveis amplamente utilizadas na capital e que os planos que previram a navegação pretendiam implementar um sistema hidroviário na BHAT, ou seja, um sistema pautado em um projeto para a navegação, com certa tipologia e características técnicas de suas vias e de suas embarcações.

Das bandeiras às barcas de argila e areia até a recente recuperação do potencial urbano e da sua dimensão ambiental, estruturando a logística reversa metropolitana, os papéis da navegação foram diversos, mas sempre presentes (mesmo que apenas como perspectiva futura) na história de São Paulo. A navegação moderna, contida na forma de projeto hidroviário, foi continuamente pensada, mas nunca efetivada, ao longo do século XX, e mais do que nunca os serviços urbanos associados a este sistema, que passam pela logística reversa necessária a gestão de seus resíduos sólidos até a segurança hídrica cada vez mais deficitária para o abastecimento urbano, orbitam temas centrais para a metrópole paulista neste século XXI.

1.1 Navegação

A construção de um Sistema Hidroviário Fluvial está condicionada pela morfologia do território e inscrita na hidrografia que lhe dá forma, no entanto, em situações excepcionais, esta pode desviar desses dados naturais, criando novos caminhos por onde um rio jamais passaria. Essa liberdade conquistada pela técnica permite a sobreposição de dois discursos que obedecem as mesmas leis, mas não à mesma lógica: em um sistema hidroviário nem sempre a hidromorfologia original

¹⁰ Agência Nacional das águas. A Navegação Interior e a sua Interface com o setor de Recursos Hídricos

explica o caminho das águas(ver fig. 12, 13 3 14, p.175-176). Neste sentido, a articulação hidroviária sobre o território opera a partir da leitura e adaptação das condições naturais sem, no entanto, se restringir a elas. Aí residem os tuneis-canais, canais laterais, pontes-canais, escadas de eclusas e outras obras de arte (ver fig. 11, p.175)que transformam as restrições naturais incorporando na sua execução custos econômicos, sociais e ambientais que devem ser equacionados e avaliados (PADOVEZI, 2003) ¹¹.

Neste sentido a estruturação de um sistema hidroviário exige uma cuidadosa análise sobre aspectos hidrológicos, hidrodinâmicos e morfodinâmicos do sitio estudado bem como a sua condição topográfica e geográfica e, por fim, a sua resultante morfológica (gradientes, seções transversais, material do leito etc.) planejada para o sistema (PIANC, 2009). Os rios apresentam condições de navegabilidade diferentes ao longo do ano e apresentam maiores restrições à medida que as embarcações também se tornam maiores (PADOVEZI, 2003). Estas questões impõem limites na natureza e no grau das modificações necessárias para se alcançar os objetivos da navegação, sendo eles (PIANC, 2009):

- Garantir profundidade e largura suficientes nos canais navegáveis
- Garantir a navegabilidade ao longo do ano
- Garantir estabilidade do leito hidroviário
- Segurança do canal e das embarcações
- Garantir os vãos hidroviários e alturas mínimas das pontes
- minimizar a necessidade de mudança de velocidades e direção das embarcações
- Suporte de infraestrutura

Um sistema hidroviário pode ser caracterizado:

- Quanto à escala -Usualmente é um sistema associado a grandes distâncias territoriais para se viabilizar financeiramente (colocar referencias quanto a este dado), esta equação financeira adquire outros contornos quando projetada em um contexto urbano onde entram na equação uma série de externalidades não consideradas e

¹¹PADOVEZI, Carlos Daher. Conceitos de Embarcações Adaptadas à Via Aplicada a Navegação Fluvial no Brasil. Tese (Doutorado). São Paulo, 2003.

regimes de saturação que alteram os custos, principalmente do modal rodoviário (SANTANA; TACHIBANA, 2004).

- Quanto às cargas - de característica lenta, o modal hidroviário está associados a produtos pouco perecíveis, de baixo valor agregado e que demandam grandes volumes serem transportados(SANTANA; TACHIBANA, 2004) ¹².

- Quanto à eficiência energética - Constitui-se como modal de grande eficiência, responsável por 90% do volume da movimentação de cargas mundial consumindo, no entanto, 20% do montante energético destinado aos transportes (BUSSINGER, 2012).

- Quanto à segurança – a navegação interior é considerada um meio de grande segurança, com baixos riscos e índices de acidentes (BRANCO, 2010).

- Quanto aos benefícios ambientais – O transporte fluvial, na mesma medida em que alivia a pressão sobre os sistemas terrestres de transporte, diminui a emissão de poluentes e a demanda sobre as infraestruturas rodoviárias (PIANC, 2009).

É importante frisar que o transporte hidroviário apresenta menores custos com relação aos transportes ferroviários e rodoviários quando a cadeia logística se encontra bem equacionada. Isto porque a navegação é dependente de integrações multimodais eficientes para fazer valer as sua eficiência e baixo custo operacional (PADOVEZI, 2003) (ANA, 2005).

O Transporte Hidroviário, ao longo do século XX, cedeu espaço ao rodoviário em todo o mundo, tal como havia acontecido com o ferroviário. A crise ambiental, entretanto, vem impulsionando a navegação que tende a reconquistar a sua participação modal no cenário mundial (BRANCO, 2008; BUSSINGER, 2012). A Europa tem sido a grande fomentadora deste rearranjo logístico¹³ em busca de uma rede menos impactante e mais equilibrada (BRANCO; MARTINS, 2006) ¹⁴. As metas são ambiciosas e países como a Alemanha pretendem chegar à equidade de peso dentro da malha logística entre

¹² SANTANA, W. A.; TACHIBANA, T. . **Caracterização dos elementos de um projeto hidroviário, vantagens, aspectos e impactos ambientais para a proposição de metodologias técnico-ambientais para o desenvolvimento do transporte comercial de cargas nas hidrovias brasileiras.** Disponível em: < http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista6.pdf> Acesso em: 21 de outubro de 2011, 14:53h.

¹³ Estudos mostram que a União Europeia tem prejuízos anuais da ordem de 1,5% do PIB em congestionamentos (MARTINS; SCHUMANN, 1998)

¹⁴ BRANCO, A. M.; MARTINS, M. H. B.. Navegação Fluvial no Estado de São Paulo. **Revista Engenharia** N° 579, 2006. p.104-113.

os modais ferro, rodo e hidro, modernizando instalações, equipamentos e desenvolvendo novas tecnologias em embarcações. (BRANCO; MARTINS, 2006)

Enquanto o Estado de São Paulo concentra 93% da sua movimentação de cargas sobre pneus, os Estados Unidos, país usualmente associado às políticas rodoviárias e ao fomento da indústria automotiva, possuem um espectro logístico ¹⁵ bem mais equilibrado, onde 24,9% das cargas se destinam ao rodoviário, 22,6% ao hidroviário, 38,9% ao ferroviário, 16,2% o hidroviário e 0,4% ao aeroviário.

1.1.1 A Dimensão Técnica e ambiental da navegação para o século XXI

As características físicas do sistema tornam o modal hidroviário extremamente atraente para a realidade da RMSP, tendo em vista que, conforme avaliação da Conferência Europeia de Ministros de Transportes ¹⁶, a navegação é o modo de transporte que faz menor uso de espaço. Para efeitos de medida, no espaço necessário para acomodar um mesmo tráfego, a rodovia utiliza 290 mil hectares, a ferrovia, 84 mil, e a hidrovias, apenas 30 mil. Em uma metrópole onde, sob a ótica do transporte, o espaço físico dos rios encontra-se subutilizado e o tecido urbano extremamente saturado, a disponibilidade de espaço se torna um dos elementos mais caros à população. Fica claro que o equacionamento deste tipo de demandas vinculadas aos sistemas de mobilidade e transporte urbanos deve se tornar cada vez mais estratégico pra o desenvolvimento da RMSP.

O sistema hidroviário está, na literatura técnica brasileira, usualmente associado às grandes distâncias e ao transporte de produtos de baixo valor agregado, em uma associação direta ao modelo das hidrovias continentais em detrimento do extenso e complexo espectro de situações onde este sistema já encontrou e encontra terrenos férteis à sua aplicação. Este estreitamento do discurso está na esteira dos

¹⁵ Fonte: Geipot, Anuário estatístico dos transportes, Brasília. 1997

¹⁶Table Ronde 18 - Conferência Europeia dos Ministros de Transportes (1997 apud BRANCO; MARTINS, 2006, p.105).

acontecimentos históricos que, no contexto das transformações econômicas da história recente do Brasil, devem ser revistos e equacionados a partir de outros princípios (BRANCO; MARTINS, 2006).

A ideia ainda corriqueira de que o transporte hidroviário só se torna econômico a grandes distâncias e com cargas de baixo valor agregado pode ser defendida como uma associação ultrapassada (BRANCO; MARTINS, 2006). Existe uma gama crescente de produtos que são transportados pelas hidrovias¹⁷ estadunidenses e europeias que expandem este espectro de cargas, tais como combustíveis líquidos e sólidos, diversos produtos alimentícios, materiais de construção industrializados, peças e componentes industriais, automóveis, equipamentos de grande porte etc.

A viabilização de um transporte Hidroviário também não pode mais ser vinculada às grandes distâncias e a este fato contribuem dois fatores: a intermodalidade crescente e a unitização das cargas comerciais. A implementação de uma rede intermodal associada à utilização de contêineres permitiu, tal como é prática comum na malha logística europeia, o transporte de cargas, sem inconvenientes, a distâncias menores (BRANCO & MARTINS, 2006).

O transporte hidroviário soma larga vantagem em relação aos custos dos modais ferroviário e, sobretudo, rodoviário. A valoração destes custos, claramente, varia de país para país de acordo, mas podemos estabelecer as ordens de grandeza entre os custos modais. Os custos diretos comparados seguem a proporção de 1/2/3, respectivamente (FAT, 2004). Analisando os custos indiretos, onde se incluem os custos socioambientais, esta relação se altera para 1/2/5¹⁸ (BRANCO; MARTINS, 2006).

A grande eficiência energética deste modal pode ser estratégica para se alcançar as metas de redução das emissões de carbono assumidas pelo país (BUSSINGER, 2011). A análise do Plano Diretor de Desenvolvimento dos Transportes do Estado de São Paulo

¹⁷L'Europe Fluvia- le. Revista Navigation, Ports & Industries, 15 de março de 2000.

¹⁸ Segundo dados do Porto Autônomo de Paris (apud FAT, 2004 p.22), deve ser acrescentados à totalidade dos custos operacionais a seguinte escala de custos indiretos: modo rodoviário, custos indiretos de 32 dólares/mil ton-km; modo ferroviário, custos indiretos de 7,4 dólares/mil ton-km; hidroviário, custos indiretos de 2,3 dólares/mil ton-km. Estes custos são derivados dos acidentes, ruídos, poluição do ar, poluição do solo, efeitos de segregação e ocupação do solo. A soma dos dois custos geram os seguintes custos finais (incluindo aqueles de natureza socioambiental): modo rodoviário, custos finais de 66 dólares/mil ton-km; modo ferroviário, custos finais de 28,4 dólares/mil ton-km; hidroviário, custos finais de 14,3 dólares/ mil ton-km.

permite dimensionar, dentro dos horizontes de projeto do programa¹⁹, a economia de 600 milhões de litros anuais (BRANCO; MARTINS, 2006).

Somada a essas mudanças a própria cidade de São Paulo, no decorrer da maturação dos processos de metropolização, alcançou escalas físicas e um volume populacional que exigem certos deslocamentos frente aos discursos consolidados pela literatura técnica hidroviária. A navegação, usualmente associada aos deslocamentos territoriais agora se depara com uma aglomeração urbana do porte populacional de países inteiros, resta saber que a RMSP possui a população equivalente a da Austrália, ou Holanda, duas vezes a de Portugal, inserida em uma bacia que se estende por pouco mais de 54 km². Caberia, hoje, frente ao próprio processo de desenvolvimento metropolitano reavaliar o potencial da navegação nas suas diferentes escalas, em nova relação aos fenômenos e demandas urbanas.

1.1.2 Premissas de um projeto hidroviário

A navegação é considerada um meio de alta eficiência energética e baixo custo operacional. Este modal, normalmente associado a cargas de baixo valor agregado (PIANC, 2009), se viabiliza a partir de requerimentos técnicos específicos que respondem às condições hidrográficas naturais e às características da navegação que pretende ser ali praticada.

O projeto hidroviário precisa garantir distâncias mínimas de ultrapassagem entre embarcações e entre estas e a margem do canal. Também é necessário garantir a profundidade mínima para a navegação de acordo com as embarcações que navegarão por aquele sistema. O uso de maiores profundidades nos canais busca minimizar o consumo de energia por tonelada transportada, esta opção implica em utilizar um

¹⁹Assumindo-se os cálculos e leitura do Engenheiro Adriano Murgel Branco, o Plano Diretor de Desenvolvimento dos Transportes do Estado de São Paulo atribuiu ao transporte hidroviário 0,2% das TKUs relativas ao ano 2020. Aceitando a ordem de 6%, como parece possível pelo autor, a economia de combustível, no horizonte do ano 2020, seria de 600 milhões de litros anuais. (BRANCO & MARTINS, 2006)

menor número de embarcações em contrapartida aos seus tamanhos cada vez maiores (PIANC, 2009). Esta decisão tem desdobramentos importantes na morfologia e geometria do sistema, demandando o aumento das profundidades mínimas requeridas, uma maior largura dos canais bem como de seus raios de curvaturas.

Em contraponto a estas posturas, alguns estudos têm sido realizados no intuito de viabilizar a navegação em condições cada vez mais restritivas, seja por questões ambientais, seja pela disponibilidade hídrica reduzida de certos trechos do sistema. Estudos como o Innovative Barge Trains for effective Transport on Inland Shallow Waters (INBAT)²⁰, realizado na Europa, tem desenvolvido tecnologias envolvendo engenharia naval, engenharia de materiais e design de embarcações, para a operação de média carga em canais com apenas 1 metro de profundidade, conseguindo menores impactos ambientais e maior eficiência na operação das embarcações.

Este programa pode se enquadrar em uma postura que tem ganhado fôlego frente às demandas socioambientais atuais, a de embarcações adaptadas à hidrovia (PADOVEZI, 2003). Este conceito inverte o caráter interventor da engenharia que tende a adaptar os meios (rios e canais) às demandas de calados cada vez maiores das embarcações. O estudo e desenvolvimento de novas embarcações permite adaptar a navegação a trechos até então não navegáveis, mas também à produção de naves com características específicas que diminuam o impacto da atividade hidroviária em áreas ambientalmente sensíveis (PADOVEZI, 2003).

A manutenção das profundidades mínimas dos canais requer, por vezes, o uso de procedimentos de dragagem e correção dos leitos. As profundidades mínimas para a navegação podem se tornar problemáticas nos períodos de estiagem quando o recurso hídrico se torna escasso. Algumas medidas corretivas, no entanto, podem ser adotadas, como a adoção de eclusas com câmaras economizadoras de água, ajudando a reduzir a perda hídrica durante as operações de eclusagem.

²⁰ Informações disponíveis em: <http://www.vbd.uni-duisburg.de/inbat/public/project.htm#eins> acessado 02/01/14.

1.2 Navegação e Uma Outra Natureza

Um sobrevoo pelo continente europeu (ver fig.8 a 14 p. 175-176) nos permite vislumbrar rios que se cruzam, pontes de águas que passam sobre rodovias, canais metros acima de ruas e calçadas, resultados da materialização de conhecimentos que há séculos vem construindo novas relações espaciais libertas, agora, da natureza tida como um dado.

As hidrovias são fruto do esforço humano, uma interação produtiva entre técnica e meio, embora, em muitos casos, as restrições que a ela se impõe não sejam dados naturais e, sim, fruto da própria ação humana. Este é o caso de Itaipu, no rio Paraná, de Rosana, em Paranapanema, de Água Vermelha, no rio Grande e de São Simão, no rio Paranaíba, projetos que privilegiaram a geração hidroelétrica sem considerar a navegação, forçando a atual formatação de sistema fechado da Hidrovia Tietê-Paraná, gerando grande ônus à sociedade (BRANCO & MARTINS, 2006).

Durante os primeiros séculos do desenvolvimento hidroviário a navegação se adaptava a hidromorfologia e, apesar de pequenas intervenções como portos e eclusas existirem, a condição morfológica natural dos rios era praticamente inalterada. O desenvolvimento tecnológico do final do século 18 permitiu modificações intensas neste campo, grandes eclusas, represas, regularização iam ao encontro das demandas crescentes por transporte, principalmente, pela Europa e Estados Unidos (PIANC, 2009) ²¹.

O século XXI traz como demanda a revisão desses processos e a adequação das técnicas aos cenários onde as variantes ambientais são incluídas nos custos de operação (PADOVEZI, 2003). Para além da eficiência tal e qual é entendida usualmente na literatura técnica hidroviária, os sistemas devem ser pensados a partir do funcionamento dos sistemas territoriais e urbanos, mas também dos sistemas ambientais. Além desta dimensão a própria complexidade e, por vezes, fragilidade dos sistemas urbanos demandam uma análise a partir de um olhar integrador, sobre a simultaneidade e múltiplas inter-relações que estes sistemas estabelecem.

²¹ PIANC. 2009. Sustainable waterways within the context of navigation and flood risk management. Report No. 107. PIANC Environmental Commission.

A ação transformadora da técnica viabilizou a alteração das condições de uma dada hidrografia manipulando a base material na qual esta se ampara. A funcionalidade destes sistemas, no entanto, depende dos horizontes de influência considerados para o cálculo e quantificação dos elementos que o compõe e é a tensão que se estabelece entre os horizontes de influência e a capacidade de resposta destes sistemas que determinam os sucessos e fracassos dos seus meios.

A história das cidades, e particularmente, a de São Paulo, mostrou que a determinação dos horizontes de influencia está muito além da esfera de controle da engenharia e nela atuam não somente a evolução dos processos bio-climáticos naturais como os próprios processos urbanos em toda a sua complexidade social, econômica e política, gerando desdobramentos territoriais que, ainda hoje, escapam dos mecanismos de coerção e controle criados pra ordená-los.

1.3 A Navegação e as Cidades

A história da navegação e a história das cidades possuem inúmeros paralelismos e, por vezes, se confundem. Os cruzamentos de rotas comerciais, vetores muitas vezes organizados pelos caminhos das águas, criavam pontos estratégicos nos territórios que, historicamente, foram os pontos de nascimentos de inúmeras cidades (PHILLIPS, 1923).

A proximidade dos assentamentos humanos a fontes seguras de água é uma constante na história e é nesta condição que se amparam as possibilidades de construção e reprodução de uma sociedade. Os inúmeros serviços urbanos dependentes desse recurso fizeram com que, em distintos momentos da história das cidades, houvesse associações funcionais e de escopos entre eles. Assim aconteceu com o sistema hidroviário quando esteve associado a outros sistemas hídricos tais como drenagem e abastecimento. A exemplo da Europa, quando o processo de desenvolvimento urbano gerou um descompasso entre disponibilidade e demanda de água, a adoção de obras de canalização conciliaram navegação e abastecimento e por vezes navegação e drenagem, a exemplo, respectivamente, de Paris em 1815 com a conclusão do Canal de Saint Martin e de Viena, em 1988, com a execução do Novo Danúbio.

Particularmente no continente americano, o uso dos rios para a navegação foi um importante instrumento de exploração do território, a navegação criou vias estruturantes de comunicação e de comércio em um continente com escalas difíceis de serem vencidas (BERGON, 2002)²²

Importantes cidades do Mundo tiveram seu desenvolvimento associado à existência de um Sistema de Navegação Fluvial robusto: Paris, Xangai, Berlim, Montreal, Nova Iorque, Veneza, Londres entre tantas outras transformaram intensamente as condições naturais da sua hidrografia tendo em vista o potencial de transporte de cargas e passageiros de seus rios e lagos, constituindo uma intrincada rede onde, por vezes, torna-se difícil diferenciar o que faz parte do processo natural de maturação da paisagem e o que foi transformado a luz da técnica por aquelas sociedades.

1.4 A navegação e a formação da cidade de São Paulo

O conjunto de relações que justifica o desenvolvimento de São Paulo neste ponto do território passa, em grande medida, pelas características geográficas que este sítio oferecia dentro do contexto das frentes de ocupação territorial no processo de colonização.

São Paulo, no momento de sua fundação, situava-se em uma localização privilegiada que viria a colocá-la em posição preeminente com relação às outras vilas da capitania (PRADO, 1983)²³. A escolha do sítio obedecia a um padrão comum às vilas fundadas no Brasil até meados de 1580, assentava-se em colinas que auxiliavam a vigília das vias fluviais e a defesa contra invasões (REIS, 1968)²⁴. A ocupação que daria origem a Capital paulista encontrava-se no centro natural do sistema hidrográfico de uma

²² BERGON, F. *The Journals of Lewis and Clark*. Penguin Books 2002, New York. ISBN 0142437360

²³PRADO JR, C. *A cidade de São Paulo: geografia e história*. São Paulo: Brasiliense, 1983.

²⁴REIS FILHO, Nestor Goulart. *Evolução urbana do Brasil*. Livraria Pioneira Editora, 1968.

região que tinha por característica a existência de francas vias naturais de comunicação com o interior do continente. A conexão com o Tietê era feita por meio do Tamanduateí, rio para o qual os edifícios do primeiro núcleo histórico se voltavam, e aonde se localizava o antigo cais do porto, que recebia pequenas embarcações com mercadorias.

O Tietê, como ressalta Prado (1983), no seu trecho superior constitui quase que uma continuidade com o Paraíba do Sul que, pela localização de um acidente geográfico, corre sentido nordeste rumo ao Rio de Janeiro e ao oceano Atlântico. O Tietê²⁵, no entanto, a revelia dos poucos quilômetros que o separam do mar, corre sentido continente atravessando todo o território do Estado. No médio Tietê²⁶, o Piracicaba na sua margem direita, estabelece trecho francamente navegável até Salto. A oeste do Estado, o Tietê encontra o Paraná, constituindo um importante vetor que corre longo caminho na direção sul até desembocar em Montevideú. Ainda na Bacia do Alto Tietê, o Pinheiros, o Cotia e seus tributários, todos afluentes do Tietê e plenamente navegáveis por pequenas embarcações, constituíam papel notável nas relações comerciais que estruturaram aquele território nas primeiras fases de povoamento²⁷.

Esse conjunto de conexões hidrográficas dava uma condição de fluidez a São Paulo que permitiu à cidade se tornar um importante ponto de partida das grandes expedições de reconhecimento e exploração, na mesma medida em que possibilitou construir uma relação comercial franca com o restante das populações que se estabeleceram no planalto paulista.

²⁵Ainda hoje este ponto é considerado estratégico em uma possível conexão hidroviária da Bacia do Alto Tiete com a Bacia do Paraíba do Sul permitindo a aquela um acesso direto ao oceano Atlântico.

²⁶ O curso do Tietê é dividido em (SANESP, 1983):

-Alto Tietê – das nascentes até Pirapora do Bom Jesus, com 250 km de extensão e 450 m de desnível.

-Médio Tietê Superior – de Pirapora do bom Jesus até Laras, com 260 km e 212 m de desnível.

-Médio Tietê Inferior – de Laras até a Barragem da Promissão, com 400 km de extensão e 94m de desnível.

- Baixo Tietê – de Promissão até a sua confluência com o rio Paraná, com 220 km de extensão e 80 m de desnível.

²⁷Caio Prado Junior (1983) ressalta que rio acima (montante), sentido Rio de Janeiro, ainda no fim do século XVI existiam no curso superior do Tiete vários aldeamentos: Guarulhos, Itaquaquetuba, São Miguel, Vila de Mogi das Cruzes e, já no Vale do Paraíba, São José dos Campos. Rio Baixo (jusante), desde muito cedo podíamos encontrar: Nossa Senhora da Expectação do O e Parnaíba. Seguindo o Pinheiros e Afluentes se encontravam inúmeras povoações e aldeias indígenas fundadas ou dirigidas pelos Jesuítas: Itapecerica, Ibirapuera, Pinheiros.

Nota-se que a apropriação desta rede hidrográfica navegável gerou uma rede de cidades embrionárias que tinham, nos rios, os vetores de articulação e desenvolvimento de uma insipiente economia regional (BRANCO, 2006), mas que já constituíam os acentos do que se tornaria o complexo econômico do Estado de São Paulo.

Dentro de uma ampla avaliação, compreendendo os aspectos que tornavam o planalto mais interessante do que o baixio do litoral para a implantação de uma cidade, dois fatores se mostram especialmente importantes no contexto desta pesquisa: o papel dos rios e a via “natural” Santos – Jundiáí²⁸.

Segundo Nestor (2010)²⁹, as primeiras manifestações de interesse pela navegação a vapor nos rios da Província de São Paulo constam de meados do século XIX. A época foram destinados recursos para a desobstrução do rio Juquiá e do Ribeira até Iporanga, com a intenção de otimizar a navegação naquele trecho. O autor relembra que nas décadas de 1860-1870 havia sido incorporado a Companhia 10 de dezembro que tinha por objetivo ordenar a navegação do rio Tietê no seu trecho compreendido entre São Paulo e Mogi das Cruzes, bem como no Pinheiros na sua extensão até a estrada de Santos e no rio Paraíba até Cachoeira.

A busca pela consolidação de um sistema hidroviário no Planalto paulista ressurgiu como uma demanda do próprio desenvolvimento ferroviário da Província, propulsionada com a implantação da São Paulo Railway. Exemplo deste fato foi a realização dos estudos para a integração da navegação do rio Paraíba com as linhas da São Paulo Railway (REIS, 2010).

Em 1876, o Engenheiro Benjamin Franklin de Albuquerque Lima ficou responsável pelos estudos, encomendados pelo então presidente da província, sobre o potencial de navegação dos rios Tietê, Piracicaba, Rio Grande e Mogi-Guaçu (REIS,

²⁸ Caio Prado Junior (1983) argumenta que o Planalto reunia condições naturais muito mais favoráveis à ocupação, ali existiam terras altas e saudáveis, onde prevalecia um clima temperado mais ameno aos europeus em contraponto ao calor do clima tropical reinante no litoral nesta mesma latitude.

Uma das razões da escolha da localização que daria origem a cidade de São Paulo, consideradas pelo autor, constituía a existência de difíceis condições de ocupação na baixada santista à época da colonização. Neste trecho do território não se encontrava disponíveis as vastas planícies que, a exemplo, podem ser encontradas no trecho do litoral que se estende do Rio de Janeiro até a Bahia, restava, assim, em torno de 15 km de insalubres terrenos de pântanos e mangues que não estariam aptos à ocupação humana sem que antes fossem executadas vultosas e onerosas obras de engenharia, sendo que estas só estariam tecnicamente à disposição em períodos históricos posteriores à ocupação daquele território.

²⁹ REIS, N. G. **Dois Séculos de Projetos no Estado de São Paulo: Grandes obras e urbanização** (Vol. I, pag 119), São Paulo.2010

2010). Dez anos mais tarde, o engenheiro Teodoro Sampaio, membro da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo foi incumbido de prospectar o vale do Rio Paranapanema também com a intenção de implementar ali um sistema hidroviário. Segundo o autor outras iniciativas se estenderam até a virada do século XX quando a competição com o sistema ferroviário tornou difícil a sua sobrevivência. Apesar disso, a atividade hidroviária foi por décadas de relativa importância para a província de São Paulo onde, curiosamente, este serviço foi operado pelas empresas ferroviárias. Somavam-se no total de três as que tinham serviços regulares de navegação fluvial, eram elas: a Paulista, operando em Mogi-Guaçu; a Mogiana, no rio Grande e a Ituana que atuava no sistema Piracicaba-Tietê. Muitas destas linhas de navegação tinham como objetivo aumentar o fluxo de carga, alcançando economia de escala para o transbordo hidro-ferro no porto de Piracicaba (REIS, 2010).

Nestor Goulart Reis (2010) também chama a atenção ao fato de já ter existido por certo período do século XIX, navegação no rio Paraíba constituindo uma importante ligação São Paulo-Rio de Janeiro. A interligação hidroviária entre a Bacia do Alto Tietê e do Paraíba do Sul surgiria, posteriormente, em vários planos ao longo do século XX, mas nunca tiveram continuidade.

A partir da década de 90 do século XIX, após a instauração da Comissão de Saneamento, começa um processo intenso de planejamento para a modificação da hidrografia urbana da cidade de São Paulo que significava a reengenharia das diversas infraestruturas hídricas daquele território, onde a navegação assumiu, ao menos na sua estrutura de planejamento, um importante papel.

Até meados a década de 40 do século passado a navegação representava importante papel no abastecimento da cidade de São Paulo (JORGE, 2006)³⁰, esta ocorria por meio de um grande número de embarcações tocadas a remo ou a vara. Até então as embarcações movidas a propulsão mecânica eram impedidas de trafegar por essas águas, pois as ondas geradas pela propulsão, segundo Brito (1927, p.205), colocavam em risco o restante das embarcações já que:

[...] os barcos empregados no tráfego a vara são tão rasos que, uma vez carregados, deixam fora da água apenas alguns centímetros de

³⁰JORGE, J. **Tietê, o rio que a cidade perdeu: o Tiete em São Paulo 1890-1940**. São Paulo: Alameda. 2006.

bordo e assim ficam sujeitos a submersão desde que se formem ondas, embora de pouca altura [...].

Sob a ótica da primeira Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê, o sistema hidroviário foi pensado como um sistema profundamente integrado às demais infraestruturas hídricas, e os processos de retificação do rio Tietê constituíam uma resposta ao conjunto destes sistemas. Os problemas que motivaram o equacionamento dessas questões foram se alterando ao longo deste percurso, e a engenharia dos sistemas, em relação estreita a complexa evolução da região metropolitana, trilharam caminhos, por vezes, contraditórios.

O conjunto de estudos e intervenções técnicas que se desdobraram na atual conformação do Complexo Hídrico Metropolitano teve, em vários episódios do século XX, a diretriz de implementação de um sistema Hidroviário na BHAT (DOMINGOS, 2004). Estas intenções nunca foram plenamente consolidadas, mas, sem muito esforço, podemos encontrarmos estruturas hidráulicas metropolitanas os elementos residuais dos diversos planos realizados para efetivar a navegação no trecho metropolitano da BHAT (cabeças de eclusas junto às barragens, vãos hidroviários adotados entre apoios de pontes etc.).

1.4.1 Hidromorfologia Urbana

A Bacia do Alto Tietê tem início a montante da barragem de Pirapora abrange uma área de drenagem de 5.720 km², incorpora a bacia integral do rio Pinheiros com as sub-bacias dos reservatórios Billings e Guarapiranga. A bacia possui uma sobreposição próxima aos próprios limites da RMSP (ver fig. 36, p. 192).

O rio Tietê, neste trecho, apresenta sucessões e intercalações com características torrenciais bem como de planícies. Os trechos com características de leito torrencial destacam-se os 15 km iniciais das cabeceiras, com declividades que variam entre 7 a 40m/km e na porção de jusante da bacia, a partir da foz do rio Cotia, atravessando o município de Santana de Parnaíba, com declividades compreendidas entre 1,5 e 5

m/km, condições que ficaram ocultas sob os lagos das barragens Edgard de Souza e Pirapora(PBHAT, 2008).

Quanto aos demais trechos, de maior interesse à navegação, predominam as baixas declividades características de cursos de planície. O trecho situado a montante da barragem da Penha, até além de Mogi das Cruzes possui a declividade de apenas 9 cm/km, se estendendo por mais de 124.300m de cursos meandrados. Já no trechocompreendido entre a barragem da Penha e o Cebolão, a declividade é baixa, com pouco mais de 25cm/km (PBHAT, 2008).

A bacia do rio Tietê abrange diversos municípios citando-se, de jusante para montante: Pirapora do Bom Jesus, Santana do Parnaíba, Barueri, Cotia, Jandira, Carapicuíba, Osasco, São Paulo, todos os municípios do ABC, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Poá, Suzano, Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim, Salesópolis e Paraibuna(ver fig.93 ,p.230).

A situação geográfica de São Paulo é extremamente atípica se buscarmos as relações entre as disponibilidades de recursos hídricos e a importância econômica e demográfica da metrópole que aqui se desenvolveu. À exceção de São Paulo e Cidade do México, os grandes núcleos urbanos se desenvolveram em regiões estuarinas, onde, a questão da disponibilidade hídrica é farta, se não em qualidade, ao menos em quantidade.

Antes do processo de retificação de seu leito, as águas do Tietê subiam até 5 metros com relação aos níveis de estiagem e até 3 metros acima das antigas margens do rio, segundo Brito (1925, p.130): “[...] derramando-se pelos terrenos cobertos de vegetação rasteira e enchendo as cavas de extração de areia, pedregulho e barro [...]”.

A Bacia do Alto Tiete é uma bacia de cabeceira de pequeno porte, abrangendo aproximadamente 54km², estas condições fazem com que as chuvas que aqui caem rapidamente alterem os níveis dos canais arteriais, podendo gerar enchentes em curtos períodos de chuva (conhecidas na literatura internacional como flashfloods)³¹. Esta condição é muito diferente das grandes bacias de contribuição dos principais rios

³¹ O Plano SANESP, realizado em 1983, após análise dos fluviogramas e do comportamento das águas nos canais principais do sistema de macrodrenagem, concluiu que as variações mais significativas de nível das águas estavam associadas às ondas de cheias naturais, não sendo decorrentes das operações de estruturas artificiais como barragens e usinas de bombeamento.

européus como o Danúbio e o Reno, onde o fenómeno das cheias é mais lento e decorrente de um conjunto de fatores mais complexo (PIANC, 2007). O Processo de canalização dos rios em São Paulo, ocorrido principalmente ao longo da segunda metade do século XX (ver fig. 32, p.189) (ver fig.56, 58 e 59, p.205 e 206), veio a intensificar esta característica da bacia, a diminuição do tempo de escoamento (CANHOLI, 2005)³²decorrente do rápido processo de impermeabilização do solo em urbanização aumentou ainda mais a pressão pela capacidade dos canais principais desta bacia.

1.5 Navegação e as águas – Conflitos e sinergias com os sistemas de saneamento

De acordo com Dupuy (1991), as redes de infraestruturas são constituídas a partir de conjuntos de “linhas de desejo” que traduzem as necessidades dos atores. A Transformação de uma rede de “linhas de desejo” em uma rede técnica real implica a consideração de muitos dados económicos, políticos e técnicos, integrados de forma a viabilizarem a planificação, dimensionamento e execução das redes infraestruturais. Apesar dos avanços técnicos na área e dos novos métodos que paulatinamente se aplicam no setor de infraestruturas, o traçado das redes torna-se uma necessidade cada vez mais complexa, não só pelo crescente número de setores envolvidos, mas, sobretudo pelos interesses contraditórios, muitas vezes, em causa (DUPUY, 1991³³; TEIXEIRA, 2007³⁴).

Durante o intenso processo de transformação do complexo hídrico metropolitanas infraestruturas hídricas adquiriram diferentes hierarquias e níveis de integração. A recente intenção de se implementar um sistema hidroviário extensivo na

³²CANHOLI, A.P. (2005). Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de Textos. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH (2009).

³³DUPUY, Gabriel. L'Urbanisme des Reseaux. Paris. Armand Collin (ed.) 1991.

³⁴TEIXEIRA, L. M. de O. B. A integração das infraestruturas no planeamento do território: o papel das TIC na cultura do planeador. Dissertação para Doutoramento em Engenharia Civil Na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2007.

BHAT passa pela compreensão de que a concepção moderna de navegação exige um nível de intervenção nos rios e canais que influencia o comportamento hidráulico de uma bacia, criando importantes relações com os demais sistemas usuários de recursos hídricos.

O princípio dos usos múltiplos foi instituído como uma das bases da nossa Política Nacional de Recursos Hídricos³⁵ e os diferentes setores usuários de recursos hídricos passaram a ter igualdade de direito de acesso à água. A lei define, no entanto que em situações de escassez, o uso da água deverá ser priorizado para o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Sob esta conduta, a navegação, irrigação, geração de energia elétrica, lazer, e demais setores usuários, não possuem prioridade definida. A partir do crescimento da demanda por água para os mais variados usos, o princípio dos usos múltiplos se torna central no debate público, emergindo uma série de conflitos de interesses entre os setores usuários (ANA, 2005)³⁶.

A aferição das diferentes articulações previstas entre as obras e medidas planejadas para a construção de um sistema hidroviário com os demais sistemas de saneamento³⁷ é condição para a implementação de um sistema que, conforme preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos, viabilize os usos múltiplos das águas na BHAT.

1.5.1 Complexidade e Flexibilidade – novos paradigmas frente aos cenários de incertezas

A análise dos eventos hidráulicos a partir do século XX nos mostra que a real capacidade de uma sociedade manejar as cheias e os decorrentes riscos associados a

³⁵Com o advento da Lei n. 9.433, de 1997.

³⁶Agência Nacional das águas, 2005. A Navegação Interior e a sua Interface com o setor de recursos Hídricos.

³⁷Entendidos de acordo com o texto da lei de saneamento (n.11.445/2007), constituídos pelo abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem, limpeza e manejo de resíduos sólidos urbanos.

esse processo é limitada. Na esteira desses acontecimentos muitas das práticas historicamente consolidadas no campo da drenagem, associadas à mera aplicação do conceito de melhoria dos fluxos, têm sido colocadas em cheque (PIANC, 2007).

Estas análises críticas se voltam principalmente aos impactos ambientais decorrentes de certas estratégias neste campo, aos efeitos de transferência gerados e também, ao fomento de padrões de desenvolvimento de risco associados a uma falsa sensação de segurança que as obras de controle geram.

1.5.2 Drenagem e Navegação

Na história das cidades, os sistemas de navegação e de drenagem surgiram como setores isolados e foram, assim, desenvolvidos separadamente. Apesar deste dado ambos os sistemas utilizam uma base comum, os rios e canais artificiais, e, por isso, é patente o grande número de interações, possibilidades de integração e otimização entre ambos os sistemas. (PIANC, 2009)

As aproximações sobre os problemas alteram as possibilidades de integração entre estes sistemas, o combate às enchentes, como o nome anuncia, possui uma trajetória de resistência aos fenômenos considerados indesejáveis pelo homem, grandes obras estruturais foram destinadas a, senão evitar, ao menos controlar os efeitos danosos das chuvas junto aos sistemas humanos. A ideia de resistência vem sendo lentamente substituída na literatura técnica pelo conceito de resiliência, estas repousam na possibilidade de flexibilização das respostas às enchentes e na recuperação do sistema aos seus efeitos (PIANC, 2009).

Enquanto as medidas de resistência incorporam a incerteza por meio do aumento do coeficiente de segurança dos sistemas de controle, o enfoque na resiliência se estrutura em torno da própria ideia de incerteza. Estratégias resilientes tentam se articular dentro de um amplo espectro de descargas e, inclusive, de falhas dos sistemas de controle (PIANC, 2009). Para isso o espectro de questões que permeia essas estratégias incorpora o campo das medidas estruturais e também uma ampla gama de

medidas não-estruturais (medidas de compensação, seguro contra enchentes, zoneamento, estratégias de evacuação etc.).

1.5.2.1 Navegação e o controle das cheias no contexto metropolitano

Um aspecto importante de ser analisado para se entender as dimensões das interferências entre navegação e drenagem são características da bacia onde se encontram os sistemas e a característica da ocupação urbana que ali se estabelece. O comportamento hidráulico de uma hidrovía continental, associada às grandes bacias, durante a cheia se dá de maneira muito diferente ao das pequenas bacias (BRITO, 1925). Estas diferenças são importantes de serem sublinhadas já que demandam estratégias diversas para o mesmo fenômeno.

1.5.2.2 Marco conceitual – caminhos e limites da drenagem na BHAT

Muitos assentamentos humanos se deram em planícies de inundações de importantes rios. Historicamente, e como ainda acontece em muitas regiões tropicais, o risco inerente³⁸ a esta situação muitas vezes é sobrepujado pelas amenidades sociais,

³⁸Cerca de 50 milhões de pessoas vivem, hoje, na planície de inundação do rio Mekong. Os riscos de inundação e a necessidade de medidas estruturais para combatê-las foram crescendo a própria ocupação urbana que ali evoluía, sistemas de regulação das águas como diques, barragens móveis foram construídos na tentativa de adequar o regime daquele rio às necessidades humanas (PIANC, 2009).

econômicas e ambientais possibilitadas por uma localização ribeirinha (FLEMING, 2002) ³⁹.

Na história da engenharia hidráulica paulista no séc. XX, a diminuição do armazenamento natural decorrente do processo de urbanização tentou ser compensada artificialmente pelo aumento da capacidade de escoamento das retificações e canalizações que caracterizam boa parte da rede hidrográfica metropolitana. Estes processos, depois de uma ampla transformação morfológica dos rios, terminaram por transferir para jusante os efeitos relativos às perdas de espaços naturais de acomodação das águas (CANHOLI, 2005).

A crítica sobre esses processos conduziu a outras abordagens conceituais frente aos problemas das cheias em áreas urbanas, pode-se dizer que a drenagem caminhou das medidas de escoamento para a, cada vez mais complexa, gestão das cheias. Neste contexto se desenvolveu a abordagem de que uma bacia urbanizada poderia simular o comportamento hidráulico da bacia antes da ocupação humana ou, pelo menos, não sobrecarregar as capacidades de escoamento já instaladas. Este é o caminho que tem pautado as estratégias que compõe o corpo das políticas de drenagem e combate às enchentes na BHAT (CANHOLI, 2005). Também amparado por princípio o PDMAT definiu as vazões de restrição (ver fig. 06, p, 173) dos canais que compõe o sistema de macrodrenagem da BHAT. Dentro desta hierarquia, no intuito de diminuir a defasagem entre capacidade dos canais e as demandas dos escoamentos, fica sob a responsabilidade das sub-bacias, amparadas por seus respectivos planos de drenagem⁴⁰, estabelecer um conjunto de medidas estruturais e não-estruturais que emulem o comportamento hidráulico de um hidrograma pré-urbanização.

Esta medida pode ser lida como a manifestação de um princípio recentemente aplicado às políticas públicas, onde não se permit transferir os próprios custos em prejuízo de terceiros. Neste contexto, A RMSP não poderia gerar padrões de descargas anômalos para os municípios do médio Tietê.

³⁹ FLEMING, George (Ed.). Flood Risk Management: Learning to Live with Rivers. Inst of Civil Engineers Pub, 2002.

⁴⁰ Conforme define o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Apesar de o PDMAT ter adotado o conceito de vazões de restrição alinhado a este princípio, a aplicação de um valor absoluto é um dado importante para o entendimento da matriz conceitual que ampara este sistema - assume-se que as estruturas hidráulicas metropolitanas possuem um limite, e assim, suas medidas de controle são passíveis de colapso. Este dado somado às mudanças dos padrões hidrológicos que vem se intensificando nas últimas décadas tencionam estas soluções e colocam novos desafios para a gestão de enchentes que vem sendo formuladas nas revisões do PDMAT 3 ⁴¹.

1.5.3 Relações Navegação-Drenagem

O controle de enchentes no século XX tornou-se um problema maior e mais complexo à medida que o fenômeno urbano se intensificou. A suas ações tiveram nos rios o seu principal objeto de transformação na tentativa de se adaptar às dinâmicas hidrológicas e comportamentos hidráulicos cada vez mais complexos desenvolvidos nos perímetros urbanos. São estes mesmos elementos, os rios e canais urbanos, que constituem a base de um sistema hidroviário e a convergência física entre estes dois campos (macro drenagem e navegação) constitui relações técnicas positivas e negativas que precisam ser analisadas e equacionadas para adequar o funcionamento de cada sistema.

1.5.4 Conflitos Drenagem/Navegação – O contexto internacional

O conjunto de medidas e elementos que viabilizam um sistema hidroviário moderno possui inúmeras interfaces com os sistemas de drenagem e, frequentemente,

⁴¹As medidas de controle de cheias operam com cenários cada vez mais imprevisíveis e assim, com possibilidades de colapso do sistema de drenagem cada vez mais presentes. Isto aponta para a necessidade de organização de medidas que construam a gestão das enchentes mais do que de controle das mesmas.

estas interfaces são percebidas como criadoras de fragilidades no manejo das grandes chuvas (HAVINGA, 2009) ⁴².

Em decorrência deste tipo de associação, após as enchentes do rio Elba em 2002, o governo Alemão congelou todas as obras hidroviárias do seu sistema principal (Reno, Danúbio e Elba). As obras só foram retomadas após o parecer técnico do Instituto Federal de Pesquisa e Engenharia Naval Alemã (BAW) que desvinculava o quadro de enchentes dos mecanismos de regularização do sistema hidroviário destes rios. (PIANC, 2009)

Os estados Unidos possuem há algum tempo uma legislação que, prevendo as interações entre esses dois sistemas, estabeleceu que qualquer obra hidroviária não poderia aumentar os níveis de inundação de uma chuva com tempo de retorno de 100 anos (PIANC, 2009).

As relações entre navegação e drenagem são complexas e dependem de inúmeros fatores igualmente complexos. Características físicas da bacia, geomorfológicas, aspectos hidrológicos e de mudança do clima, características das urbanizações e estágio de implementação dos sistemas urbanos são alguns dos aspectos que interagem no equacionamento desses problemas. Embora existam muitos estudos em andamento devido à emergência dos riscos de enchentes no contexto das mudanças climáticas⁴³, o equacionamento inverso, da influência dessas medidas de controle sobre o sistema hidroviário, também é crucial para o desenvolvimento articulado dos dois sistemas – já que qualquer medida que objetive a redução das enchentes ou, ao menos a redução de seus danos, terá inúmeros efeitos sobre o sistema de navegação.

Uma série de medidas estruturais e não-estruturais pode ser articulada no intuito de se orquestrar ambos os sistemas de maneira eficaz e com níveis aceitáveis de eficiência. No regime Europeu o sistema hidroviário deixa de operar durante as cheias quando estas ultrapassam o limite estabelecido para a navegação, a restrição ocorre em decorrência das ondas de choque contra as barragens, ao aumento das velocidades de

⁴² Havinga, H. Tension between navigation, maintenance and safety calls for an integrated planning of flood protection measures. Proceedings of 6th IAHR-congress on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics (RCEM), co-author, Santa Fé, Argentina, september.2009.

⁴³(citar os estudos europeus sobre o tema)

escoamento nos canais e a consequente diminuição da margem de segurança do sistema (PIANC, 2009).

Os últimos grandes eventos de enchentes ocorrido na Europa e nos Estados Unidos⁴⁴ ensejaram uma revisão das possíveis interações entre os sistemas de controle das águas destinadas a navegação e o fenômeno das cheias. Estas relações não estão associadas somente aos fenômenos das enchentes em si, mas também à reformulação crítica de novas políticas de desenvolvimento hidroviário e de gestão de enchentes, compartilhando, agora, temas que exigem a reavaliação dessas interações. Essas preocupações se debruçam não só sobre os aspectos setoriais de cada sistema, mas dedicam também atenção aos processos ecológicos na tentativa de se construir práticas consideradas, por aqueles países, como mais sustentáveis. (PIANC, 2009).

Recentemente o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram o projeto da Diretriz Europeia sobre Enchentes⁴⁵, os objetivos dessa diretiva abarcam a mitigação e prevenção dos danos potenciais causados pelas enchentes naquele continente. Para isso foram acordadas as seguintes metas:

- Concluir uma avaliação dos riscos de inundação das bacias e áreas costeiras.
- Realizar um conjunto de mapas que associem os perigos derivados das inundações e os riscos desdobrados por estas nas áreas onde o risco seja considerado perceptível.
- Realizar planos de Gestão de Risco de inundação para estas áreas, incluído medidas que diminuam as possibilidades de enchentes e dano potencial, estes planos te a previsão de serem revistos a cada seis anos.

Esse conjunto de medidas prevê que, nas bacias que atravessam mais de um país, o impacto das enchentes não seja transferido para jusante, exigindo uma coordenação entre países na implementação de medidas que viabilizem essa premissa. (PIANC, 2009).

⁴⁴ Notadamente as chuvas na Europa

Central em 2002 e a enchente do Mississipi em 1993)

⁴⁵ A Diretiva 2007/60/EC proposta pela Comissão Europeia em 18/01/2006, foi aprovada e publicada no Diário Oficial da União Europeia no dia 6 de Novembro de 2007. (Fonte: <http://floods.jrc.ec.europa.eu/eu-floods-directive.html>. Visitada no dia 11/03/2013)

Os principais rios europeus são rios profundamente transformados pelo homem, além de navegáveis, incorporam um amplo leque de funções urbanas e serviços ambientais, possuem uma importante estrutura portuária, alimentam sistemas de irrigação e refrigeração, geram energia e organizam o sistema de abastecimento. A complexidade do equacionamento dos sistemas hídricos envolvidos exige a implementação de um sistema igualmente complexo de controle das qualidades e quantidades das águas destinadas a esses usos (PIANC, 2009).

Este cenário da União Europeia guarda certos paralelismos com a condição da RMSP. Os Municípios que compõe a metrópole, assim como os estados membros da União Europeia, possuem autonomia para elaborar os seus respectivos planos de combate as enchente, no entanto, a bacia que alimenta estes municípios é a mesma, assim como as grandes bacias que estruturam a malha hidroviária europeia são predominantemente transnacionais. A co-dependência das ações nesses cenários é óbvia e a coordenação de ações em uma esfera que transcenda as ações locais se faz necessária pela própria escala e característica do fenômeno analisado. A regulação dos comportamentos das águas, seja para viabilizar a navegação, seja para controlar os efeitos danosos das enchentes no território, passa por um entendimento do comportamento da bacia como um todo já que a ação (ou omissão) em qualquer ponto a montante do sistema tem implicações diretas a jusante do mesmo.

1.5.6 Interferências e sinergias

Os processos de regularização de um rio, promovidos para a implementação de um sistema hidroviário, têm como objetivo construir um leito estável e canais com comportamento hidrodinâmico adequados à navegação. Estas alterações geram efeitos na macrodrenagem, como o aumento da velocidade de escoamento e, conseqüentemente, da onda de cheia durante as chuvas (PIANC, 2009). A compreensão destas dinâmicas permite a execução de ações corretivas como a associação de bacias de retenção ao complexo hidroviário que, entre outras funções, ajudam a regularizar as vazões adequadas às diversas necessidades urbanas.

Interferências da drenagem na segurança da navegação (PIANC, 2009):

- Correntes cruzadas em decorrência da descarga de sub-bacias no leito principal

- Aumento da velocidade das embarcações que navegam sentido da corrente

- Transbordo no cais dos portos.

- Diminuição das alturas entre a lâmina d'água e os tabuleiros das pontes

A profundidade mínima do canal deve ser respeitada para se garantir uma navegação segura e confiável. Grande parte das medidas de regularização de um rio é desenhada para o canal com baixo curso (PIANC, 2007) no intuito de aumentar a faixa de navegabilidade durante os períodos de estiagem. O conjunto de leis americanas e europeias exige que essas mesmas medidas que visam aumentar a navegabilidade não impactem negativamente a capacidade de escoamento do canal durante o regime de cheias (HAVINGA, 2009; PIANC, 2009).

Devido ao aumento da velocidade das águas durante as cheias, a manobrabilidade das embarcações fica significativamente reduzida quando estas seguem para jusante, já as embarcações que seguem a montante, contra a corrente, o fluxo hidroviário pode ficar limitado de acordo com a disponibilidade de potência das embarcações, fatores que restringem as possibilidades de navegação durante as cheias (HAVINGA et al., 2005) ⁴⁶.

Processos erosivos sobre o canal bem como ondulações de fundo resultantes da acumulação de sedimentos podem causar correntes inesperadas na hidrovia, por esses motivos a estabilidade e homogeneidade do leito para a navegação é algo importante e normalmente se consideram medidas para se garantir essa estabilidade (PIANC, 2009).

A navegação segura exige que a mudança de velocidade e de direção das embarcações seja lenta e controlada, neste sentido, as medidas de melhoramentos dos fluxos têm como objetivo garantir transições lógicas e graduais dos padrões de fluxo do canal. A morfologia de um rio está intimamente associada com as velocidades de suas águas, a isso se sobrepõe o fato de que as medidas de controle de sua velocidade terminam por alterar os padrões de transporte de sedimentos daquele corpo hídrico,

⁴⁶ HAVINGA, H., ROOVERS, G., STAMM, J, FISCHENICH, C. 2005. Sustainable waterways within the context of navigation and flood management. In Proceedings of International Symposium on flood defence 3, Nijmegen, the Netherlands.

bem como na sedimentação de fundo do mesmo. Estas alterações têm importantes desdobramentos nas dinâmicas ecológicas dos rios e ao comportamento hidráulico dos mesmos durante as cheias. (PIANC, 2009)

1.5.6 Navegação/drenagem - Impacto do sistema hidroviário no controle de cheias.

As hidrovias sofrem inúmeras alterações com o objetivo de aumentar a confiabilidade e segurança das operações. No entanto, qualquer alteração em um meio de comportamento complexo como é o caso dos corpos hídricos, geram modificações e com eles o risco de impactos que devem ser previamente estudados. (HAVINGA, 2009).

A construção de obras com a finalidade de melhorar as condições de navegabilidade podem gerar efeitos negativos no regime das cheias, no entanto, obras como diques longitudinais dificilmente trarão prejuízos aos parâmetros de drenagem. O mesmo não pode ser dito sobre as medidas estruturais que alteram a seção transversal ou que se posicionam perpendicularmente ao fluxo do canal, estas obras podem ocasionar o agravamento da intensidade e distribuição de uma enchente, sendo uma classe de elementos que deve ser objeto de atenção em um processo de integração entre esses dois sistemas (PIANC, 2009).

O processo de dragagem dos canais tem como objetivo manter os calados mínimos necessários à navegação, este procedimento tem um impacto extremamente positivo no sistema de macrodrenagem já que garante que o canal opere com a sua total capacidade de escoamento durante eventos chuvosos de maior intensidade.

Os portos de integração intermodal são pontos de uma rede hidroviária que também estão sujeitos a inúmeras disfuncionalidades e prejuízos durante eventos de cheias, o cuidado com a escolha do sítio de implantação e com o projeto de inserção deve levar em consideração a suscetibilidade daquele ponto às enchentes e as consequentes estratégias para se lidar com o fenômeno. A escolha de pontos com baixo fluxo e a construção de plataformas permeáveis são algumas das medidas possíveis para minimizar o efeito das enchentes nestes pontos. (PIANC, 2009)

1.5.7 Navegação/Drenagem - Efeitos dos elementos de um sistema hidroviário no sistema de macrodrenagem

A análise das interferências de um sistema hidroviário no funcionamento da macrodrenagem foi amplamente estudada ao longo do século XX, no entanto, as interferências das medidas de contenção de cheias para a navegação ainda não possui estudos extensivos (PIANC, 2009).

Algumas das ações estruturais de manejo das cheias têm ou podem ter efeitos benéficos à navegação, a canalização e a construção de diques laterais são as operações mais sinérgicas neste sentido. Em sua maioria, os efeitos residuais das operações de contenção de cheias que prejudicam a navegação estão ligados à modificação dos níveis das águas e conseqüentemente dos calados máximos viáveis à navegação daquele trecho de hidrovia (PIANC, 2009).

As medidas de manutenção possuem importantes interações com os sistemas de navegação e drenagem, notadamente a gestão da dragagem. Esta tem como objetivo a manutenção do leito navegável e equilíbrio dinâmico do fundo do canal de tal forma a não inviabilizar a navegação das embarcações destinadas àquela hidrovia. Ainda no campo da manutenção, o controle da vegetação nos taludes laterais de um canal é de suma importância para evitar alterações morfológicas da via navegável (PIANC, 2009).

Durante eventos intensos de chuvas, canais que tenham seus níveis total ou parcialmente garantidos por diques laterais podem gerar enchentes a partir do rompimento dos mesmos (ver fig.15 e 16, p.173). Este fenômeno além de descarregar grandes volumes de águas, ocasionando enchentes de grande impacto, pode inviabilizar a navegação por um grande período de tempo já que existe a possibilidade do nível de água no canal se tornar insuficiente para a passagem das embarcações (PIANC, 2009; BRITO, 1925)

Apesar das diretivas europeias, em geral, apontarem para a interrupção da navegação durante grandes cheias é possível se manter o funcionamento do sistema

desde que se adote um conjunto de ações que visem manter a operabilidade da navegação em situações adversas (PIANC, 2009):

- Fortalecimento dos diques (agora projetados para receber as ondas de choque na sua face superior)
- Aumento dos vãos e alturas das pontes que passem sobre canais
- Medidas que incrementem a manobrabilidade das embarcações
- Sistemas de comunicação visual e sistema integrado de informação que permita operações mais delicadas
- Redução de eventuais obstáculos

1.6 A Construção do Complexo Hídrico Metropolitano - Uma visão Panorâmica

As várzeas e as planícies fluviais da Bacia do Alto Tietê exerceram um papel estruturante no conjunto das relações metropolitanas de uso e ocupação do território urbano. Foram nelas que se concentraram os principais conjuntos de sistemas que alicerçaram o padrão de desenvolvimento da capital paulista no século XX (FRANCO, 2005)⁴⁷.

As canalizações do Pinheiros e Tietê se inseriram dentro de um amplo processo de transformação da condição natural dos rios desta bacia. Apesar de adotar uma mesma estratégia - a retificação - ambas responderam a demandas históricas distintas. Enquanto a intervenção no rio Pinheiros estava ligada à expansão do sistema de produção hidroelétrica previsto pelo projeto do Engenheiro Asa White Billings, a

⁴⁷FRANCO, Fernando de Mello. A construção do caminho: A estruturação da metrópole pela conformação técnica das várzeas e planícies fluviais da Bacia de São Paulo. São Paulo: tese de doutoramento, FAUUSP, 2005.

canalização do Tietê teve como motor inicial o desdobramento das mudanças de usos das várzeas impostas pelo crescimento urbano no começo do século XX (SEABRA, 1987) ⁴⁸.

Na retificação do Tietê, no entanto, os objetivos formais que justificavam as obras se alteraram no tempo, bem como a forma de empreendê-lo. As vias institucionais de gestão e a própria concepção do que seria tecnicamente a retificação foram constantemente alteradas ao longo das suas décadas de implementação (SEABRA, 1987). Da mesma maneira, os sistemas urbanos, que se relacionavam com o processo de desenvolvimento do Complexo Hídrico Metropolitano, foram planejados, projetados e executados a partir de diferentes concepções históricas. Foram agentes e produto das próprias dinâmicas urbanas e territoriais que deram forma e conteúdo ao fenômeno metropolitano.

Das relações territoriais que deram base ao desenvolvimento e polarização da capital paulista assumida na economia nacional, sublinha-se que muitas estão profundamente relacionadas à sua condição geográfica. O sítio urbano de São Paulo, bem como a sua lógica de desenvolvimento foram alicerçadas pelo capital hídrico disponível, assim como pela ordem demarcada por sua hidrografia e posteriormente pela manipulação técnica da mesma (FRANCO, 2005).

A sobreposição quase perfeita entre a BHAT e a RMSP somada à posição na cabeceira desta bacia implica dizer que os processos de integração necessários para a conformação de um quadro de gestão hídrica, pelo menos do ponto de vista da navegação e da drenagem, dependem quase que exclusivamente da articulação entre os municípios que compõem esta região metropolitana. Este dado é de suma importância, pois aponta como a diminuição do campo de influência territorial sobre estes sistemas pode simplificar a gestão metropolitana dos mesmos.

Dentro do atual quadro de saturação da capacidade de abastecimento BHAT, o manejo da qualidade das águas escoadas começa a se tornar imprescindível para alcançarmos níveis aceitáveis de segurança hídrica para o abastecimento da RMSP⁴⁹.

⁴⁸SEABRA, Odete. Os meandros dos rios e os meandros do Poder – Pinheiros e Tietê Valorização dos rios e das Várzeas na cidade de São Paulo. São Paulo; tese de doutoramento, FFLCH, 1987.

⁴⁹ A disponibilidade hídrica per capita na Bacia do Alto Tietê é, atualmente, de 200m³/habitante. A ONU determina que o nível considerado crítico para o abastecimento urbano é de 1500m³/habitante.

Este cenário de vulnerabilidade⁵⁰ vem se agravando devido à intensificação dos processos de contaminação cruzada e de geração de poluição difusa que se somam à crescente dificuldade de manejo das quantidades dos deflúvios urbanos (COSTA; NUCCI; SILVA, 2012).

A complexidade do sistema metropolitano faz com que a gestão setorializada das infraestruturas urbanas tenda a agravar ainda mais o quadro de vulnerabilidades hídricas da RMSP, já que a dispersão funcional e de escopos, característica desta estrutura gerencial, não elimina a interação negativa entre os processos de cada sistema(COSTA; NUCCI; SILVA, 2012).

Apesar de estarem a poucos quilômetros de distância dacosta e a uma altitude média de 750 metros acima do nível do mar, os rios da RMSP nascem nesta bacia (BHAT) e correm sentido continente. Esta condição geográfica particular auxilia a compreensão do quadro aparentemente paradoxal de aspectos hidrológicos desta Região - baixa disponibilidade hídrica típicas de uma bacia de cabeceira convivendo com altos índices pluviométricos resultantes da interação dinâmica entre frentes oceânicas com o paredão da Serra do Mar.

A condição natural da Bacia, no entanto, sofreu inúmeras transformações antrópicas que modificaram e intensificaram muitos desses fenômenos bioclimáticos. Hoje convivemos com intensas chuvas agravadas por ilhas de calor decorrentes das características físicas de envolvidas pelo nosso ambiente urbano, este fenômeno torna comum a geração de grandes eventos de alagamentos e enchentes sem, necessariamente, acarretar recarga dos reservatórios localizados em áreas de mananciais (LOMBARDO, 1990)⁵¹.

A várzea sinuosa dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, até então leito maior destes rios, foi paulatinamente ocupada ao longo do século passado por um processo intenso e descontrolado de urbanização dando início a um ciclo trágico no qual, em dias de chuva, os rios e córregos urbanos reclamam o território perdido para a cidade

⁵⁰ A vulnerabilidade, neste trabalho, estará relacionada à capacidade de resposta de um sistema ou conjunto de sistemas frente a pressões externas, tais como o aumento da demanda, eventos climáticos extremos, contaminação, mudanças no regime das chuvas, crescimento urbano ou qualquer fator que ponha em risco a capacidade do sistema de efetuar o serviço para o qual foi projetado.

⁵¹Lombardo M. A. Vegetação e Clima. In: III Encontro Nacional sobre Arborização Urbano: out 14-18.Curitiba; 1990.

alimentando os jornais com as persistentes notícias de enchentes na RMSP (AB'SABER, 1995)⁵².

Este processo de artificialização da matriz hídrica da cidade se deu de maneira heterogênea e constituiu um panorama complexo de relações exitosas e conflitivas para o complexo metropolitano. Hoje, muitos destes sistemas operam em conflito com outros usos e processos urbanos sem necessariamente serem uma ação equivocada dentro de seu espectro de atuação. (NUCCI; COSTA; SILVA, 2012).

Neste sentido é paradigmática a evolução histórica do sistema Tietê-pinheiros-Billings que, ao reverter parte das águas que corriam para jusante da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, ampliou sobremaneira a possibilidade de usos das águas da represa Billings⁵³. Este reservatório, inicialmente pensado para geração de energia elétrica por meio da Usina Henry Borden, gradativamente incorporou novas funções como reservatório final de controle das cheias e também como reservatório para abastecimento de água. Este modelo, na mesma medida em que ampliou os usos deste recurso para a Região Metropolitana, tornou as decorrências diretas e indiretas de cada sistema hídrico urbanoextremamente interdependentes, fazendo emergir conflitos decorrentes do manejo das quantidades e qualidades das águas no corpo da represa⁵⁴.

Este cenário tende a aumentar a sua complexidade se efetivado o sistema de navegação proposto pelo projeto do Hidroanel Metropolitano de São Paulo (São Paulo ST DH 2009), já que quaisquer operações e alterações nos principais rios da BHAT

⁵²AB'SÁBER, Aziz. A Revanche das Águas. Ciência e Ambiente. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Universidade de Santa Maria, n.11, jul.-dez. pp.7-31. 1995.

⁵³É o maior reservatório de água da Região Metropolitana de São Paulo. Seu espelho d'água possui 10.814,20 hectares, correspondendo a 18% da área total de sua bacia hidrográfica, que ocupa um território de 582,8 km. Fonte: <http://www.ambiente.sp.gov.br> em 20/03/2012.

⁵⁴Hoje está colocada a meta de que as águas rio Pinheiros atinjam o Reservatório Billings com padrões de qualidade compatíveis a Classe 2, definida conforme Resolução Conama 20/86, considerando as novas regras fixadas para a reversão de fluxo do Pinheiros, conforme Resolução Conjunta SEE - SMA - SRHSO, nº 1, de 31/01/01. A melhoria das águas e sua classificação dentro dos padrões da Classe 2 (que permitem uso para o abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à recreação de contato primário, como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação de espécies destinadas à alimentação humana), garantirá a retomada das operações de bombeamento na Usina Elevatória de Pedreira, para a compatibilização dos demais usos múltiplos da represa Billings, como o controle de cheias, a geração de energia, a preservação e o desenvolvimento de ecossistemas. Fonte: <http://www.ambiente.sp.gov.br> em 20/03/2012.

geram repercussões diretas em outros sistemas afetos, tais como drenagem, tratamento de esgotos e abastecimento.

Esta crescente complexidade de relações das infraestruturas hídricas metropolitanas, que envolvem o abastecimento, diluição de esgotos, controle de inundações, geração de energia, irrigação e navegação, coloca a gestão hídrica das águas da BHAT como um aspecto estratégico para a RMSP bem como para todo o seu entorno. Embora a mancha urbana da RMSP esteja inserida nos limites da BHAT, as redes de infraestruturas hídricas do complexo metropolitano possuem uma abrangência que ultrapassa os limites desta bacia estruturando três relações regionais fundamentais para o entendimento das atuais dinâmicas metropolitanas:

- A incorporação do sistema Cantareira à rede metropolitana de abastecimento, com um aporte expressivo de $31\text{m}^3/\text{s}$ dos $65\text{m}^3/\text{s}$ da capacidade hoje instalada. A reversão é regulada por meio de outorga, a qual determinava a diminuição, por parte do operador, da dependência deste recurso (DAEE, Portaria n.1213, de 06 de agosto de 2004). Esta meta não foi alcançada já que o aumento da demanda foi maior do que o ganho de eficiência do sistema decorrente do desenvolvimento de novas tecnologias e práticas gerenciais. Com vistas às metas estipuladas e com a intensão de viabilizar ações que estavam fora do campo de atuação da Sabesp, o governo do Estado lançou o Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista (Decreto N. 52.748, de 26 de fevereiro de 2008), marco que facilitará a regulação deste recurso em um recorte que engloba os agentes e conflitos das águas no seu território concreto.

- Descargas para o médio Tietê/Sorocaba são decorrentes do fluxo natural do Rio Tietê e acontecem com um alto grau de contaminação já que boa parte do esgoto gerado pela RMSP ainda não é tratado e, eventos de chuva, a estas águas se acrescenta uma significativa carga de poluição difusa, altamente contaminante.

- Ao sul do Rio Pinheiros a Represa Billings recebia as águas revertidas do Rio Pinheiros para a geração de energia pela usina Henry Borden. Hoje esta função original se encontra inviabilizada por efeito de Lei, salvo eventos chuvosos em que a reversão do Pinheiros se faz necessária para o controle de enchentes na RMSP.

1.6.1A Institucionalização da esfera Metropolitana

A escala das dinâmicas urbanas da capital paulista após a década de 60 passava a ser um sério desafio para qualquer plano que a enfrentasse já que a abrangência desses fenômenos começava a transcender a esfera municipal e trazer a tona um descolamento do nível de representação político-administrativo junto aos fenômenos das relações sociais (ALVES, 2012) ⁵⁵, notoriamente o planejamento e ação sobre as dinâmicas metropolitanas esbarravam no grave problema institucional que rondou a RMSP desde a constituição de 88 até a sua regulação recente em 2011⁵⁶.

Junto à institucionalização da RMSP, foram criados também um Conselho de Desenvolvimento⁵⁷ e um Conselho Consultivo⁵⁸ e deve-se, em novo projeto de lei, criar o Fundo ⁵⁹ e a Agência de Desenvolvimento ⁶⁰ completando um importante quadro institucional que permitirá instrumentalizar, por fim, as políticas metropolitanas.

⁵⁵ Alves, A. C. Aspectos Jurídicos, o fenômeno metropolitano nos termos legais. Revista Anuário da Construção. Ano 9 No. 35. 2012

⁵⁶ A região metropolitana foi criada por meio de Lei Complementar Federal em 1973 e disciplinada por Lei Complementar Estadual em 1974. Após a Constituição de 88, no entanto, a sua efetivação legal e política dependia de aprovação de uma Lei Estadual Específica⁵⁶, o que só veio a acontecer no primeiro semestre de 2011 quando a Assembleia Legislativa de São Paulo por meio de uma emenda aglutinativa aprovou o Projeto de Lei Complementar nº 6 de 2005. A instituição efetiva da RMSP significa alcançar um novo patamar para os projetos de gestão integrada que envolve os 39 municípios pertencentes a esta região.

⁵⁷ O Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo será composto pelos prefeitos dos 39 municípios da região e representantes do Governo do Estado. O Conselho será a principal entidade de deliberação sobre planos, projetos, programas, serviços e obras a serem executados na RMSP com recursos do Fundo de Desenvolvimento.

⁵⁸ O Conselho Consultivo da RMSP será composto por membros da sociedade civil organizada, do Poder Legislativo dos municípios que integram a região, pelos deputados estaduais e pela Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano, representando o Governo do Estado. Entre as atribuições do Conselho Consultivo estão elaborar propostas a serem submetidas ao Conselho de Desenvolvimento.

⁵⁹ O Fundo de Desenvolvimento da Região Metropolitana de São Paulo será criado após definição de suas diretrizes pelo Conselho de Desenvolvimento por meio de um novo projeto de lei a ser enviado pelo governo à Assembleia. Ele será o responsável por dar suporte financeiro ao planejamento e as ações na região metropolitana com financiamentos e investimentos em planos, projetos, programas, serviços e obras. Os recursos do Fundo serão provenientes do orçamento do Estado, dos municípios, transferências da União, doações de pessoas físicas ou de empresas e empréstimos de organismos internos e externos, como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), por exemplo.

⁶⁰ A Agência de Desenvolvimento Metropolitano será uma autarquia, a ser criada por meio de uma lei específica, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano, responsável pela elaboração de projetos de interesse comum e estratégicos para a região.

Este contexto político abre novos horizontes para a gestão integrada dos recursos hídricos na RMSP, pois dá aos Municípios a possibilidade de uma ampla articulação regional. Esta articulação viabiliza a ordenação dos sistemas urbanos nas diferentes esferas institucionais e a superação dos entraves dos instrumentos setoriais e locais de gestão, antagônicos à complexidade das dinâmicas metropolitanas atuais (COSTA; NUCCI; SILVA, 2012). O conceito de integração adquire uma base política sob a qual a gestão das águas urbanas pode ser discutida transversalmente aos aspectos setoriais da gestão pública e horizontalmente às distintas jurisdições que atuam sobre o território (PORTO; SILVA, 2003) ⁶¹.

A inserção de um projeto hidroviário no complexo hídrico metropolitano nasce dentro deste cenário de revisão estratégica para a RMSP. Fica patente a necessidade de construção de um conjunto de infraestruturas hídricas metropolitanas menos vulnerável, contornando-se os processos de apropriação predatória dos recursos hídricos cristalizados no padrão de desenvolvimento urbano desta metrópole.

Equacionar estes cenários, considerando o binômio quantidade-qualidade, é um dos grandes desafios para a São Paulo deste século. Conhecer os limites de cada sistema é condição para a construção de um projeto integrado onde a diminuição das vulnerabilidades metropolitanas viabilize a abertura para novas e legítimas apropriações sociais destes recursos.

⁶¹PORTO, M.F.A.; SILVA, R.T. Gestão Urbana e Gestão das Águas: Caminhos para a Integração. Revista de Estudos Avançados da USP n°17, 2003

CAPITULO 2

A navegação Urbana sob a ótica das Comissões de Melhoramentos do Rio Tietê – Análise
Histórica dos níveis de integração com os sistemas de saneamento

2.0 Introdução ao Capítulo 2

A navegação ao longo da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê foi prevista ao longo do século XX em inúmeros estudos e em contextos bastante distintos. Tanto a formulação do sistema hidroviário, com as suas especificidades técnicas, como a própria características do sistema hídrico da capital sofreram grandes alterações ao longo do século XX modificando, por consequência, as possíveis formulações de implementação da navegação no seu trecho urbano.

Embora a navegação estivesse colocada como um dos sistemas contemplados pelos projetos de modificação do leito dos rios urbanos na cidade de São Paulo, a implementação deste se deu, até hoje, de maneira fragmentada (DOMINGOS, 2004). O capítulo 1 ressaltou os papéis que este modal exerceu ao longo da história da cidade até o momento das canalizações, que tinham por objetivo implementar o uso hidroviário moderno, mas terminaram por eliminar navegação no seu trecho metropolitano (JOYCE, 2006), pelo menos naquele formato tecnológico e social, as barcas a vara e a remo desapareciam da paisagem urbana da capital e com ela todo um imaginário coletivo associado aos rios.

A partir desta aparente incoerência contida nos processos de canalização, tornava-se nítido a necessidade de se levantar os projetos hidroviários⁶² realizados para a capital e jogar luz sobre os conceitos de navegação que constituíam a base destes planos, tendo em vista que, sob o mesmo termo, residiam conceitualizações, formulações, funções e escalas de atuação distintas.

Este capítulo visa extrair de dois planos representativos de dois momentos distintos da conformação do complexo hídrico da capital paulista, as questões pertinentes ao equacionamento da navegação urbana na atual metrópole de São Paulo. **Dentro desta análise se dará enfoque em como foram pensados as inter-relações entre o sistema de navegação proposto e os demais sistemas urbanos de saneamento bem como qual o nível de integração previsto entre estes sistemas.**

O primeiro Plano a ser analisado, o relatório da primeira Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê (CMRT), elaborado pelo Engenheiro Saturnino de Brito e publicado em 1925, mostra uma realidade de projeto onde o que hoje chamamos Complexo Hídrico Metropolitano se restringia a pequenos trechos de canalização do rio Tietê e ao parcial encerramento do rio Tamanduateí⁶³(ver fig. 30, p.187). Fazia-se ali uma articulação profunda entre as diferentes obras e sistemas urbanos que tinham como objetivo, prover à já crescente urbanização da capital, os serviços públicos usualmente associados à gestão dos recursos hídricos em áreas urbanas: navegação, abastecimento, controle de inundações, diluição e tratamento de esgotos e geração hidroelétrica.

Neste momento histórico existia a possibilidade de se pensar a estrutura de funcionamento do complexo hídrico da capital de maneira abrangente. Anterior à maior parte dos represamentos da BHAT e de grande parte das canalizações de seus rios (ver fig.41, p.195) a primeira CMRT pensou o funcionamento dos sistemas hídricos urbanos

⁶² Foram em torno de 44 projetos segundo levantamento feito pelo Departamento Hidroviário do Estado de São Paulo para o Seminário “Navegação na cidade de São Paulo, realizado no Instituto de Pesquisas Tecnológica (IPT) em 2008 (BUSSINGER, 2011).

⁶³ A Comissão de Saneamento havia realizado um canal de 1400 metros próximo a Osasco com o intuito de facilitar a vazão à jusante. Também executou um trecho de retificação de 600 metros conhecido como canal do Anastácio e, mais tarde o governo executou 1200 metros do canal do Inhaúma. A represa de Santo Amaro, conhecida atualmente como Guarapiranga, já existia e tinha, como função original, regularizar o fluxo hídrico do rio para o aproveitamento hidroelétrico a jusante nas represas de Parnaíba e do Rasgão (BRITO, 1925).

com altos níveis de integração, o que, sem dúvida, permitiu um maior grau de liberdade nas diversas associações técnicas propostas entre os diferentes elementos destes sistemas.

Em contraponto à primeira CMRT, o plano SANESP, Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de São Paulo, é desenvolvido em um contexto de consolidação dos processos de metropolização da capital, onde grande parte do que hoje entendemos como Complexo Hídrico Metropolitano já estava consolidado e a organização institucional de caráter setorialista já estava instalada. O plano SANESP tinha como objetivo promover a articulação entre os distintos setores envolvidos na gestão dos recursos hídricos na RMSP e promover os usos múltiplos deste recurso na metrópole. Dentro deste contexto amplo realizou um estudo específico que visava à introdução da navegação, de maneira sistêmica, na BHAT. Os níveis de articulação e a previsão das interfaces entre os sistemas de saneamento e a navegação são os pontos centrais deste relatório setorial e dele se desdobram as medidas, no campo da gestão, que permitiriam o funcionamento conjunto dos sistemas hídricos urbanos, visando ampliar a qualidade dos serviços públicos a eles associados.

Enquanto a CMRT de Saturnino de Brito nos ajuda a remontar um arcabouço de soluções e interfaces entre os sistemas hídricos urbanos a partir de uma análise simultânea de projetos e obras consorciadas, o plano SANESP nos mostra como, a partir de uma estrutura consolidada, podemos gerir a operação conjunta dos sistemas de saneamento de tal forma a permitir a inserção e o funcionamento de um sistema hidroviário no complexo hídrico metropolitano. Ambas as posições, integração de projetos de escopos comuns e integração de políticas de operação setoriais são medidas pleiteadas pelo atual projeto de navegação previsto para a BHAT, residindo aí o interesse na análise destes trabalhos.

2.1 Estudos prévios às Comissões de Melhoramentos do Rio Tietê

Em julho de 1890 o governo do estado de São Paulo nomeou uma Comissão para realizar os estudos de saneamento das várzeas do rio Tamanduateí e Tietê, levantando material sobre a hidrografia e produzindo plantas e documentos das obras previstas.

Por meio da lei n.35 de 28 de Junho de 1892, formou-se a Comissão de Saneamento do Estado, dirigida pelo engenheiro João Pereira Ferraz, que elaborou um projeto de retificação do rio Tietê, estendendo-se da Ponte Grande até Osasco. A partir destes estudos foram feitos os canais de Anastácio e o de Inhaúma, com 620 e 1200 metros de extensão, respectivamente (ver fig. 30, p.187). Destes projetos se implementaram a desobstrução da longa volta do rio, entre os quilômetros 16 e 18 da estrada de ferro Sorocabana. Deu-se, também, o início a construção dos 1400 metros de extensão referentes ao canal de Osasco. Foram definidas as declividades de 15cm/km nos trechos entre Ponte Grande e Ponte SPR e deste até Osasco de 20cm/km.

Esta comissão trabalhou por seis anos sob várias direções e, apesar da dissolução da comissão por meio de decreto em 9 de Junho de 1898, o estado executou, em cumprimento a lei n.35, a retificação do Tamanduateí, completada em 1915.

Estes estudos realizados foram, porém, interrompidos. Os trabalhos que viriam a seguir eram tributários destes e, segundo Brito (1925, p.132) eram apenas “[...] variantes das linhas gerais que ficaram, ou estabelecidas, ou dependentes do prosseguimento de observações e medições, que não se fizeram [...]”.

A longa interrupção dos trabalhos a partir de 1887 comprometeu, segundo o engenheiro Lysandro Pereira da Silva (1950, p.41):

[...] seriamente os resultados promissores que naquela época já se faziam notar. Não tendo sido conservada nem, ao menos, uma comissão reduzida que zelasse pela conservação das obras, continuasse os estudos de regime e fiscalizasse os trabalhos quaisquer que, no leito do rio e em suas várzeas pudessem comprometer os resultados obtidos, foram construídas várias dessas obras, principalmente pontes e grandes aterrados para ligar os bairros de um e outro lado do rio, sem a previsão necessária, agravando assim o efeito pernicioso das inundações.

Ainda em 1913 foi constituída a Comissão intitulada Serviços de Melhoramentos do Rio Tietê. Esta Comissão, que viria a ser incorporada ao DAEE em 1958

(INTERNAVE, 1984), elaborou a proposta de um canal navegável no rio Tietê entre Mogi das cruces e a Ponte Grande, com 10m de largura e até 0,90 m de profundidade durante as estiagens. Entre outras ações a Comissão propunha a construção de diques transversais e longitudinais bem como o balizamento dos canais. Esta última ação marcava os conflitos que existiam em torno das mudanças de horizontes para a navegação na Bacia, a recusa dos barqueiros a aceitar a melhoria da sinalização interrompeu o balizamento em 1918, já que este era constantemente danificado pelos mesmos (BRITO, 1925).

Não obstante, 30 km de curso do Tietê a montante da Ponte Grande foram alvo de melhoramentos. Quando em 1954 esta comissão foi incorporada ao DAEE, então SVT, foram feitas uma série de melhorias, serviços de manutenção e conservação dessas vias, mas ali a navegação já havia em grande medida se reduzido e o barcos que os canais urbanos visavam receber já excediam em muito os 80 cm de calado estimados em 1913 (PEREIRA, 1950) ⁶⁴.

Em 1923 deu-se início aos Estudos da diretoria de Obras Municipais ⁶⁵, onde foi elaborado um anteprojeto para a retificação do Rio Tietê. Nesta proposta eram previstos dois diques longitudinais que se prolongariam da Ponte Grande até a ponte da SPR com uma declividade de projeto de 25cm/km (ver fig. 43, p. 197) que constituiriam o leito maior de um canal trapezoidal de 108 metros de largura e um leito menor, com 1,40 metros de profundidade 30 metros de largura. Se a vazão do canal baixasse o piso de 7 m³/s, esta proposta não viabilizaria a navegação, considerando a tipologia de embarcações que já àquela época utilizavam os rios municipais ⁶⁶ (INTERNAVES, 1984). O projeto também foi criticado por Saturnino em decorrência dos grandes riscos envolvidos pela possibilidade de rompimento em algum ponto dos diques longitudinais (BRITO, 1925).

O Volume de terras necessário para a execução destes diques seria extraído da escavação de duas bacias a montante da Ponte Grande controladas por uma barragem móvel. Estimando-se que os barcos no futuro necessitariam de calados maiores, este

⁶⁴ SILVA L., P. Relatório da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê e Tamanduateí. Prefeitura do Município de São Paulo. 1950

⁶⁵ Boletim do Instituto de Engenharia, n.19, São Paulo, janeiro de 1923. p.184.

⁶⁶ Barcos de 3 a 4 metros de largura e 80 cm de calado em plana carga. Tendo capacidades que giravam em torno de 30 a 50 toneladas (BRITO. 1925)

estudo admitia a necessidade de estabelecer açudes móveis e eclusas para manter as condições de navegação.

Não houve êxito nesta proposta e a mesma foi substituída, em 1923, por um estudo do então engenheiro da Diretoria de Obras Municipais, J. F. Ulhôa Cintra (INTERNAVE, 1984). Nesta variante, mantinham-se os dois diques longitudinais, agora afastados a 190 metros entre eixos, acompanhados em suas margens por parques e, depois, ruas, compondo um feixe infraestrutural de 400 metros de largura ao longo de 20,6 km de canalização (ver fig. 43, p. 197). O alargamento da seção molhada tinha o objetivo de diminuir a altura dos diques longitudinais, reduzindo os riscos de ruptura⁶⁷ e aumentando os valores das terras edificáveis protegidas (FREIRE, 1923). Do ponto de vista hidráulico, este estudo era desfavorável à navegação (INTERNAVES, 1984), salvo o caso de represamentos por grandes barragens móveis conforme seria analisado nos estudos iminentes da primeira Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê coordenado pelo Engenheiro Saturnino de Brito.

2.1.1 Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê - Histórico

A prefeitura do Município de São Paulo, por meio da Lei Municipal n.2.644 de 20 de agosto de 1923, contratou o Engenheiro Saturnino Rodrigues de Brito para realizar os estudos de canalização e regularização do Rio Tietê.

A comissão de Melhoramentos do Rio Tietê foi nomeada em 1924 pela Câmara e Prefeitura do Município de São Paulo⁶⁸ com o objetivo de elaborar os projetos de defesa contra as inundações do rio Tietê nas várzeas que viriam a se estruturar como uma das

⁶⁷ Embora os diques de defesa, Segundo Saturnino, representassem uma das formas mais econômicas, em decorrência do processo de construção dos diques ser mais simples do que a escavação ou aumento das margens, que seriam as soluções alternativas. A proteção por diques envolve riscos que devem ser considerados em áreas urbanas, entre elas a possibilidade de ressurgências das águas nos lados externos dos diques e a possibilidade de rupturas, acarretando grandes prejuízos ao tecido urbano e grandes riscos de acidentes graves para a população (BRITO, 1925).

⁶⁸ De acordo com a Lei Municipal número 2644 de 30 de agosto de 1923 e com o ato de 26 de Janeiro de 1924, assinado pelo então prefeito da cidade de São Paulo, Firmiano Pinto.

frentes de expansão e ocupação urbana da crescente capital ao longo do século XX. Caberia a esta Comissão, também, o estudo sobre as obras hidrovias neste trecho municipal do rio e, também, o estudo para o afastamento dos esgotos que, já a época, se fazia em frente à cidade em 18 pontos distintos.

Assim, a Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê (CMRT) foi encarregada de realizar estudos que tinham como objetivo:

- 1- A defesa contra as inundações da várzea do rio Tietê no trecho do município a ser edificado
- 2- Navegação deste trecho do rio
- 3- Descarga dos esgotos e afastamento para jusante dos 18 pontos de descarga em natura da cidade que se faziam em frente à mesma.

Apesar deste escopo oficial a CMRT olhou para uma série de sistemas e medidas que, envolvendo o potencial vinculado aos recursos hídricos, eram de interesse para a capital, notadamente a produção de energia elétrica, abastecimento e o embelezamento urbano.

2.1.2 Conceitos e Fundamentos

2.1.2.1 Navegação

A Navegação foi estudada pela CMRT no trecho em que o rio atravessa a cidade, da Penha até Osasco (ver fig. 42, p. 196). O projeto de navegação aí existente previa a articulação com obras do Estado de São Paulo que, segundo o próprio relatório, já estavam àquela época sendo executadas, esperando-se levar os melhoramentos para montante e jusante da capital. A navegação para a CMRT I foi considerada como um trecho de um sistema mais amplo, de escala regional, embora o equacionamento a ser realizado por aquela Comissão se limitasse ao trecho municipal e urbano.

Muito embora fizesse parte do escopo o equacionamento do sistema hidroviário, a falta de regulamentação municipal para as dimensões e calados das embarcações fez com que aquela Comissão adotasse valores de referência para o projeto das eclusas⁶⁹ sublinhando o fato de que estas deveriam ser revistas na ocasião da execução de acordo com o julgamento autoridades competentes.

A navegação que existia até então nos rios de São Paulo era tida, na posição adotada pela Comissão, como uma prática a ser modificada. A defesa deste argumento residia na baixa capacidade daquelas embarcações e da dificuldade da implementação de propulsão mecânica naquele contexto, assim, segundo análise de Brito (1925, p.224):

[...] A navegação por propulsão mecânica não se faz porque os barcos empregados na propulsão a vara são tão rasos que, uma vez carregados, deixam fora da água apenas alguns centímetros de bordo, e assim ficam sujeitos a submersão desde que se formem ondas, embora de pouca altura. [...] Estes barcos, os maiores, não excedem 18 metros de comprimento, 3 a 4 metros de altura e 80 cm de calado, em plena carga [...].

A navegação, até então realizada por pequenas embarcações tocadas por remo ou a vara, tirava do rio e suas várzeas os materiais que construíram a própria cidade. Na visão exposta no relatório⁷⁰ este equacionamento não correspondia ao potencial inerente aos melhoramentos propostos bem como às novas tecnologias disponíveis, as cavas eram tidas pelo engenheiro como danosas ao patrimônio público e os barcos a vara, como reminiscências arcaicas a serem superadas.

O que a CMRT I determinava como horizonte de projeto, era a modernização e transformação da navegação que já existia naqueles rios, adotando-se embarcações a propulsão mecânica, de maior capacidade e, com possibilidade de se conectar a outros

⁶⁹ Foi adotada para a eclusa de Osasco, segundo Brito (1925, p.156), o comprimento entre portas de 30 metros, largura de 6 metros e profundidade mínima com variações de 1,2 a 2m.

⁷⁰ A opinião de Brito (1925, p.206) fica explícita no seguinte trecho: “[...] os barqueiros do rio Tietê estão habituados a impor a sua vontade; impedindo a navegação mecânica nos dias úteis, impedindo a concorrência por outros barqueiros, fazem-se senhores deste logradouro público; esta falta de respeito pelos direitos de outrem pela lei terá de cessar no tráfego do rio como deverá cessar nos abusos das escavações para retirada de areia e barro e dos cortes para lenha, nas margens e nas várzeas, pouco importando aos exploradores a estabilidade das obras públicas fluviais, a estagnação das águas e a exposição dos barrancos por falta de vegetação que os proteja [...]”.

trechos do território à medida que as obras atribuídas ao governo do Estado fossem executadas.

As características logísticas do sistema não são explicitadas pelo relatório, aspectos como a interface desses canais com a cidade podem ser intuídos pelos cortes (ver fig. 45 e 46, p. 198), mas quais tipos de carga seriam viabilizados por aqueles canais foi um tema que não foi desenvolvido pelo relatório.

O Traçado da canalização, além da navegação, deveria responder ao funcionamento do conjunto de sistemas amparados pelo projeto bem como sanear este trecho da várzea do município com o objetivo de amparar ali uma nova urbanização. Os desvios na geometria que caracterizavam o traçado mais sinuoso da regularização do Tietê proposto pela CMRT (ver fig. 42, p.196) aconteciam em detrimento de uma retificação mais expressa, normalmente vinculada aos interesses da drenagem⁷¹. A geometria do traçado escolhida tinha por objetivo propiciar condições favoráveis à hidrovia, já que declividades acima de 0,3 m/km, dificultariam a navegação sem eclusagens durante alguns períodos do ano (BRITO, 1925).

2.1.2.2 Estrutura Conceitual do relatório

2.1.2.2.1 recortes Administrativos e Recortes de projeto

⁷¹Esta dimensão fica clara quando tomamos exemplo analisado ainda nas notas iniciais do Volume XIX das obras completas de Saturnino de Brito -as variantes relativas ao Tietê, publicadas no Boletim do Instituto de Engenharia de São Paulo em marco de 1933, em relatório do então Prefeito de São Paulo. Nestes documentos propõe-se o estreitamento e a consequente redução da seção molhada do canal alegando-se novas modificações que se inseriam com o projeto de reversão do rio Pinheiros pela Light and Power. Em confronto com as alegadas seções mais econômicas, do ponto de vista hidráulico, defendidas por este último trabalho, (1944, p.12) coloca os inúmeros estudos realizados por Saturnino de Brito como uma análise exaustiva das seções do canal do Tiete que tinham por intenção: “[...] lhe dar maior perímetro molhado, de sorte a diminuir a velocidade das águas e assim obter melhores condições para a navegação e contra as erosões [...]”.

A primeira parte do Relatório, segundo Brito (1925, p.15) foi construída com um formato de divulgação de uma série de conhecimentos do campo da hidrologia com o intuito de promover para as administrações públicas a “[...] vantagem do metódico aproveitamento do ciclo da água, na lavoura, na indústria fabril, nos transportes por água e por vias eletrificadas [...]” ressaltando a importância deste para “[...] aliviar o país do ônus da distância ou, digamos, de maiores fadigas no caminho do progresso [...]”.

A visão sistêmica com a qual CMRT enuncia os problemas organiza as questões técnicas e decisões de projetos já se anuncia nesta frase e dá o tom da integração no discurso da elaboração dos melhoramentos que aquela comissão tinha como objetivo.

A construção dos argumentos que pautam as decisões técnicas descritas no relatório toma o cuidado de, respeitando os limites físicos e jurídico-administrativos da municipalidade, controlar as alterações do regime hidráulico no trecho municipal, entre a Penha e Osasco.

Embora o Relatório se concentre nos trechos de responsabilidade da municipalidade, rapidamente percebemos que o problema hidrológico, tal como é formulado pela Comissão, transcende os limites daquela. A condicionante técnica adotada pela CMRT, na qual a intervenção a ser proposta não poderia, por princípio, agravar ou alterar as condições a jusante ou a montante do sistema impõe uma estrutura de análise que, de início, já tenciona o limite político-administrativo do município. Não obstante, a estrutura do relatório aborda inicialmente as obras a montante, posteriormente as obras a jusante para, só aí, adentrar no equacionamento do trecho municipal.

Muito embora a compreensão do fenômeno por parte da CMRT fosse sistêmica, o caráter da solicitação, advinda do Município de São Paulo, e as suas prerrogativas deveriam ser respeitadas e orquestradas com os distintos entes federativos, assim Brito (1925, p.92) defendia que:

[...] por virem de cima as águas que inundam a várzea em São Paulo, os estudos deveriam ser levados ao longo dos rios e seus afluentes até as cabeceiras, no sentido de se ver que obras que poderiam fazer-se para modificar o regime do rio a montante, quer retardando a afluência duma parte das águas, quer detendo-as em grandes represas. No mesmo ponto de vista de intervir no regime do rio, os estudos deveriam descer de Osasco até a barragem de Parnaíba, para se reconhecer os acidentes que devam ser removidos ou aproveitados e outras obras que facilitem o

escoamento das águas. Estes estudos a montante e a jusante, saindo dos limites do município e podendo abranger outras utilidades (navegação, irrigação, explorações hidroelétricas pela administração pública ou particular), pertencem mais à iniciativa do Governo do estado que à do Municipal [...].

Ainda dentro das explicações preliminares⁷² sobre os trabalhos a serem realizados pela CMRT a própria equipe busca as definições de engenharia sanitária para circunscrever a abordagem que seria proposta sobre o escopo do projeto, assim Brito (1925, p.22) argumentava que:

[...] ao engenheiro sanitário interessa obter elementos para a organização dos projetos das obras de esgotamento pluvial, abastecimento de água, descarga de esgotos nos rios, defesa contra inundações das cidades e dos campos, passíveis de insalubridades após as enchentes.

Quando elaborado o problema da navegação posto àquela Comissão, afirmou-se que o equacionamento hidroviário no perímetro urbano do Alto Tietê, isoladamente, não trazia consigo grandes dificuldades, assim aos olhos daquela Comissão (1924, p. 92): “[...] a questão da navegação se constituía de problema relativamente fácil e a solução deveria ser posta de acordo com problema das inundações [...]”. Dentro desta frase se retira a postura articuladora que irá conduzir o projeto das águas para a capital paulista por aquela Comissão.

2.1.2.2.20 controle das águas e urbanização das várzeas

Frente aos problemas técnicos levantados pela Comissão em resposta ao escopo a ela encaminhado é preciso e bastante atual a leitura sobre o fenômeno das inundações, segundo Brito, (1925, p.130):

⁷² Referentes aos possíveis melhoramentos do rio Tietê, que foram apresentados ao Prefeito Firmiano Pinto em outubro de 1925 por aquela Comissão.

[...] nem sempre as inundações são consideradas calamidades; às vezes são benéficas à lavoura, ou compensadora dos prejuízos que causam; para serem tidas como nocivas é preciso que o homem insista em querer ocupar as várzeas inundáveis [...].

À época as várzeas do Tietê ainda eram pouco ocupadas (ver fig.30, p.187) ali residiam aqueles que se aventuravam frente aos ciclos de inundações bem como muitos outros que, na perspectiva de construir em terras planas, compraram terrenos constituintes do leito maior daquele rio. A decisão de tornar urbanas terras que pertenciam ao ciclo de cheias do Tietê era, como o próprio relatório alerta, transformar as cheias em inundações, ou seja, dar a um processo natural um conteúdo social que tentaria ser amortizado por sistemas técnicos artificiais.

Estas várzeas, que eram inundadas com até 3 m de água a partir das margens e cobertas por vegetação rasteira, tiveram a sua ocupação justificada pela Comissão por um argumento econômico simples: frente aos altos custos das terras naquele momento de expansão da cidade de São Paulo, a sobrevalorização das então marginalizadas terras das várzeas do Tietê superavam os custos de implantação dos sistemas técnicos de drenagem que viabilizariam a sua ocupação. O relatório argumentava que o problema da inundação se justificava na cidade de São Paulo pela, segundo Brito (1925, p.130): “[...] extraordinária valorização das terras na cidade e nos subúrbios, em contraste com o baixo valor dos terrenos inundáveis, que se prestam, feitas as obras de defesa, para o estabelecimento industriais e dos armazéns ligados às estradas de ferro”.

Tratava-se então da tentativa de valorizar terrenos e expandir as frentes urbanas para territórios que, até então, não possuíam condições de amparar uma ocupação provida de serviços de saneamento estruturados.

Paralelamente à viabilização desta ocupação urbana, os melhoramentos do Tietê pretendiam lidar com a outra face do problema: as secas prolongadas que não raro assolavam a capital. As estiagens se desdobravam em crises no abastecimento de água e de energia, diminuía a navegabilidade de seus rios e faziam emergir a situação cada vez mais grave dos despejos *in natura* dos esgotos urbanos. Frente a este quadro a Comissão ressaltou a necessidade de criação de medidas de controle e regulação que atenuassem as variações climáticas excepcionais, trazendo mais segurança ao sistema como um todo. Alinhado a essa preocupação são propostas as represas a montante da Bacia do Alto Tietê, que funcionariam como reservatórios acumuladores.

Os melhoramentos foram pensados em um contexto sistêmico, onde obras a montante e a jusante do trecho municipal deveriam ser implementadas para o funcionamento satisfatório do complexo hídrico. Este ponto de partida exigiria além deste posicionamento da CMRT, uma integração de ações entre União, Estado e Município. É esclarecedora a linha de raciocínio de Brito (1925, 0.62) quando ele declara que “[...] para o êxito dos trabalhos de regularização, no propósito de modificar o regime das enchentes [...], será preciso que os trabalhos metódicos subam desde o mar e não alterem sensivelmente o regime sinuoso dos rios, que é o regime de equilíbrio [...]”.

Dentro deste marco conceitual havia a intenção deliberada daquela comissão de não alterar as descargas no Médio Tiete. A opção por um regime mais lento de escoamento no trecho municipal acompanhava o desejo de manter o comportamento hidráulico, no que tange aos escoamentos, próximo às condições dos hidrogramas pré-projeto, evitando transferir para os municípios de jusante os volumes excedentes produzidos pelas canalizações da capital.

Da mesma forma este raciocínio foi aplicado nas terras à montante do então perímetro urbano do Tietê. Preocupava-se em garantir que o comportamento natural das várzeas a montante da Penha não fosse alterado por influência das canalizações propostas a jusante ou por futuras alterações da configuração daquelas várzeas. O papel regularizador daquela região para a ocupação pretendida no trecho retificado⁷³ era uma condição para a manutenção dos melhoramentos propostos pela Comissão. Ambas as preocupações, referentes à manutenção do comportamento hidráulico a jusante e a montante da cidade vão ser trabalhadas por elementos do projeto hidráulico proposto pelo projeto.

O relatório deixava claro que as obras necessárias para se alcançar os resultados pretendidos pelas autoridades da época transcendiam os limites municipais, apontando a incongruência do recorte político-administrativo como delimitador da área de intervenção para o fenômeno analisado. Assim foi apontada uma série de medidas

⁷³ Sobre este tema, Brito afirma que (1925, p.144): “[...] assume especial importância também examinar se as obras de retificação do rio a montante de São Paulo, ou a construção de diques para um futuro aproveitamento agrícola destas várzeas, não acarretarão graves prejuízos para a parte da cidade que se vai edificar na várzea, supondo que as novas obras, que fazem objeto do presente estudo, as tornarão livres de enchentes agora previstas, mas de acordo com os únicos elementos agora conhecidos [...]”.

necessárias, a montante e a jusante do trecho municipal do rio, para se garantir o comportamento hidráulico previsto com as intervenções projetadas.

2.1.2.3.1 Obras a montante

Com este intuito a Comissão realizou um levantamento das cabeceiras em zona que à época, ainda não haviam sido mapeadas pelo Estado. Este levantamento visava indicar quais localidades estariam aptas à construção de barragens de compensação ou de regularização que pudessem ter influencia benéficas sobre o trecho municipal do Tietê, foi estudada também, a possibilidade destas represas servirem à irrigação agrícola, à exploração hidroelétrica, ao abastecimento de água e à navegação.

Dentro dos estudos sobre a possibilidade de geração de energia elétrica, a CMRT aponta, inclusive, a possibilidade de acumulação das águas das cheias e a sua reversão para o Oceano, medida alinhada estrategicamente, mas não conceitualmente com os estudos ainda em andamento da empresa Light & Power⁷⁴.

Uma das opções apontadas pela Comissão para a geração de energia elétrica seria a construção da represa de Ponte Nova, localizada a montante de Mogi das Cruzes (ver fig, 41, ponto D, p.195), esta elevaria em 12 metros o nível das águas que, junto a um corte na garganta com regulação artificial permitiria a extravazão das águas das cheias para a vertente oceânica, nos seus 600 metros de queda, transformando o problema das enchentes em potencial hidroelétrico (BRITO, 1925).

Ainda por meio do reconhecimento feito pela Comissão, aquela seria a única barragem que parecia recomendável como regularizadora do regime do Tietê no seu

⁷⁴ As divergências conceituais surgiam justamente do caráter integrador na abordagem da Comissão. Embora a Light tivesse também uma abordagem múltiplo escopo, esta dedicava seus esforços para a maximização do potencial de geração de energia elétrica, enquanto a CMRT se articulava em torno da viabilização de um conjunto de sistemas que deveria funcionar em sintonia com o desenvolvimento daquela cidade. Serão tratados nesta dissertação, notoriamente a hierarquia e operação dos represamentos dentro da BHAT, que explicitam a divergência e o conflito de interesses entre a empresa canadense e os interesses públicos representados pela abordagem da CMRT.

trecho municipal⁷⁵. Esta seria também a ação que, por meio do represamento das águas a montante, além do controle sobre as enchentes (ainda que pequeno, segundo o próprio relatório), permitiria a regularização necessária à melhoria das condições de navegação nas rigorosas estiagens que se abatiam sobre a região.

2.1.2.3.2 Obras a jusante

Foi apontada a necessidade de execução de uma barragem móvel de um metro de altura complementar à de Parnaíba que seria aberta durante as enchentes, a necessidade desta obra estava vinculada à alteração do regime de escoamento resultante das obras a montante. Para se manter este trecho navegável eram apontadas duas soluções, segundo Brito (1925, p.148) uma que propunha a canalização com rebaixamento do leito de tal forma a se manter a profundidade mínima de 1 metro, outra que admitia a construção de uma barragem submersível com eclusa.

2.1.2.3.3 Obras em São Paulo

A Comissão analisou duas estratégias distintas que organizariam o território das várzeas para a ocupação urbana. Ambas são motivadas por uma premissa de projeto: evitar que fosse demasiado larga a sessão do canal que atravessaria a várzea. É a partir desta afirmação inicial de projeto que se constroem duas possibilidades: A construção de diques de defesa longínquos ao canal ou o aterro da várzea.

⁷⁵ O relatório sublinha o fato de que esta região foi alvo de estudos anteriores da companhia Light & Power, no entanto a empresa havia optado pela instalação das turbinas na situação que hoje conforma o complexo da Billings-Henry Borden. Onde se alcançou o aproveitamento de uma queda de 700m por meio de derivação destas águas para a vertente do atlântico.

Os diques de defesa, solução que havia sido indicada pelos trabalhos realizados anteriormente⁷⁶a Comissão, eram, segundo análise contida naquele relatório, a resposta mais prática em função da ausência de um levantamento topográfico preciso entre a Penha e Osasco.

A partir desta constatação, A CMRT desenvolve os estudos topográficos necessários e organiza um conjunto de medidas e ações necessárias para garantir o funcionamento dos sistemas afetos adequados a esta hipótese de projeto:

- Seria necessário garantir que o canal não atravessasse o leito existente já que isto acarretaria em um significativo processo de infiltração pelo próprio leito aterrado durante as enchentes, causando, como aponta Brito (1926, p.148): “[...] possíveis ressurgências na várzea defendida e edificável; nos casos dos leitos por aterrar, seriam necessárias obras especiais que impedissem esses inconvenientes”.
- O projeto previa, e esta era a distinção apontada em relação aos anteprojetos realizados anteriormente a esta Comissão⁷⁷, a separação das águas pluviais vindas das terras altas daquelas captadas dentro das células que se formariam entre os diques longitudinais e os diques transversais. Esta separação aconteceria por meio da captação das águas altas pelos diques transversais que funcionariam segundo Brito (1925, p.148) como “[...] canais interceptores das águas das mesmas encostas, em altitude superior ao nível da máxima enchente do rio [...]” desta forma, o encaminhamento por gravidade até o canal principal tinha como objetivo limitar o funcionamento das bombas aos momentos de enchentes, já que estas, agora, seriam responsáveis apenas pela elevação das águas captadas em cada célula que, durante

⁷⁶ “[...] Este esboço consiste no levantamento de dois diques corridos, paralelos em quase toda a sua extensão [...], diques de 4,5 metros de altura sobre cujo topo correrão duas avenidas de 20 metros, diques que constituirão o leito maior do canal trapezoidal, destinado ao escoamento das enchentes. Ao encontrar os afluentes estes diques prolongar-se-ão lateralmente ao longo destes, diminuindo de dimensões e altura até baterem, no terreno natural, na linha de nível do respectivo coroamento[...]” (RODRIGUEZ, 1922 apud BRITO, 1926, p.134).

⁷⁷ Ver item 2.1.1 neste mesmo capítulo.

as cheias, deveriam bombear as suas águas para o canal do Tietê, tal qual acontece com um polder.

Aos olhos da comissão, o uso desta solução para áreas urbanas incorria em riscos inaceitáveis, principalmente o de rompimento e conseqüente alagamento das áreas até então protegidas. Havia também outro inconveniente segundo Brito (1926, p.149) resultante: “[...] da umidade e das ressurgências na várzea defendida, das águas que por via subterrânea descem dos morros laterais [...]”.

Após esta defesa, que ia contra os encaminhamentos dos estudos anteriores, a Comissão analisa outra solução, que será a defendida e desenvolvida ao longo do relatório: **o aterro da várzea.**

A solução do aterro deveria ser analisada, de acordo com o relatório da CMRT, em função da facilidade de execução bem como à luz de estudos econômicos, que verificariam se sobrevalorização das terras defendidas poderia justificar os custos de execução das obras.

A CMRT defendia que os volumes de terra necessários para o aterramento deveriam ser obtidos pelo aprofundamento e alargamento do rio bem como pela escavação do grande lago proposto, ou seja, o próprio processo de canalização geraria os grandes volumes de terras destinados à sobre-elevação da várzea. Reforçando a fala de Brito (1925, p.149):

A terra, em lugar de ser retirada dos morros, poderá ser embutida por aprofundamento e alargamento do rio, formando-se pequenos e alongados lagos, entre duas pontes consecutivas; a escavação do leito desceria para montante e para jusante de cada ponte de modo a não prejudicar a sua estabilidade e, então em cada uma o fundo do rio ficaria na cota dada pelo grêde geral estabelecido.

2.1.3 Níveis de Integração e Complexidade

Fica evidente a preocupação e o conhecimento da Comissão sobre as dinâmicas da máquina pública e a preocupação de adequar o projeto à realidade dos erários municipais. A articulação e integração pautam as decisões dentro de cada setor e a todo o momento é tirado o peso e a medida de uma decisão que levante aspectos co-dependentes a outros sistemas. A própria decisão da seção do canal escolhida, se não é a mais econômica dentro da decisão de melhoramento dos fluxos e aceleração do escoamento dos deflúvios⁷⁸, é aquela que, respondendo também às necessidades impostas ao controle de enchentes daquele território, mantém as condições de profundidade e velocidade das águas de tal modo a permitir a navegação ampla em seu leito.

Apesar das incertezas que envolviam o projeto com relação à falta de amostragens⁷⁹ e observações com amplitudes de temposcurtas⁸⁰ frente às características dos fenômenos envolvidos, o projeto foi desenvolvido de maneira afirmativa, sublinhando os aspectos que deveriam ser revistos ou redimensionados a partir de observações locais mais confiáveis. Mostrando uma das primeiras dificuldades

⁷⁸ BRITO, Francisco Saturnino Rodrigues de, *Defesa Contra Inundações - Melhoramentos do Rio Tietê*, 1944, pp.12 - Notas da presente edição CMRT I – Obras Completas – Saturnino de Brito – Defesa Contra Inundações – O texto comenta sobre as críticas apresentadas por um trabalho realizado em 1933 onde a sessão do canal adotada pela comissão não seria a mais econômica do ponto de vista da drenagem.

⁷⁹Sublinha-se que àquela época, assim como hoje, embora em outra medida, faltavam informações consistentes para uma avaliação precisa do comportamento da bacia. A Comissão não tinha dados de observação para determinar as descargas do rio Tietê e do rio Pinheiros, e a avaliação por meio de formulas e comparações geraram resultados inconsistentes, neste cenário julgou-se o mais razoável adotar um critério de proporcionalidade de influência das bacias a partir dos dados das descargas em Parnaíba, boca da bacia do Alto Tietê (BRITO, 1925) (p.156).

⁸⁰O relatório se baseou nos dados disponíveis sobre as alturas do rio Tietê na Ponte Grande e também algumas medidas feitas pela própria Comissão a partir de maio de 1924 até o término do Relatório em 1925. Esta limitação coloca a todo o momento o autor em uma postura de precaução já que as respostas técnicas daquele relatório partiam de interpretações de dados que, como aponta Brito (1925, p.93), eram insuficientes:

Expondo ao Sr. Prefeito os trabalhos de campo feitos até outubro de 1924, insistimos em notar a falta de observações metódicas durante vários ciclos hidrométricos do rio, para poder a Comissão, com relativa segurança, propor a modificação do leito do curso em frente à cidade: e então repetimos que, na falta destas observações, a Comissão se limitava a realizar os trabalhos de campo essenciais, a colher as opiniões existentes e as opiniões expedidas sobre o importante problema, de modo a dar aos estudos e ao projeto uma orientação prudente, isto é, sem exagerar a capacidade das obras para a previsão de fenômenos extraordinários por se não ter agora a medida direta da sua produção. Assim sendo, A diretoria de Obras da Prefeitura prosseguirá na observação dos fatos, para modificar, se for necessário, o plano que a Comissão organiza de modo a admitir com facilidade, em qualquer tempo, certas alterações.

em qualquer projeto que busque a integração ainda hoje: a indisponibilidade e falta de amplitude de dados, em quantidade e qualidade⁸¹.

2.1.3.1 Navegação e Drenagem

2.1.3.1.1 Quanto ao traçado do canal

Para que um traçado de regularização, usualmente submetido às demandas emergenciais da drenagem, não prejudicasse a navegação, seria preciso, como alerta Brito (1925, p. 65): “[...] que o deflúvio em estiagem seja o suficiente para se ter a altura molhada conveniente ao calado das embarcações e que as declividades não excedam a 0,25 por quilômetro ou a velocidade 0,90, segundo a opinião de engenheiros competentes no assunto, embora em rios navegáveis se notem acidentalmente velocidades de 2m e mais [...]”.

A geometria da canalização proposta pela Comissão (ver fig42, p.196) reduzia o trecho do rio entre Osasco e Penha de 46,3 km pra 26 km, adotando declividades de 0,25m/km entre a Penha e a Ponte Grande e 0,20m/km desta até Osasco. O traçado

⁸¹ Segundo Brito (1925, p.93) Além da ausência de dados dos ciclos hidrométricos dos rios, não existia uma planta da várzea do trecho municipal “*com curvas de nível, de sopé a sopé dos morros e desde a ponte de Guarulhos, na Penha até Osasco, entrando também pelo vale do rio Pinheiros*”. A produção deste material, ao qual o relatório lamenta a inexistência, era condição para o projeto de retificação e cubação de terraplanagem, mas também para os respectivos estudos sobre os canais interceptores das águas pluviais dos morros, se acaso se optasse pelos diques de defesa contra inundações, solução que foi estudada pela Comissão. Outro estudo que era apontado pela Comissão como necessário para a regularização do Tietê, com o objetivo de se tornar viável a navegação naquele trecho, consistia no estudo topográfico no curso e nos vales onde se poderiam represar as águas a montante no Tietê e afluentes. O estudo das cabeceiras do Tietê, necessários para regularizar o regime do Tietê para garantir-se também a navegação a montante e a jusante, até a represa de Parnaíba foram apenas realizados de forma preliminar, já que também ainda não eram dados coletados e organizados pelo poder publico a época.

escolhido acompanhava o curso natural do Tietê, desaparecendo, porém as sinuosidades características daquele rio⁸². Esta solução criava condições favoráveis ao controle de enchentes e à navegação, que teria regimes de operação específicos de acordo com as vazões disponíveis nos canais.

Embora o traçado retilíneo à montante da Ponte Grande fosse a medida mais pertinente à vazão das enchentes por aumentar a declividade do canal projetado, conforme o estudo de 1922 do Eng. José Antônio da Fonseca Rodriguez, a CMRT adotou uma geometria sinuosa e em sua defesa, Brito (1925, p.150) argumentava que: “[...] com a forte declividade (superior a 0,3 por km), seriam diminuídas as possibilidades de navegação sem manobras de eclusa durante uma parte do ano [...]” sublinhando que “[...] se predominassem as razões de ordem técnica e econômica para o traçado retilíneo, ele seria adotado [...]”. A escolha do traçado visou garantir que os interesses envolvidos, relativos ao controle de enchentes e ao sistema hidroviário, fossem alcançados, respeitando-se os condicionantes técnicos de operação de cada sistema.

2.1.3.1.2 Quanto às seções do canal

Os serviços de manutenção da seção hidráulica dos canais, como dragagens e proteção das margens, são ações de interesse comum à navegação e ao controle de enchentes já que garantem a conformação que foi dada ao rio e que é mantida artificialmente. Os meandros de rios em várzeas aluvionais de pequeno declive, como o Tietê, estão associados ao equilíbrio dinâmico entre a velocidade de suas águas e os processos de erosão do seu leito (SILVA, L.1950) (ver fig.51, p.203) e, por isso, eles tendem ao estado de menor consumo energético de suas antigas condições de leito. Os trabalhos de dragagem e contenção das margens devem ser uma constante na rotina de manutenção das regularizações, já que a sua ausência implicaria a formação de grandes depósitos de fundo, fazendo com que a altura das futuras enchentes excedesse as margens, voltando à sua busca pelo leito maior e pelo seu estado de equilíbrio (BRITO, 1925).

⁸²Com exceção das poucos trechos de canalização que haviam sido propostos pela Comissão de Saneamento e executados pela prefeitura do Município de Pão Paulo, tais como o Canal do Anastácio e o Canal de Inhaúma (ver fig. 30, p.187).

A definição das seções de um canal no seu processo de regularização possui diversas implicações importantes aos sistemas envolvidos. É comum que este processo de regularização faça emergir conflitos entre as utilidades da navegação e os interesses do controle de enchentes e, segundo Brito (1925, p.65): “[...] um dos meios de conciliar os dois objetivos é estabelecer quando possível, um leito menor para a navegação e uma dilatação do leito para as inundações [...]”.

A decisão sobre a seção do canal também estava ligada ao processo de aterro das várzeas para o seu saneamento, assim a CMRT optou por resolver este problema por meio do aprofundamento e alargamento do rio e o material desta escavação, junto ao da construção dos grandes lagos junto à foz do Tamandateí, seriam utilizados para a elevação das terras edificáveis sobre o antigo leito maior do Tietê.

A Comissão definiu para o mesmo traçado, duas seções distintas. Estas se desdobravam diretamente na hierarquia do sistema:

A seção transversal de tipo A é caracterizada por um leito único e a sua seção longitudinal é marcada por quatro grandes barragens associadas às respectivas eclusas para a navegação (ver fig.48, p.200). Neste cenário a navegação só poderia prescindir das manobras de eclusagem quando a vazão superasse os 38 m³/s. Como contraponto a esta desvantagem a seção providenciaria uma larga faixa para navegação.

A seção de tipo B (ver fig.48, p.200) está dividida em 3 leitos, sendo eles:

- O canal da margem esquerda, que permitiria a livre navegação mesmo durante os períodos de estiagem com descargas de 9 a 13 m³/s. O número de eclusas dependeria ainda de observações práticas, podendo ser até três, na Penha, em Osasco e abaixo da Ponte Grande, sendo esta última, na opinião de Saturnino, a que provavelmente seria adotada junta a barragem do lago proposto.
- O canal da margem direita seria navegável quando as vazões ultrapassassem os 16m³/s e funcionaria também como dreno coletor dos afluentes e das águas pluviais da margem direita do Rio
- A região entre as duas subseções funcionaria como um leito de inundação sempre que os deflúvios demandassem escoamentos maiores durante as grandes chuvas.

Esta seção permitia que a navegação tivesse suas condições preservadas mesmo com vazões muito restritas, por volta de $10\text{m}^3/\text{s}$, estando garantida a navegabilidade em todo o trecho estudado, conforme afirmam Brito (1925, p.158) “[...] sem o embaraço das manobras de eclusas, se não fora a conveniência de estabelecer uma barragem submersível, com eclusas, logo a jusante dos lagos, para garantir o regime deste e as condições de passagem para o trecho do rio a montante.”.

Tendo em vista que as vazões poderiam sofrer variações no futuro ficava previsto que o canal tipo B poderia ter a sua faixa central escavada, transformando-se uma seção tipo A alargada, caso esta obra fosse requerida por demandas da drenagem, a navegação exigiria barragens móveis e eclusas adotadas na seção tipo A.

Nota-se que os diversos ensaios realizados pela Comissão e registrados no relatório foram realizados no sentido de dar às seções dos canais maior perímetro hidráulico, de tal forma a diminuir a velocidade das águas conquistando melhores condições para a navegação na mesma medida em que diminuiria o impacto das erosões sobre as margens dos canais.

2.1.3.1.3 Quanto às Barragens e eclusas

Dentro destas propostas estavam previstas barragens associadas a eclusas com o intuito de ordenar o comportamento das águas durante as cheias e garantir as condições físicas de conexão entre corpos d’água para a navegação.

A montante da cidade, junto a Penha foi pensado um dique com uma abertura que tinha por objetivo impedir que as descargas para jusante crescessem em virtude das obras de regularização realizadas a jusante da mesma (ver fig.50, p.202). Aquele formato de barragem incompleta, pioneira do gênero no país, tinha por princípio não permitir que as inundações existentes nas várzeas da Penha perdessem a sua função de regularizadoras naturais das cheias, conforme esclarece Brito (1925, p.68): “[...] Queremos apenas que a situação a montante se mantenha, no caso da máxima enchente, tal como está, nem para mais nem para menos, ou que, sendo beneficiada (como realmente vai ser), desse benefício não resultem prejuízos à jusante”.

2.1.3.1.4 Quanto às obras de controle nas cabeceiras

A Comissão Sugeriu a construção de pequenas barragens em degraus no rio Claro, Paraitinga e Tietezinho. Esta medida tinha como intuito diminuir a erosão dos talvegues e minimizar o impacto de produtos carregados pelas chuvas no leito do canal, eventos que colocam em risco a navegação (INTERNAVES, 1984).

Foram previstos também açudes com vertedouros móveis no rio Tietê, a altura da Ponte nova, e também nos rios Botojura, Taiacupeba, Bititiba e Jundiaí. Estas últimas, situadas a montante do trecho municipal, teriam como função a regularização da vazão⁸³ do Tietê, preservando as profundidades mínimas para a navegação mesmo durante os períodos de estiagem. (INTERNAVES, 1984) A barragem de Ponte Nova⁸⁴ deveria ser pensada, conforme afirma Brito (1925, p. 146), como “[...] elemento regularizador do rio, não tanto pela sua influência modificadora das enchentes, que será pequena, mas como reserva para melhorar as condições da navegação nas rigorosas estiagens [...]”.

O sítio urbano da capital por estar próximo às cabeceiras do Tietê faz com que os represamentos ganhem grande efetividade e eficiência como medidas de regularização. Isto porque, conforme Brito (1925, p.60):

[...] nas origens dos cursos bastarão, naturalmente, represas de menores capacidades, praticamente exequíveis, com boas fundações; mas descendo os rios, a capacidade necessária para um

⁸³ As funções ambientais de regularização das várzeas foram primorosamente descritas ao longo do relatório sabia-se já então que os processos de canalização transferem o efeito das cheias pra jusante do sistema, como afirma Brito (1925, p.55): “[...] As depressões alagadiças nos terrenos, as várzeas inundáveis, os pântanos, os lagos – constituem elementos reguladores das águas correntes. A função é simples e conhecida; reter uma parte das águas das chuvas ou das enchentes para fazer lentamente a entrega ao curso de água [...]”.

⁸⁴ Esta represa fora pensada inicialmente pela Light & Power como o ponto de extravasão para a vertente oceânica da serra do mar, com intuito do seu aproveitamento hidroelétrico. Posteriormente a empresa descartou essa possibilidade ao adotar a Billings como a represa reservada a esta função. Saturnino ao longo do relatório avalia que a posição da Ponte Nova é estratégica para uma série de serviços urbanos, entre eles o controle das enchentes, embora ressaltasse que o seu efeito não seria significativo, mas também para a regularização e manutenção das profundidades hidroviárias mínimas durante a estiagem (BRITO, 1925)

benefício real é de tal modo grande que o vulto e o custo das obras saem fora limites das possibilidades práticas [...] mas não devemos nos esquecer que todas as represas feitas na região alta dum curso e de seus afluentes, seja qual for a sua capacidade e o seu objetivo, constituem geralmente elementos valiosos, não somente pelos serviços locais que prestam, mas também pela influencia benéfica que poderão exercer, embora em grau reduzido na regularização do regime do curso a jusante, para a navegação ou para as enchentes.

2.1.3.2 Navegação e Abastecimento

A questão do abastecimento é pouco trabalhada no relatório e somente entre a organização dos demais temas tratados se comentou algumas palavras sobre o tema.

A cidade de São Paulo tinha o seu sistema de abastecimento vinculado aos rios mais importantes das cabeceiras das Serras de Itapetí e Cantareira, localizadas na margem direita do rio Tietê, considerados rios de pequeno curso (ver fig. 41, p.195) (BRITO, 1925).

A leste de São Paulo, dentre os afluentes que davam origem ao rio Tietê, o do rio Claro era o mais importante e já a época recebia estudos para se incorporar ao sistema de abastecimento da cidade (ver fig.41 ponto D, p.195). O potencial represamento deste rio geraria uma série de serviços urbanos de primeira ordem, entre eles o aproveitamento energético, o abastecimento urbano, a manutenção das vazões mínimas para o canal de navegação do Tietê e o controle de enchentes, embora este último, segundo o relatório, tivesse uma influência reduzida tendo em vista os mais de 100 km que separavam o projeto da represa do então tecido urbano (BRITO, 1925).

2.1.3.3 Navegação e Geração de energia elétrica.

À época da publicação do relatório ainda não havia sido implementado o sistema de reversão pelo Pinheiros pela Cia Light & Power. Existiam dois estudos de derivação em pontos distintos das cabeceiras do Tietê para extravasar as águas no sentido da vertente marítima da Serra do Mar (ver fig.41 ponto C e D, p.195), aproveitando a energia potencial das águas do Alto Tietê relativas aos, aproximadamente, seus 700 metros de altura em relação ao nível do mar. Prevendo as implicações deste tipo de aproveitamento nos demais sistemas usuários, Brito alertava às autoridades ser necessário (1925, p.64): “[...] especial atenção para que a empresa que explora o serviço possa 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 [...]”.

Tendo em vista a escassez das águas do Tietê nos períodos de estiagem, a represa de Santo Amaro (Guarapiranga) (ver fig.41 ponto B, p.195), localizada próximo às nascentes da bacia, tinha como função regularizar o regime dos rios para a exploração hidroelétrica a jusante nas usinas de Parnaíba e Rasgão (ver fig.41 ponto A, p.195). O represamento do rio Grande, onde hoje se encontra a represa Billings, era, na época, uma das variantes do projeto que visava, como descreve Brito (1925, p.103): “[...] sobre-elevar o nível das águas e derivá-las, por uma garganta-baixa, para a outra vertente da serra do mar [...]” utilizando-se do grande desnível para o aproveitamento hidroelétrico. No entanto, segundo o relatório, esta represa também atuaria “[...] em socorro da estiagem para as usinas hidroelétricas a jusante [...]” funcionando em paralelo ao sistema Guarapiranga como corpos regularizadores dos rios da capital.

A Comissão alegava que estas represas poderiam servir à navegação já que a regularização do fornecimento de água para as hidroelétricas do curso natural do Tietê implicava alimentar os canais nos momentos em que a garantia das profundidades mínimas para a navegação seria mais crítica. Por outro lado as represas pouco poderiam influir no comportamento das enchentes já que o objetivo comum à navegação e à exploração hidroelétrica é (1925, p. 207): “[...] ter cheias estas represas, aproveitando todas as chuvas, para dispor de água armazenada; ao passo que para se evitarem as inundações há a vantagem em manter vazias, com o máximo de capacidade disponível quando sobrevierem as grandes chuvas [...]”.

A segunda variante de represamento para derivação pela Serra do Mar, localizada próximo a Mogi das Cruzes (ver fig.41 ponto D, p.195) poderia servir ao

controle de enchentes se as águas destas também forem previstas para a derivação em projeto, mas poderão não servir à navegação, já que retiraria das vazões fluviais a jusante toda a área de captação hídrica da represa. Esta condição poderia ser revertida se a capacidade de armazenamento fosse aumentada prevendo-se as necessidades hidroviárias nas estiagens (em torno de 20m³/s nos períodos de estiagem, segundo cálculos da Comissão), mas isto, conforme aponta Brito (1925, p. 208):

[...] não poderá fazer-se facilmente se a barragem de Mogi ficar a cargo da Companhia Light & Power, no plano de derivação de águas para a vertente do Oceano; mas se a barragem ficar a cargo do Governo, a Companhia terá bom proveito, porquanto do aumento do deflúvio do Tietê na estiagem resultará ela poupar as suas reservas no rio Pinheiros (Santo Amaro e a futura do rio Grande) e ter nas suas turbinas de Parnaíba e do Rasgão um acréscimo de cerca de 20 metros cúbicos por segundo.

2.1.3.4 Navegação e Controle de Poluição

Como visto acima a preocupação para a manutenção das vazões mínimas estava vinculada a preservação das condições de navegabilidade, mas também às condições de autodepuração dos corpos hídricos.

Segundo as estimativas da Comissão os volumes do rio Tietê (referentes ao ano de 1924), em períodos de estiagem eram de 10 a 17 vezes maiores do que os volumes dos esgotos urbanos coletados⁸⁵ e lançados em seu curso. Entretanto se fosse completado o sistema de captação e prevendo-se a ocupação das áreas urbanizadas a proporção entre volume do Tietê em estiagem e lançamento de esgotos cairia para a proporção de 4/1

⁸⁵ Os bairros antigos possuíam um sistema misto e durante as chuvas, com o crescimento da cidade, os volumes dos deflúvios nas tubulações elevaram-se e deterioraram-se⁸⁵ de tal maneira que este sistema foi revisto e, a partir de 1912⁸⁵, as novas expansões urbanas adotaram o sistema, ainda hoje vigente, de separação absoluta (BRITO, 1925).

mostrando que os inconvenientes então notados das descargas ao rio, por ocasião das estiagens⁸⁶, em breve aumentariam e se tornariam intoleráveis (BRITO, 1925).

Em decorrência dos lançamentos de esgoto *in natura*, a diluição do mesmo tornava-se uma questão passível de controle e fiscalização para a Comissão já que os sólidos em suspensão ocasionariam sedimentação no próprio rio e esta seria nociva, conforme Brito (1925, p. 196) sempre que: “[...] se realizar nas proximidades da descarga e forem elas habitadas ou frequentadas pela navegação [...]”.

A CMRT também considerou o efeito prejudicial dos despejos de esgotos às populações a jusante e conclui que, em um futuro próximo, a situação assumiria singular gravidade, fazendo-se necessário que qualquer medida relativa aos melhoramentos do Tietê deveria prever a instalação futura de algum tipo de tratamento pré-lançamento (BRITO, 1925).

Situada onde hoje existe a ponte Casa Verde, estava prevista uma barragem submersível (ver fig.44, p.197), com 2 metros de altura e duas eclusas associadas a cada subleito das margens (ver fig.46 secção B, p.198) Esta barragem tinha por função manter as profundidades do lago projetado em nível conveniente, já que este funcionaria como um corpo de regulação das águas para a navegação a jusante, mas também como base biótica para o tratamento dos esgotos urbanos.

Respaldados por algumas experiências internacionais, pioneiras nos estudos de fitodepuração e tratamentos de efluentes por wetlands⁸⁷, a comissão propôs, ainda que em caráter experimental, a aplicação do sistema de tratamento em lagoas de depuração nos lagos formados pelo projeto de retificação, com a expectativa de alcançar maior

⁸⁶ Segundo a visão corrente a época sobre o problema urbano dos esgotos, Brito (1925, p.184) versava que: “[...] Desde que foram feitos os primeiros esgotos o rio foi considerado o enxutório natural; nenhum inconveniente sério se apresentava, mormente atendendo a largura da várzea e o afastamento obrigatório das habitações, em vista das inundações: a descarga, não sendo nociva, não causava também incômodos [...]” e sobre este mesmo tema ainda argumentava que (1925, p.190): “[...] nos mares, lagos ou rios, quando se não possa reechar a contaminação, a descarga far-se-á *in natura*, para completa redução da matéria orgânica por auto-depuração [...] com a proporção entre volume de matérias poluidoras e a massa diluidora [...]”.

⁸⁷ Brito se referia aos (1925, p.203): “[...] tratamentos nas águas quase estagnantes, preconizadas pelo Dr. Hofer.[...]” para a cidade de Estrasburgo na primeira década do século XX, onde “[...] já haviam observado que a depuração no (rio) Ill se fazia melhor nas partes de fraca corrente, onde os vegetais e animais aquáticos se desenvolvessem em grandes massas [...]”. Posteriormente, como descreve o autor (1925, p.203) “[...] passaram então a praticar o processo depurador, para uma parte dos despejos, em tanques de cultura de plantas e criação de peixes, especialmente as carpas, espécie que se desenvolve bem em águas contaminadas [...]”.

eficiência no processo de depuração das águas residuais comparativamente ao seu simples lançamento nas águas correntes do rio Tietê.

2.1.4 Considerações finais - CMRT I

O Relatório da CMRT I foi elaborado em uma época em que grande parte do que hoje chamamos de Complexo Hídrico Metropolitano não havia sido construído⁸⁸. O equacionamento dos sistemas hídricos urbanos se dava com grande fôlego em um momento onde intervenções técnicas começariam a reorganizar a hidrografia natural, até então predominante naquela bacia.

O pensamento sobre esta transformação transcendia os limites do escopo encomendado à Comissão (obras contra inundações, navegação e descarga dos esgotos) que ao longo do relatório delineou inúmeras interfaces entre os diversos sistemas hídricos urbanos, buscando os benefícios daquelas intervenções dentro do funcionamento conjunto destes sistemas (geração de energia elétrica, abastecimento, controle de inundações, esgotos, navegação, irrigação).

Esta articulação tinha como base uma compreensão ampla do fenômeno dos ciclos das águas⁸⁹, prontamente emergindo conflitos entre a escala do fenômeno e os limites político-administrativos dados ao projeto. A Comissão apontou os cenários de integração entre as distintas esferas governamentais necessários à implementação das propostas, e não poupou críticas à ausência desta mesma integração nas fases que antecederam os estudos da Comissão.⁹⁰

⁸⁸ A exceção de poucos trechos de canalização do Tiete e a canalização do baixo Tamanduateí.

⁸⁹ O conhecimento das causas e efeitos dos processos de ocupação humana no território estava precisamente descrito e relatado já àquela época, segundo Brito, (1925, p.49): “[...] o problema das inundações é, portanto, um problema estabelecido pelos caprichos da atividade do homem. O reconhecimento da dificuldade ou da impossibilidade de resolvê-lo de modo completo na maioria dos casos importantes, deve ser muito sensatamente aceito para que se evitem trabalhos fora do termo, despesas excessivas e desilusões [...]”.

⁹⁰ A exemplo da insuficiência dos dados hidrológicos necessários aos trabalhos da CMRT, Brito comenta que (1925, p.144): “[...] se as administrações públicas, do Estado e do Município, se tivessem entendido para que os nossos estudos fossem mais completos, a resposta a estas perguntas mostrar-lhes-

Além da articulação intergovernamental, a experiência do CMRT apontava pra temas atuais como a necessidade de articulação entre planejamento urbano e macrodrenagem. Este é o caso da ênfase dada no relatório à preservação das condições regularizadoras das várzeas do Tietê à montante da Penha, a Comissão defendia que, qualquer empreendimento nas várzeas à montante da então cidade de São Paulo, mesmo sendo a regularização com vistas à navegação ou ao aproveitamento agrícola, só poderia ser realizado à luz de um cuidadoso estudo sobre os seus efeitos no então trecho urbano do Tietê, como pondera Brito (1925, p. 207):

[...] seria insensato prepara-se na capital um terreno para a edificação livre das inundações e inundá-lo, anos após se fazer desaparecer a montante os regularizadores naturais do regime do rio, no ponto de vista das enchentes [...].

Esta postura no projeto se alinha às diretrizes do PDMAT, que explicita a necessidade de se preservar as condições naturais das várzeas a montante da Penha, sob o risco de dilapidar a segurança alcançada com o aumento das seções hidráulicas e das vazões no trecho retificado do Tietê. O papel regularizador das enchentes era conhecido e foi ricamente avaliado ao longo do relatório da CMRT. Não obstante esta intenção sabia-se que a própria regularização proposta do rio entre Osasco e Penha acarretaria no aumento da descarga daquelas várzeas para jusante, sendo, por isso, proposto um dique com uma abertura junto à penha que simularia as condições de vazão anteriores à retificação.

Muitas das premissas de projeto da Comissão exigiam operações coordenadas das estruturas hidráulicas e, fundamentalmente, uma integração intersetorial incorporando navegação, energia, drenagem, abastecimento e controle de poluição. A exemplo do represamento do rio Claro nas cabeceiras do Alto Tietê, uma das alternativas estudadas para a reversão das águas da bacia para a vertente oceânica, que por estar a montante da capital (ver fig.41, p.195), permitiria além da geração de energia, que as águas represadas auxiliassem no controle das cheias e na manutenção das condições de navegação no Tietê ao longo do ano.

ia a singular importância deste fator hidrológico no problema que querem prontamente resolvido, limitado à região urbana [...].”

A opção pela organização de um viário, até então definido como avenidas, ao longo dos diques dos canais gerava uma fissão entre a antiga lógica dos barqueiros que regiam as relações da cidade com a navegação até então. Isto porque as operações que caracterizavam essas relações não se tratavam somente do transporte ao longo dos rios, mas, fundamentalmente, da relação que estes criavam com as margens, seja na captação de materiais das cavas (areia, argila e pedras) seja na entrega nos pontos mais próximos ao consumo desses materiais. Embora esta relação estivesse pouco desenvolvida e explicitada no relatório da CMRT I, os cortes e tampouco o texto mostram como estas poderiam acontecer e antecipam a difícil relação que a associação de viário estrutural com os rios urbanos gerou nas possibilidades da interface das águas com a própria cidade.

2.2 Introdução - Plano SANESP

Os projetos da segunda metade do século XX tiveram que lidar com um contexto diferente das primeiras Comissões: o processo de metropolização já mostrava claramente a sua envergadura e o corpo principal do complexo hídrico metropolitano agora era um dado de projeto.

O processo de canalizações encontrava-se em grande medida executado e operava-se a reversão do rio Pinheiros para a manutenção do reservatório de acumulação da Billings. A lógica hidráulica que permitia a provisão estratégica de energia para a cidade pela usina de Henry Borden, já explicitava o conflito⁹¹ entre

⁹¹ Tendo em vista aumentar a capacidade de geração da Usina Henry Borden, de 1928 até os anos 50 foi realizada a retificação e reversão do rio Pinheiros para aumentar a capacidade da represa Billings. Dentro desta operação foram construídas as usinas elevatórias de Pedreira, Traição e a estrutura do Retiro na confluência com o rio Tietê.

A evolução de degradação da qualidade das águas da BHAT caminhou para um cenário de restrições ambientais ao sistema de reversão na década de 80, culminando na promulgação do artigo 46 das Disposições Transitórias da Constituição do Estado de São Paulo, que proibia a reversão das águas poluídas do Tietê revertidas pelo rio Pinheiros para o reservatório Billings. A regulamentação deste dispositivo legal foi emitida, em 1992, em Resolução Conjunta SEE-SMA-SRHSO 1, de 31 de janeiro 2001, que liberava a operação de reversão apenas em situações emergenciais, sendo elas: a) a vazão do Rio Tietê, no ponto de sua confluência com o Canal Pinheiros, atinge 160m³/s; b) o nível de água na

qualidade das águas e a gestão das suas quantidades, tornando-se uma questão cada vez mais crítica para a cidade.

A estruturação e expansão da hidrovia Tietê-Paraná em direção à RMSP trazia um novo contexto de análise para a navegação na BHAT⁹², outro padrão e contexto técnico criavam um horizonte de projeto onde as ligações territoriais já previstas no Plano Nacional de Viação (PNV) (Lei 5.917/73) se tornavam mais palpáveis para o planejamento da cidade.

O Plano SANESP - Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana de São Paulo, realizado em 1983, foi elaborado com o intuito de planejar e otimizar a utilização dos recursos hídricos disponíveis na RMSP. Comportava um escopo de grande envergadura e tratava, dentro do quadro de sistemas hídricos urbanos, da navegação como um aspecto estratégico para a cidade.

O Plano tinha como objetivo reunir e consolidar um grupo de informações, até então dispersas na máquina pública, relativos aos usos existentes e previstos para os recursos hídricos na RMSP. A integração dessas informações, que normatizou inclusive o sistema de coordenadas das obras do Complexo Hídrico Metropolitano, serviu de base para o equacionamento de soluções articuladas com o intuito de negociar e compatibilizar os inúmeros interesses econômicos, sociais e ambientais que tinham como objeto os recursos hídricos no contexto metropolitano (INTERNAVES, 1984).

O Plano foi realizado pela CNEC, conforme recomendação do Comitê Especial do MME/GESP. O termo de Referência elaborado pelo DNAEE-Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica, coordenador geral do Plano, serviu de base para orientação dos trabalhos, que foram acompanhados e aprovados por um Grupo Executivo no qual participavam: Companhia de Energia de São Paulo (CESP); Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP); Eletricidade de São Paulo S.A. (ELETROPAULO); Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); Companhia de

confluência do Tietê com o Pinheiros apresenta sobrelevação superior a trinta centímetros; c) a cota na tomada de água na Usina Henry Borden cai a níveis insuficientes para assegurar o fornecimento de energia elétrica em situações de emergência; d) ocorrer formação de espumas no Rio Tietê depois da Barragem Edgardde Souza de forma a extravasar o espelho d'água; e) acontecer proliferação de algas no rios e reservatórios da Região Metropolitana e no Médio Tietê em quantidade tal que comprometa a qualidade do abastecimento público de água. (PBHAT, 2009)

⁹² Ver Capítulo 3, item 3.2.1.

Tecnologia de Saneamento Ambiental da Grande São PAULO (CETESB); Companhia de Planejamento da Grande São Paulo S/A(EMPLASA) e Centrais Elétricas Brasileiras S.A.ELETROBRÁS).

A Coordenação Executiva do Plano ficou a cargo da ELETROPAULO, SABESP e CESP, enquanto que a coordenação técnica foi feita por representantes destas três entidades assessoradas por grupos técnicos, de caráter multidisciplinar e interinstitucional.

O Plano SANESP gerou 46 relatórios finais, organizados de forma setorial, formando três grupos de documentos:

- Relatórios Básicos, que reuniam os dados e informações que formariam a base para as políticas e diretrizes da utilização integrados recursos hídricos na bacia do Alto Tietê bem como das bacias circunvizinhas.
- Relatórios Preliminares que apresentavam a hierarquia do modelo de decisão do Plano SANESP que posteriormente seria usado como guia para a metodologia de convergência dos estudos.
- Relatório final, que consolidava os estudos desenvolvidos.

O uso das águas como meio de transporte foi uma constante ao longo dos estudos de integração embora também tenha sido elaborado um relatório específico dedicado a este tema intitulado **Condicionantes à navegação fluvial na Região Metropolitana de São Paulo**. Neste relatório foram estudadas as diversas interfaces do sistema hidroviário dentro do complexo hídrico metropolitano, tendo em vista viabilizar e ampliar os usos múltiplos das águas na BHAT.

2.2.1 O relatório e sua estrutura conceitual

A navegação foi tratada no relatório Setorial n.16 – Condicionantes à navegação Fluvial, publicada em setembro de 1982. O relatório tinha como objetivo consolidar os levantamentos efetuados no Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos

Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo 1981/2000, com relação aos trechos dos rios Tietê e Pinheiros, canalizados e/ou em obras de regularização, visando avaliar a sua adequação à navegação comercial e de recreio.

O relatório abordou as diferentes condições de navegabilidade dos rios Tietê e Pinheiros bem como dos Reservatórios Billings e Guarapiranga, e a partir deste levantamento elencou uma série de medidas e melhoramentos que deveriam ser realizados com o intuito de viabilizar a navegação na BHAT.

Conforme estudos anteriores⁹³, o Plano SANESP assumiu que a hidrovia metropolitana comportava duas escalas distintas, uma associada às próprias demandas da RMSP e que permitiam a adoção de embarcações menores e aptas às condições mais restritivas dos canais navegáveis implantados sobre rede de afluentes do rio Tietê e uma segunda, de caráter regional e continental, funcionaria como extensão da hidrovia Tietê-Paraná até as águas da BHAT, se adequando às condições de navegabilidade do corpo principal do Tietê no seu trecho metropolitano promovendo uma navegação de longo curso.

A aproximação hidroviária dos centros exportadores agrícolas do interior aos mercados consumidores da Grande São Paulo bem como aos centros exportadores da costa permitiria o transporte a baixo custo de adubos, corretivos de solo, combustíveis assim como o contra fluxo de mercadorias para a produção agrícola sentido zonas produtoras e produtos manufaturados para o interior do continente e países vizinhos (SANESP, 1983).

No contexto de navegação local foram consideradas cargas ligadas à construção civil como areia, brita, tijolos, telhas, ferro, etc. e produtos hortifrutigranjeiros que são produzidos e consumidos na região. Vislumbrava-se também o uso dos rios para o transporte de passageiros.

Foram consideradas as regras nacionais de navegação interior e conjuntamente aos condicionantes de segurança avaliados a partir do contexto urbano específico da BHAT. Dentro das duas tipologias de embarcações adotadas foram indicados os padrões

⁹³ (BAPTISTA, 1941) (PMSP, 1965) (DNPVN, 1967) (DH, 1980) (INTERNAVES, 1984) (CNEC, 1983) (CNEC, 1981).

geométricos e hidráulicos mínimos necessários para o tráfego seguro destes comboios (SANESP, 2003).

Fixadas as condições de funcionamento da hidrovia metropolitana estudaram-se, também, as interfaces do sistema hidroviário como os demais sistemas hídricos urbanos, buscando-se um olhar panorâmico sobre os limites de operação dos demais sistemas, considerando a viabilização dos usos múltiplos das águas na Bacia. Dentro deste panorama foram contempladas a produção de energia elétrica, o abastecimento de água, o controle de poluição, o controle de enchentes, a recreação e o lazer.

2.2.1.2 Condições de Navegação na BHAT

O mapeamento do conjunto de obras civis que compunham o Complexo Hídrico Metropolitano foi levantado a partir de diversas entidades e constituiu um dos principais esforços deste plano. Informações até então dispersas foram reunidas a partir de critérios comuns e, por fim, uniformizou-se o referencial altimétrico deste conjunto de obras, adotando unicamente o DATUM IGG (INTERNAVES, 1984).

Foram levantadas as condições de navegação do que foi considerada a hidrovia do Alto Tietê, sendo analisados os rios Tietê, Pinheiros, Reservatórios Billings, Guarapiranga. O Plano fez também um extenso levantamento das condições de navegação no trecho do Médio Tietê Superior, indicando os principais melhoramentos a serem realizados com o objetivo de se permitir a conexão da RMSP com o sistema Tietê-Paraná.

A análise detalhada das condições de navegabilidade nos trechos canalizados e represados do Alto Tietê mostrou que, de forma geral, os padrões geométricos eram atendidos para o comboio definido pelo Plano como Padrão Alto Tietê⁹⁴ e mesmo, na

⁹⁴ O Comboio tipo Alto Tietê tomou como base as tipologias de embarcações que eram usadas a época para a dragagem dos canais. Foi adotado o modelo de comboio de empurra com até duas chatas com a seguinte padronização: 67m de comprimento, 7m de largura máxima, 2,5 metros de calado máximo e 600 toneladas de capacidade de carga (SANESP, 1983).

maioria dos casos⁹⁵, para o padrão Tietê ⁹⁶. Naquele momento não havia nenhuma eclusa em funcionamento pleno no trecho considerado para a hidrovía, e no trecho já aberto à navegação, leito que conecta a barragem de Edgard de Souza até a barragem da Penha (em construção naquele momento), demandaria apenas obras complementares, especialmente nas pontes Rochdale e do Limão além das dragagens permanentes, condição comum a todo e qualquer trecho⁹⁷ da hidrovía (SANESP, 1983).

O trecho a jusante da barragem da Penha era considerado o estirão limite projetado para a navegação na RMS. Este subtrecho, de corrente livre, se estenderia por 70 km, a serem retificados, até a barragem de Ponte Nova e deveria ser modulado por quatro represas providas de eclusas, sendo elas: a Barragem da Penha, com 4,87m de queda; a barragem móvel de São Miguel, com 5,50 m de queda; a barragem móvel de Itaquaquecetuba, com 4 m de queda e a Barragem Móvel do Brás⁹⁸, com 4,20 metros de queda. A seção do canal que deveria ligar essas barragens possuía uma declividade de fundo que oscilava de 20 a 30 cm/km, com raios hidrovíarios de 500m e eclusas dentro do padrão Tietê³⁶.

Visando a ampliação das condições de navegação para todo o trecho estudado seria necessário a realização de algumas obras hidrovíarias, que deveriam seguir o padrão de navegação imposto pelas tipologias adotadas, sendo elas as eclusas⁹⁹ de: Pirapora, Edgard de Souza, Vila Guilherme, Penha, São Miguel, Itaquaquecetuba e Brás Cubas. As eclusas projetadas obedeceriam aos padrões Tietê, com 12 metros de largura e 142 de comprimento.

⁹⁵ O padrão Tietê, destinado a navegação de longo curso, não se enquadrava nos padrões geométrico existentes no canal do rio Pinheiros (SANESP, 1983).

⁹⁶ Já O padrão Tietê consistia em duas chatas em linha somadas ao empurrador com as seguintes dimensões: 137 metros de comprimento total, 11m de largura máxima, 3,5m de calado máximo e uma capacidade de carga de 2414 toneladas (SANESP, 1983).

⁹⁷ Além dos serviços de dragagem, que deveriam ser contínuos devido aos altos níveis de sedimentação no fundo nos canais, alguns trabalhos de derrocagem estavam sendo feitos já na época para a retirada das soleiras rochosas que ainda restavam no fundo dos canais. (SANESP, 1983)

⁹⁸ O relatório alertava que a navegação a montante da barragem projetada para Brás Cubas era questionável, haja vista a necessidade de se retirar grandes volumes de rocha do fundo do leito por processos dispendiosos de derrocagem. (SANESP, 1983)

⁹⁹ Segundo o relatório SANESP (1983, p31): “[...] para as obras de transposição de desnível das futuras barragens da Vila Guilherme, São Miguel, Itaquaquecetuba e Brás Cubas, dispõe-se apenas dos projetos (executivos, no caso de São Miguel e Itaquaquecetuba). As demais obras na transposição de desnível previsíveis (Parnaíba e Edgard de Souza, no Tietê, Retiro e Guarapiranga, no canal do Pinheiros) não foram ainda projetadas [...]”.

O trecho hidroviário do rio Pinheiros impunha restrições ao tráfego do comboio alto Tietê em decorrência da estrutura do Retiro impondo o desmembramento do comboio em função das dimensões da eclusa de Traição. O padrão Pinheiros foi definido com 7,5 metros de largura e 29 metros de comprimento.

Por fim, a navegação nas represas Billings e Guarapiranga dependia somente da construção das eclusas juntos às respectivas barragens, pois o nível represado, salvo condições de operação excepcionais, respondia positivamente aos calados adotados.

2.2.1.3 Navegação e as escalas urbanas /Recortes Administrativos e Recortes de projeto

Em decorrência das condições atuais e vislumbrando as futuras conexões hidroviárias a leste (Tietê-Paraná) e nordeste (Paraíba do Sul) da RMSP, foram fixados dois padrões de navegação, o primeiro associado ao sistema continental de navegação, se alinhava com os padrões técnicos da Hidrovia Tietê-Paraná, que no seu trecho metropolitano estaria viabilizado pelo canal do rio Tietê. O segundo padrão, vinculado a uma lógica urbana e local, previa a utilização de embarcações com menor capacidade, que teriam acesso às demais hidrovias metropolitanas, no caso deste estudo: Represa Billings, Guarapiranga e o rio Pinheiros.

Esta decisão se vinculava sobretudo ao entendimento de que existem duas escalas (territorial e urbana) que coincidem sobre um mesmo espaço físico metropolitano e prever o funcionamento simultâneo destas escalas junto ao complexo hídrico significava integrar as operações e sistematizações das obras civis de tal forma a prever o seu uso compartilhado.

Esta diferenciação foi crucial para o equacionamento da navegação na RMSP já que as embarcações definiriam os padrões hidroviários necessários à sua navegação (PADOVEZI, 2010), notadamente a geometria (raios de curvatura), vãos hidroviários entre pontes, profundidade dos canais e tamanho das eclusas. Equalizar todo o sistema por um padrão ou por outro significaria grandes custos, seja por obras seja por capacidade ociosa em trechos dos canais.

Assim, julgou-se conveniente a adoção de dois tipos de embarcações vinculadas a dois sistemas com escalas diferentes:

- Comboio tipo Tietê – embarcações maiores vinculados à hidrovia continental, destinadas a navegar o curso principal e, em um cenário futuro, fazer a conexão o Médio e Baixo Tietê. Comprimento total de 137 m, largura máxima de 11m, calado máximo de 2,5 m, com duas chatas e capacidade de carga útil de 2414 t e velocidade em águas paradas de 10km/h.
- Comboio Tipo – Alto Tietê - Embarcações de tráfego Local – restritos a Região da Grande São Paulo, com amplo acesso ao canal do rio Pinheiros e às represas Billings e Guarapiranga e ainda ao trecho metropolitano do Tietê. Estas poderiam, já naquela época, navegar por um grande trecho do Tietê sem nenhuma obra a ser realizada. Foram adotados comboios de empurra, com dimensões similares às embarcações de serviço que realizavam a dragagem dos canais. Comprimento total de 67 m, largura máxima de 7 m, calado máximo de 2,5 m, com duas chatas e capacidade de carga útil de 600 t e velocidade em águas paradas de 11km/h.

2.2.2 Níveis de Integração e Complexidade

O Plano SANESP considerou como inteiramente compatível a navegação fluvial com os demais usos da água nos cursos d'água naturais e artificiais da BHAT. O que não significava que não houvesse interferências entre esses usos, os quais deveriam ser estudados e integrados por meio da gestão e adequação das obras bem como da operação integrada do sistema hídrico metropolitano.

Muitas destas interfaces com o sistema hidroviário estavam ligadas à segurança das embarcações e à continuidade de tráfego. Dois aspectos da navegação que se ligam diretamente aos sistemas de segurança e de gestão de risco para a bacia e que, com a adoção de um sistema de comunicação e alarme, remediariam boa parte destes cenários de risco (SANESP, 1983).

A resiliência do sistema hidroviário com relação às operações, quando comparado aos demais sistemas (defesa contra enchentes, geração de energia, abastecimento de água, etc.) faz com que, usualmente, a ele se imponham os regimes e manobras de exceção que permitirão o funcionamento simultâneo das diversas funções dentro de um conjunto de sistemas integrado (SANESP, 1983).

Medidas simples como a interrupção de tráfego, conforme alerta o relatório, repercutiriam nos custos do transporte, sendo aceitáveis dentro de limites que os estudos econômicos deveriam apontar. O relatório mostra ainda que as interfaces apontadas eram delimitadas ainda sem grande profundidade, sendo necessária a realização de estudos específicos que se debruçassem sobre cada um destes temas, cabendo àquele estudo a descrição em linhas gerais dos principais e possíveis conflitos entre navegação e os demais sistemas hídricos urbanos.

2.2.2.1 Navegação e Abastecimento

A única interferência relatada no estudo seria com relação ao uso eventual dos reservatórios Guarapiranga e Rio grande para a navegação. Isto implicaria uma perda de água nas eclusagens¹⁰⁰, devido à posição de cabeceira destas represas, que são usadas para o abastecimento da RMS. Estas operações, segundo o relatório, seriam responsáveis pela perda¹⁰¹ de 1 a 2% dos volumes destinados ao abastecimento e,

¹⁰⁰ Foi definido pelo relatório SANESP como consumo máximo de água pelas eclusagens (1983, p.35): “[...] o volume total de água necessário para garantir o tráfego das embarcações, quando atingida a capacidade de tráfego da via navegável”.

¹⁰¹ Chama-se atenção, em um ponto do relatório, que a operação de eclusagens não se trata precisamente de consumo de água já que (1983, p.35): “[...] a água não é propriamente consumida, mas apenas utilizada para se encher a câmara, a partir do nível de montante, e posteriormente devolvida ao rio, no nível de jusante. Assim sendo, trata-se, na realidade, de um consumo de energia hidráulica que, obviamente, só corresponde a um “gasto” se houver um aproveitamento alternativo [...]”.

portanto, desprezíveis. Entretanto o Plano analisou a adoção de eclusas com economizadores de água, quando houvesse carência de água ou quando esta fosse destinada ao aproveitamento energético. Entre os sistemas¹⁰² estudou-se o de portas intermediárias, o de eclusas geminadas e o sistema de câmaras de recuperação, adotando este último¹⁰³ como sistema de maior interesse para o contexto metropolitano.

Em um memorando da SABESP¹⁰⁴ sobre os conteúdos do relatório do Plano SANESP, a empresa solicitava maior aprofundamento da análise da navegação comercial em reservatórios destinados ao abastecimento de água. A precaução mostrada pela instituição se devia à possibilidade, conforme o relatório, de acidentes envolvendo transporte de cargas poluentes, a eventual necessidade de limpeza dos compartimentos de cargas, o vazamento de combustíveis e desprendimento de óleos motores além da disposição de esgotos sanitários das embarcações, o que tornaria, na leitura da SABESP, a navegação comercial incompatível com a finalidade do reservatório, somando-se a estes riscos o interesse menor que o reservatório poderia oferecer ao sistema hidroviário proposto pelo projeto SANESP. Estas questões, que não foram desenvolvidas na versão final do plano publicado em abril de 1983, serão retomadas no capítulo 3 desta dissertação, dentro do contexto do atual projeto de navegação para a Hidrovia Metropolitana.

2.2.2.2 Navegação e Drenagem

¹⁰² Segundo definições do Plano SANESP, o sistema de portas intermediárias possibilitava a passagem de embarcações menores com enchimento de apenas parte do comprimento da câmara, em geral 1/3 ou 2/3 da câmara; o sistema de eclusas geminadas utiliza parte da água da eclusagem para encher uma câmara paralela e, por fim, os sistemas de câmaras de recuperação em que, na operação de liberação das águas da eclusagem partes destas ficam retidas em câmaras de diferentes alturas e depois são restituídas durante a operação de enchimento da eclusa.

¹⁰³ Segundo o relatório SANESP (1983, p.36): “[...] o sistema de câmaras de recuperação permite, nas eclusas modernas, uma economia de mais de 60% de águas necessárias para o enchimento. Evidentemente o sistema é caro e conduz a circuitos hidráulicos complexos e os tempos de enchimento e esgotamento das câmaras, maiores, que o das eclusas normais [...]”.

¹⁰⁴ Memorando 057-A/82 da SABESP, emitido em 21/10/1982, sobre a primeira versão do Relatório Setorial N° 16 “Condicionantes à Navegação Fluvial” do Plano SABESP, publicado setembro/1982.

O Relatório considera esta a relação mais crítica já que o funcionamento de ambos os sistemas dependem de sistematização entre as suas inúmeras interfaces. Tais como profundidades mínimas para os calados das embarcações e a inconveniência para a navegação de variações muito bruscas do nível d'água.

As variações dos níveis de água em curtos períodos de tempo, frutos do impacto das chuvas no corpo de macrodrenagem ou mesmo de operações preventivas de comportas, deveriam ter, segundo o relatório, o seu comportamento disciplinado por medidas que minimizem os impactos negativos para a navegação. O lançamento de embarcações à deriva decorrente do rompimento de amarras, bem como o encalhe de comboios são resultados possíveis destas alterações bruscas nos níveis nos canais.

Foi realizada uma análise sobre os fluviogramas do Alto Tietê, mostrando que as variações do nível d'água usualmente não ultrapassam os 0,8m/h, valor abaixo do 1,5m/h considerado crítico para a navegação¹⁰⁵. Concluiu-se que as variações mais significantes àquela época estavam associadas às ondas de cheias naturais, não sendo decorrentes de operações de estruturas.

O canal do rio Pinheiros, detentor de uma condição particular dentro da hidrovia, tem as suas grandes variações de nível decorrentes da operação das usinas elevatórias quando operadas em função do sistema de macrodrenagem. Mesmo durante estes eventos a variação de nível não atingia os limites apontados como seguros. As represas Billings e Guarapiranga, em função da sua grande capacidade, passavam longe desses limites.

Outro fator impactante considerado na operação das estruturas de controle de drenagem foi a geração de ondas de translação, que são ondas decorrentes de manobras de comportas e turbinas. Considerou-se que estas podiam chegar a 1m de altura sem comprometer a segurança da navegação e o estudo apontou que, naquela conformação dos sistemas de controle, as ondas deste tipo não alcançavam 0,80m de altura (SANESP, 1983).

À época fazia parte dos procedimentos de combates às enchentes no Alto Tietê a abertura das comportas de Edgard de Souza antes da chegada das ondas de enchentes e

¹⁰⁵ A máxima variação verificada até 1983 foi de 1,6 m em 1 hora e 20 minutos no dia 28/11/76, próximo à ponte da Penha (SANESP, 1983).

este procedimento, segundo o relatório, não garantia a manutenção da cota mínima de projeto para a navegação. A inserção da navegação neste trecho poderia diminuir a capacidade de amortecimento das cheias no leito do canal da prefeitura ao exigir manobras mais delicadas das comportas e evitar as políticas de esvaziamento brusco dos canais.

Chamava-se atenção para a fixação de níveis de espera que não interferissem com as lâminas d'água mínimas para a navegação, embora os níveis adotados à época fossem satisfatórios neste ponto de vista.

As dragagens foram abordadas no relatório e mostrou-se que estas deveriam ser balizadas de tal forma a não gerar obstruções à navegação comercial durante a operação dos barcos dragas, provedores de serviços que seriam imprescindíveis à manutenção das seções de escoamento das cheias, tornando-se estratégicos para a macrodrenagem metropolitana.

2.2.2.3 Navegação e Geração de Energia Elétrica

A manutenção das profundidades mínimas para a navegação deveria ser equacionada, segundo o relatório, a partir dos limites máximos de exploração dos recursos hídricos da bacia para a geração hidroelétrica. Dentro da Billings, esta questão se desdobrava na garantia dos limites de consumo e profundidades mínimas para a operação das embarcações no seu leito.

Ainda sobre esta questão, as vazões mínimas operadas em Parnaíba naquele momento, por volta de $1\text{m}^3/\text{s}$, não eram suficientes para garantir a navegação no médio Tietê Superior. Seria necessária uma vazão mínima limite de 3,5 a $4,5\text{m}^3/\text{s}$ ao leito do Tietê naquele trecho, isto significava, à época, uma redução na produtividade da Henry Borden.

Foi levantada também pelo estudo a perda de água pelas eclusagens nos diferentes trechos de canal. Esta perda hídrica significaria também uma redução potencial na produção de energia. No caso do Pinheiros, os saldos negativos eram considerados desprezíveis em decorrência do pequeno tamanho das eclusas, mas se

ressaltava a necessidade de efetuar estudos mais completos sobre as perdas na eclusa prevista para Edgard de Souza, em função das suas maiores dimensões¹⁰⁶.

Tendo em vista a manutenção das condições de navegação no canal do rio Pinheiros, deveriam ser determinados os limites de funcionamento das bombas para o conjunto de usinas elevatórias buscando evitar as variações bruscas de nível dos três trechos do rio.

2.2.2.4 Navegação e Controle de Poluição

Respeitadas as normas e garantindo a manutenção dos elementos que constituem o sistema hidroviário, este é considerado um modal de baixo potencial poluidor não devendo influir, segundo leitura do Plano, de forma sensível neste aspecto da BHAT.

Acidentes com embarcações foram considerados casos raros no contexto de navegação interior. A depender das características das cargas, estes eventos deveriam ser equacionados já que poderiam criar cenários de risco. Segundo o relatório, cargas consideradas poluentes, como produtos químicos, derivados de petróleo e certos tipos de cereais, não seriam frequentes na hidrovia, mas o uso dos reservatórios Rio Branco e Guarapiranga como vias navegáveis deveria impor estudos cuidadosos sobre o transporte dessas cargas.

A contaminação gerada pelo maquinário de propulsão das embarcações, notadamente graxas e óleos, poderia com certas medidas e opções tecnológicas, serem reduzidos a níveis insignificantes, mesmo no contexto da navegação em reservatórios destinados ao abastecimento.

A limpeza dos compartimentos de carga das embarcações e das operações de transbordo nos terminais, especialmente de produtos a granel, deveria ser alvo de um

¹⁰⁶ A eclusa de Edgard de Souza atenderia ao padrão Tietê: 12 metros de largura e 142 metros de comprimento.

cuidado particular, mas poderiam ser facilmente remediada com uma fiscalização adequada.

2.2.3 Considerações Finais - PlanoSANESP

A CMRT I pensou as obras de usos múltiplos dos recursos hídricos a partir de uma matriz institucional mais simplificada, e em um momento onde a estrutura e hierarquia do Complexo Hídrico Metropolitano ainda não estavam formadas, inclusive a própria metrópole como fenômeno urbano. O Plano SANESP, entretanto, se debruçou sobre um quadro onde a complexidade dos fenômenos urbanos e da própria máquina pública que foi criada para orquestrar esses fenômenos já estava constituída. Grande parte do esforço surgia da necessidade de consolidar as informações que se encontravam pulverizadas pelos diversos agentes e prestadores de serviços que, de forma fragmentária, constituíam o conjunto desse sistema.

Neste momento se enunciava o problema com uma articulação razoavelmente horizontal entre as diversas entidades que direta ou indiretamente se utilizam dos recursos hídricos na metrópole. Já se anunciava ali uma tentativa de se evitar a dispersão da gestão setorial no intuito de se construir e aproveitar as sinergias em obras de caráter multisetorial com orientações intergovernamentais.

Devido à proximidade, quanto a complexidade, das condições de operação hidroviária àquela época com relação aos dias de hoje, a maior parte das considerações trazidas no relatório podem ser aproveitadas nos estudos de implementação atual da hidrovia metropolitana. Questões ligadas aos regimes de operação do sistema de macrodrenagem, em decorrência do aumento das vazões e das maiores potências instaladas no aparato de reversão do rio Pinheiros, se tornaram mais crônicas e passíveis de estudos específicos como intuito de consolidar limites de operação aceitáveis entre drenagem e navegação.

Os estudos sobre economia de águas no sistema hidroviário se mostram cada vez mais urgentes em um contexto que tende a um stress hídrico cada vez maior na RMSP, soma-se como valor a estas medidas a diminuição dos impactos das eclusagens na qualidade do reservatório do rio Grande, destinado ao abastecimento, em

decorrência da sua conexão com o corpo principal da Billings, tornando essas medidas desejáveis nos cenários propostos para o Hidroanel Metropolitano.

O relatório focou nos conflitos entre a navegação e demais sistemas urbanos, mas deu pouca ênfase às possíveis sinergias entre as demandas da navegação em relação a esses mesmos sistemas. A estratégia para a simultaneidade das funções associadas ao uso de recursos hídricos se voltava, então, para uma gestão de risco - o controle de medidas no tempo e no espaço que minimizariam os ruídos de operação entre os sistemas usuários. Condição que deve ser amplamente discutida no atual contexto de implementação de um sistema hidroviário no Complexo Hídrico Metropolitano.

CAPITULO 3

O Hidroanel Metropolitano e a integração dos sistemas de saneamento

3.0 Introdução ao Capítulo 3

A navegação na BHAT, que esteve presente em uma série de estudos realizados ao longo do século XX, compõe atualmente o corpo de diretrizes constituintes da agenda estadual e metropolitana¹⁰⁷. No entanto a ampliação¹⁰⁸ deste sistema na atual configuração do Complexo Hídrico Metropolitano impõe desafios e oportunidades para a formulação de uma gestão integrada dos recursos hídricos na metrópole.

¹⁰⁷Compõe as diretrizes e usos previstos pelo Plano Estadual de Gestão dos Recursos Hídricos e pelo Plano de Bacia do Alto Tietê.

¹⁰⁸ Usa-se o termo ampliação porque atualmente existem 54 km de vias navegáveis no trecho metropolitano do rio Tietê. Localizados entre a Represa de Edgard de Souza e a Barragem da Penha, este trecho de hidrovia é utilizado basicamente para a navegação de barcos-draga responsáveis pela manutenção da seção hidráulica do canal.

Para analisar este contexto será objeto de estudo deste capítulo o projeto formulado pela FAU-USP para o governo do Estado de São Paulo¹⁰⁹. O estudo em questão, nomeado Hidroanel Metropolitano, conceitualiza a navegação como parte de uma operação múltiplo escopo que articula funções e operações simultâneas de diferentes sistemas de saneamento. Esta característica traz grandes desafios e potencialidades na ampliação da navegação dentro da RMSP, haja vista as múltiplas interações, nem sempre positivas, entre os sistemas do Complexo Hídrico Metropolitano, o que exige níveis de articulação institucional e negociação técnica do conjunto de serviços hídricos urbanos ¹¹⁰ ainda embrionários dentro da gestão metropolitana.

Embora muitos dos estudos realizados no começo do século tenham pensado as operações hidroviárias associadas ao uso estratégico dos recursos hídricos de forma integrada, hoje a navegação se insere em um contexto com novas características onde muitos dos usos possíveis dos recursos hídricos metropolitanos encontram-se depreciados pelo difícil equacionamento entre quantidades e qualidades das águas no meio urbano.

Existem múltiplos limites à operação setorial para a solução destes problemas já que muitas das interferências fogem dos campos de atuação específico de cada pasta. As falhas de cada um destes processos não se encontram necessariamente dentro da competência de cada grupo setorial, mas justamente na ausência de articulação entre estes diversos agentes (COSTA, NUCCI & SILVA, 2012).

Não só a inserção da navegação neste contexto possui questões atuais específicas como a própria conceptualização de um sistema de navegação urbano também o adquire. Ganham grande importância a escala e os processos metropolitanos, que demandam modos específicos para se formular as hidrovias na BHAT. Paralelamente os recentes planos nacionais, notadamente o de Gestão de Recursos Hídricos e o de Gestão de Resíduos Sólidos, incorporaram diretrizes advindas de um novo posicionamento frente às questões ambientais por parte do poder público,

¹⁰⁹Estudo de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo encomendado pelo Departamento Hidroviário da Secretaria Estadual de Logística e Transportes (Licitação Nº DH-034/2010).

¹¹⁰ Serviços hídricos urbanos são o conjunto de serviços decorrentes do funcionamento dos sistemas urbanos usuários de recursos hídricos e para este trabalho serão considerados os sistemas de saneamento somados à navegação e geração de energia elétrica.

impondo ao projeto do Hidroanel posições alinhadas às perspectivas socioambientais dos planos da esfera federal.

3.1 Os Projetos de Navegação e a dimensão ambiental.

O desenvolvimento hidroviário brasileiro acontece com um grande atraso se comparado ao estadunidense ou europeu. Este dado, que poderia ser interpretado como uma deficiência, no entanto, pode ser entendido como uma grande vantagem para um país que possui um importante patrimônio ambiental ainda preservado. O desenvolvimento das hidrovias brasileiras acontece em um momento histórico onde há um grande acúmulo de conhecimento científico e tecnológico sobre os benefícios e impactos ambientais do transporte hidroviário. Temos disponíveis conhecimentos, tecnologias e medidas mais apropriadas à construção e operação desse sistema, condição para o desenvolvimento eficiente e seguro das embarcações, minimização dos impactos e majoração dos benefícios ambientais (PADOVEZI, 2003).

Tendo em vista que o Brasil possivelmente é o país com maior potencial de expansão de uso da rede hidroviária no mundo (BUSSINGER, 2011), os modelos e sistemas que iremos optar para a expansão da rede hidroviária adquirem papel estratégico dentro do conjunto de políticas de desenvolvimento socioambiental nacionais. Possuímos cerca de 13.000 km de vias utilizadas economicamente, 29.000 km de vias naturalmente disponíveis e 63.000 km como extensão total de superfícies flúvio-lacustres (Lima, 2012) ¹¹¹. Em 2011 foram transportadas pelas vias interiores brasileiras 25 milhões de toneladas de produtos¹¹², 20% deste correspondem a minério de ferro.

¹¹¹Lima, Tiago Pereira. O Mito do Transporte Hidroviário no Brasil. 7 Encontro de Logística e transporte – FIESP. São Paulo, 25/03/2012.<http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/palestras/Palestra7EncontroLogisticaTransportesFIESP2012.pdf>

¹¹² ANTAQ, Pesquisa Origem Destino, 2011

Neste contexto a utilização dos corpos de água para fins de navegação pode gerar impactos em duas situações principais: na operação do transporte pelas vias navegáveis e durante a execução de eventuais melhorias nas vias navegáveis, cabendo, neste caso, a execução dos estudos necessários para minimizar e mitigar os potenciais impactos ambientais do sistema hidroviário, seja na implantação, operação ou manutenção de suas vias (ANA, 2005).

O papel das hidrovias na formação da agenda 21 fica claro ao analisarmos os planos europeu tributários dos tratados internacionais, notadamente o Livro Branco (White Paper) ¹¹³. Este Plano, com metas para 2050, prevê expansão e reestruturação da malha logística com grande enfoque no sistema hidroviário, com o objetivo de alcançar as metas de diminuição da dependência de combustíveis fósseis e a redução em 60% das emissões com relação a 2011 (BUSSINGER, 2011) ¹¹⁴. Foi estabelecido um plano de ação que aponta para as melhorias na qualidade e eficiência do sistema de transportes europeu. Uma das estratégias para se alcançar este objetivo indicava a adoção de políticas que viabilizassem o descolamento entre desenvolvimento econômico e crescimento do sistema de transportes mais impactantes, visando à redução dos congestionamentos e impactos socioambientais, ameaças constantes à competitividade da economia europeia.

3.1.1 Hidrovia Tietê-Paraná e a gênese da navegação no Estado de São Paulo.

Em 1940 a Inspetoria de Serviços Públicos da Secretaria de Viação e Obras Públicas do Estado de São Paulo começava a idealizar o aproveitamento hidroelétrico das águas do rio Tietê. Os estudos organizados pelo Engenheiro Catullo Branco apontavam que o fornecimento de energia pela Light estava se descolando da demanda crescente do estado de São Paulo. Este colapso veio a ocorrer, de fato, em 1952, com

¹¹³United Nations Economic Commission for Europe. White Paper on Efficient and Sustainable Inland Water Transport in Europe. Genebra, 2011.

¹¹⁴ BUSSINGER, F. **Transportes para a Europa 2050**. 27/07/2011. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

graves consequências para os processos econômicos regionais, o que acarretou em uma intervenção do poder público no intuito de se evitar as consequências já anunciadas. (BRANCO, 2010) ¹¹⁵

A proposta visava o abastecimento energético da região central do Estado por meio da construção da Usina Hidroelétrica de Barra Bonita, esta obra no médio Tietê faria parte de um conjunto de obras civis que tinham por finalidade a geração de energia elétrica, mas também, a navegação fluvial, o controle de enchentes, a irrigação, a piscicultura, além da provisão de serviços de saneamento (MARTINS & BRANCO, 2006).

Este processo de modernização proposto pelo Engenheiro Catullo Branco se pautava na experiência norte americana do Tennessee Valey Authority (TVA), voltada para a regularização e aproveitamentos múltiplo das águas do rio Tennessee (ver fig. 24, p.181). Assim o projeto para o rio Tietê se articulava não só em tornoda construção de um conjunto de usinas hidroelétricas ao longo do rio, mas tambémda instalação de eclusas junto às usinas, visando à navegação ao longo do Tietê. A ênfase em torno dos usos múltiplo das águas(energia, navegação, irrigação, saneamento, piscicultura, combate às enchentes), tal qual havia sido desenvolvido nos Estados Unidos a partir de 1933 (MARTINS & BRANCO, 2006), esteve presente no planejamento e execução das obras, mas a exploração desses empreendimentos terminou por se sujeitar essencialmente ao setor energético.

A experiência do sistema Tietê-Paraná não conseguiu criar nenhuma entidade transversal aos setores envolvidos que pudesse atuar nos moldes de integração do TVA e, assim, segundo Martins e Branco (2006, p.106): “[...] a implantação das obras correlatas de navegação fluvial desenvolveu-se sempre a reboque dos interesses do setor elétrico que, justiça se lhe faça, procurou sempre assegurar a navegabilidade do Rio Tietê [...]”.

As mesmas diretrizes se desdobraram sobre o rio Paraíba e Paraná, mas havia muita resistência à implementação do projeto ao longo Tietê por parte da Light e somente em na década de 50 o Governador Lucas Nogueira Garcez deu início às obras que foram concluídas quase 60 anos após os primeiros estudos na gestão do governador

¹¹⁵ BRANCO, A. M..A **Navegação Fluvial no Estado de São Paulo**. 2010. www.adrianomurgel.eng.br. Acessado em 15/01/14

Mário Covas, conformando o conjunto de barragens e eclusas do sistema Tietê-Paraná (BRANCO, 2010).

A importância daquelas intervenções lidavam simultaneamente com diferentes escalas, traspondo as relações meramente locais e regionais, segundo Martins e Branco (2006, p.106):

[...] com a construção das barragens no chamado Sistema Tietê-Paraná formaram-se imensos lagos, oferecendo calado a barcos de porte, e começaram a tomar forma as obras realizadas para estabelecer a comunicação entre os vários rios da região. Visava-se, com isso, estabelecer um fluxo de transportes mais baratos do que o rodoviário e o ferroviário, economizar os combustíveis derivados do petróleo, interligar as regiões geoeconômicas do Estado de São Paulo, reativando os centros produtores distantes das áreas consumidoras e, ainda, atingir diversos municípios do Paraná, sul de Goiás, Mato Grosso do Sul, parte do Triângulo Mineiro e, finalmente, os países vizinhos do chamado Cone Sul do continente.

Embora o projeto Tietê tenha sido pensado a partir da integração entre navegação e geração hidroelétrica, no momento em que Franco Montoro assumiu o governo em 1983, apenas duas das usinas construídas pelo projeto tinham as suas eclusas dotadas de comportas. O sistema de navegação foi então consideravelmente ampliado com a implantação das comportas faltantes e com a execução da represa de três irmãos. Amparado por esta gestão o projeto foi reorganizado a partir de um plano global de implementação e conclusão da hidrovía Tietê-Paraná. Foram traçadas metas a serem alcançadas, que se concluíram em 1999 com a implantação da última comporta, a de Porto Primavera, ficando estabelecida a plena navegação dos 2400 km do sistema Tietê-Paraná. A partir desta data, coube a Secretaria dos Transportes conduzir a expansão e os melhoramentos do sistema de navegação na região, promovendo inúmeros concursos junto à iniciativa privada (BRANCO & MARTINS, 2006).

Embora o estado de São Paulo tenha uma malha logística extremamente concentrada no modal rodoviário¹¹⁶, a particularidade de existir uma linha arterial

¹¹⁶ O Estado de São Paulo esteve voltado nos últimos 20 anos hegemonicamente à implantação e operação de rodovias, montando uma matriz de transporte com graves inconvenientes ambientais e alto custo operacional, apoiada em 76,1% nos caminhões, 10,3% no sistema ferroviário e 0,5% no hidrovário. Como comparação, nos Estados Unidos, país historicamente associado à montagem do modelo

hidroviária que liga o Estado de leste a oeste até o rio Paraná, permite um nível de articulação logística expressivo na sua relação com as regiões produtoras e consumidoras que esta rede atravessa. Soma-se aos conteúdos logísticos os inúmeros serviços urbanos e territoriais que estas obras podem disponibilizar para a economia local e regional, a provisão energética segura, a regularização no abastecimento de água, inclusive pra a irrigação, o controle de enchentes e formação de um sistema de áreas voltadas para a recreação junto a estes corpos d'água (ver fig. 22, p.180), fazem do Sistema Tietê-Paraná um projeto estratégico para o desenvolvimento descentralizado da economia regional (MARTINS & BRANCO, 2006).

3.1.2 Os Planos hidroviários para a cidade de São Paulo

Apesar de atualmente a navegação ocupar um papel menor frente às dinâmicas metropolitanas ela foi uma atividade muito presente no cotidiano da capital e região até a década de 50 do século passado (BUSSINGER, 2012)¹¹⁷ (JOYCE, 2006), este cenário de subutilização existe muito embora as principais obras fluviais realizadas visando à recuperação das várzeas, construção das marginais, proteção contra as inundações e, sobretudo, o aproveitamento hidroelétrico, previram o aproveitamento dos rios da BHAT também como vias navegáveis (INTERNAVES, 1984). A inclusão do trecho urbano do Tietê no Plano Nacional de Viação (Lei 5.917/73), tornava obrigatória a previsão de navegação comercial em qualquer projeto que previsse a canalização dos mesmos (PROMON, 1976)¹¹⁸.

Dentro do histórico de projetos que versou sobre o tema da navegação na Região Metropolitana, a análise da questão hidroviária se organizou sobre duas escalas, uma

rodoviária, esses números são, respectivamente, 26%, 38% e 16%, incluindo o transporte por navegação de cabotagem (BRANCO, 2010).

¹¹⁷ BUSSINGER, F. **Hidrosonho – O Hidroanel Paulistano** 21/11/2013. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

¹¹⁸ Retificação e melhoramentos do rio Tietê – trecho Guarulhos-Mogi das Cruzes, 1976. Parecer técnico elaborado pela PROMON analisando o projeto de retificação elaborado pelo DAEE.

local voltando-se para as demandas e produções da capital paulista e posteriormente da RMSP, e uma segunda a partir das conexões regionais que orbitavam sobre dois temas, a conexão do Alto Tietê com o médio Tietê (ver fig. 1 a 4, p.171 e 172) e a conexão artificial da do rio Tietê com o rio Paraíba do sul¹¹⁹, o que criaria uma segunda saída ao mar para o sistema Tietê-Paraná.

Coexistiam na análise duas escalas de navegação na bacia do Alto Tietê, uma continental balizada pelos padrões da hidrovia Tietê-Paraná e outra urbana mais adequada às condições de navegabilidade dos rios da BHAT. Na sua dinâmica urbana as cargas destinadas à navegação usualmente eram as consideradas de baixo valor agregado como resíduos urbanos, materiais de construção primários, combustíveis líquidos, adubos e corretivos de solo, material de dragagem e derrocagem dos canais, alimentos como frutas e verduras, sempre se respaldando no custo crescente do trânsito urbano que já mostrava sinais de saturação ao poder público a longas décadas.

As conexões de escala regional e continental esbarravam sempre na viabilidade econômica da conexão do médio e alto Tietê em decorrência da grande diferença de nível junto ao trechode salto (ver fig. 04, p.172). Embora esta questão seja ainda hoje motivo de debates no meio técnico¹²⁰foi uma premissa comum a muitos dos projetosa adoção de padrões de chatas com empurradores baseados nos limites técnicos da Hidrovia Tietê-Paraná, sendo levantados os eventuais empecilhos à navegação nos pontos que, no trecho urbano do Tietê, e impunha alguma dificuldadeà navegação¹²¹sem embaraços desta tipologia de embarcação, sejam pelas profundidades mínimas e gabaritos geométricos do canal sejam pelos vãos hidroviários mínimos entre os apoios das pontes.

¹¹⁹ Na conexão hidroviária do Alto Tietê com o rio Paraíba o estudo de Caio Dias Batista (1941), aponta como maiorproblema o contraforte de cerca de 200m separando as duas bacias (BRANCO, 2010), embora a história da engenharia de canais seja repleta de casos, a exemplo do canal de Erie nos Estados Unidos, onde situações mais críticas do ponto de vista técnico foram superadas com sucesso.

¹²⁰ O estudo de Caio Dias Batista realizado em 1941 aponta como maior dificuldade para a conexão das Bacias do rio Tietê e do rio Paraíba do Sul o contraforte de cerca de 200 metros que separa as duas bacias (BRANCO, 2008).

¹²¹ O levantamento sobre as condições de navegação do trecho urbano do Tietê foi organizado por diversos estudos ao longo do século XX, e podem servir como indicador da presença do sistema hidroviário nos projetos de canalização da RMSP. No plano SANESP foram indicados entre os trechos da barragem Edgard de Souza à barragem da Penha a necessidade de obras para se garantir os vãos hidroviários apenas na então ponte Rochdale e na Ponte do Limão, deveria ser também, aponta o relatório, garantidas as profundidades por meio de dragagens tendo em vista os intensos processos de assoreamento que a crescente urbanização gerava. (SANESP, 1983)

3.1.3 Os Projetos para um Anel Hidroviário na cidade de São Paulo

Os estudos de propostas sobre um anel hidroviário na BHAT começam em 1967 com o **Estudo Sumário da Canalização para Navegação do Sistema Tietê-Paraná**¹²², realizado pelo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN). Este estudo tinha como objetivo principal examinar a possibilidade de transformação do Sistema Tietê-Paraná em uma hidrovía de conexão continental por meio da interligação com as bacias do Rio Paraguai, do Rio Paraíba e do Rio São Francisco.

Dividido em três etapas, sendo a última delas dedicada a navegação na Grande São Paulo. Foram propostas quatro soluções possíveis, dentre as quais duas previam a execução de um Anel Hidroviário bem como a sua interligação com o Rio Paraíba.

Na primeira variante estimava-se criar, partindo do Tietê, um canal de partilha que atingiria o Rio Una, o Rio Parateí, deste o Rio Jaguarí e, enfim, o Rio Paraíba. A segunda solução previa ligar a Billings ao Tietê por meio da execução das eclusas no Rio Pinheiros, logo após o Rio Grande, o Ribeirão Pires, o Rio Guaió e novamente o Rio Tietê circunscrevendo o Anel Hidroviário. Seria realizado um canal de partilha que atingiria o rio Una para posteriormente atingir o Rio Parateí, o Jaguarí e o Paraíba. Na terceira variante, propunha-se um canal de partilha que atingiria o rio Guararema e a seguir o Rio Paraíba.

A quarta solução previa a conexão Billings-Tietê por meio do Rio Pinheiros. Da represa seguiria pelo Ribeirão Pires um canal de partilha que se ligaria com a Represa de Taiaçupeba e, em seguida, com o Tietê, fechando o Anel Hidroviário. Por meio de um segundo canal de partilha se conectaria o rio Guararema e, logo após, o Rio Paraíba.

Dentre as duas soluções que previam a execução do Anel Hidroviário, o estudo ressaltou que a implantação do Reservatório de Taiaçupeba, na época ainda não

¹²² DNPVN. **Estudo Sumário de Canalização para Navegação do Sistema Tietê-Paraná**. São Paulo, 1967. in Intervaves (1984).

construído, tornava a quarta solução mais atraente, técnica e economicamente, do que a segunda solução, que utilizaria o Rio Guaió. (INTERNAVES, 1984)

Em 1978 foi realizado o **Estudo sobre o Anel Hidroviário de São Paulo**¹²³ pela Divisão de Engenharia Naval do IPT, coordenado pelos engenheiros Joaquim Riva e Arnaldo Giraldo. Naquele momento o Município de São Paulo alcançava os oito milhões de habitante enquanto a grande São Paulo já tocava os 12 milhões e já enfrentava as fragilidades de seu rápido crescimento¹²⁴, com sérios problemas nas áreas de saneamento, transporte e macrodrenagem. O estudo considerou a implementação de um anel hidroviário que se estenderia por mais de 200 km conectado artificialmente por braços das represas Billings e Taiaçupeba.

Circunscritas as dificuldades de organizar o transporte de cargas de maneira eficiente e barata em decorrência do já saturado transporte em uma cidade de urbanização galopante, via-se nos rios a possibilidade aliviar o trânsito das marginais ao escoar boa parte das cargas que a cidade precisava administrar cotidianamente. Previam-se como principais cargas deste sistema, areia, brita cimento, lixo e produtos hortifrutigranjeiros, todos dentro da área de influência dos rios urbanos da BHAT.

Foram consideradas as características físicas da hidrovia, as tipologias de embarcações, a tipologia de terminais, os custos envolvidos no transporte hidroviário bem como as características das cargas e dos sistemas técnicos de transporte das mesmas.

Neste estudo já se previa a possibilidade de transporte do lixo por meio de contêineres, opção adotada atualmente pelo projeto do Hidroanel Metropolitano com o intuito de diminuir as possibilidades de derramamento de cargas e contaminação durante o transporte pelos rios. As embarcações seguiriam o padrão comboio de até seis

¹²³RIVA, J. T C.; GIRALDO, A.. **Estudo sobre o Anel Hidroviário de São Paulo**. Publicação Técnica No 4, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). São Paulo. Abril, 1978.

¹²⁴ O diagnóstico dos problemas urbanos decorrentes do rápido crescimento continuam atuais, segundo Giraldo e Riva (1973, p.01): “[...] o rápido crescimento, entretanto, não proporcionou um gradual aperfeiçoamento e ampliação das obras de infraestrutura bem como a introdução de novos equipamentos que melhorassem e humanizassem a vida urbana. Desta forma, apesar do gigantismo, São Paulo está com sérios problemas de saneamento, enchentes e transporte”.

chatas com empurrador, sendo cada uma das chatas teria com 25 metros de comprimento e 6,5 metros de boca, considerando um calado em carga com 1,6m¹²⁵.

Foi feita uma comparação entre transporte rodoviário e hidroviário que apontou a viabilidade econômica do transporte hidroviário de lixo (sem compactação) a partir de 10 quilômetros de distância, também sublinhou a viabilidade a construção de quatro terminais ao longo do percurso do anel hidroviário com a capacidade individual instalada de 3580 t/dia. A opção dos terminais também se alinha com a proposta atual do Hidroanel, embora a localização e as técnicas de processamento¹²⁶ adotadas diverjam.

Em linhas gerais o estudo argumentava os benefícios econômicos na interligação do anel hidroviário ao médio Tietê e ao vale do Paraíba, o que possibilitaria relações intermodais com os portos de Santos e São Sebastião cumprindo uma exigência da própria expansão econômica de São Paulo (GIRALDO & RIVA, 1978).

O Relatório do Transporte Hidroviário na Grande São Paulo, realizado pela Divisão de Navegação Interior do Instituto de Engenharia em 1980 definia três cenários para a organização da rede hidroviária na BHAT (BRANCO, 2008) ¹²⁷:

- A conformação de um anel Metropolitano associado a um parque linear que acompanharia o desenho dos rios
- A conformação, próxima da atual, de um anel parcial.
- Um Anel hidroviário associado a duas conexões territoriais importantes, Tietê-Paraíba do Sul e entre o Alto e Baixo Tietê.

O estudo concluía pela viabilidade do transporte de passageiros já em curto prazo, mesmo que com embarcações menores já que as grandes distâncias da periferia/centro e a carência de disponibilidade de transporte público terrestre nas regiões mais afastadas transformavam o transporte fluvial mais atrativo podendo ser

¹²⁵ Segundo Giraldo e Riva (1978, p.28), esta decisão está foi pautada na restrição de eclusagem na usina elevatória de Traição, que possui uma câmara de eclusa de 30x7 m e 1,6m permissível de calado, mas também por serem dimensões convenientes às características físicas da hidrovia.

¹²⁶ Foi estudada a possibilidade de geração de energia elétrica por meio da queima de 5 mil toneladas/dia de resíduos domésticos e comerciais do município, em uma usina que seria instalada às margens do rio Pinheiros, próximo à Pedreira (INTERNAVES, 1983).

¹²⁷ BRANCO, A. M. **Das Bandeiras às Marginais, Billings e outros Visionários**. Seminário Navegação na Região Metropolitana de São Paulo, IPT, São Paulo, 2008.

implementado com baixo custo operacional e tarifas mais baratas que o transporte terrestre.

Concluiu-se que o transporte de cargas cativas hidroviárias como areia e cascalho extraídas em Itaquaquecetuba poderiam ser transportados via rio para as concreteiras situadas às margens do Pinheiros e Tietê a um custo três vezes inferior ao rodoviário.

Segundo o estudo a localização ribeirinha do CEAGESP tornava o transporte de hortifrutigranjeiros extremamente atraente para este polo, tendo em vista que, segundo o estudo, o maior custo incidente no preço final destes produtos era exatamente decorrente do transporte rodoviário.

O transporte de lixo pelas hidrovias, também analisado pelo relatório, passava a ser mais econômico do que o rodoviário a partir dos 12 km o que tornava conveniente a implantação de um sistema de coleta e transporte destes resíduos via rios urbanos (INTERNAVES, 1984).

Nos **Estudos sobre a Navegabilidade do Alto Tietê, na Região da Grande São Paulo**¹²⁸(INTERNAVES, 1984), de 1982, foi realizado pela CONSULTEC S.A. contratada pelo Departamento Hidroviário do Estado de São Paulo.

O Relatório considerava as obras até então realizadas nos rios da RMS, mas também aqueles que já se encontravam aprovados e que seriam em breve concluídos. A análise do rio Tietê e de alguns afluentes (Pinheiros, Tamanduateí, Taiaçupeba) e concluiu que a navegação era viável em suas águas dentro dos seguintes trechos:

- Rio Tietê: da barragem Edgard de Souza até as proximidades de Mogi das Cruzes
- Rio Pinheiros: da foz do rio Tietê até a barragem de Pedreira
- Rio Tamanduateí: da foz do rio Tietê até a ponte Pequena, junto a Avenida Santos Dumond.
- Rio Taiaçupeba: desde a foz até a sua barragem homônima, sendo possível a extensão até a represa Billings sendo executada a conexão hidroviária entre as duas represas.

¹²⁸ CONSULTEC S.A.. **Estudos sobre a Navegabilidade do Alto Tietê, na Região da Grande São Paulo**. São Paulo, 1982. in Internaves (1984).

- Represa Billings- implementação das eclusas e ligações com a bacia do rio Taiaçupeba fechando artificialmente o anel hidroviário.
- Represa Guarapiranga: implantação das eclusas que permitiriam a navegação lacustre na represa.

Os estudos apontavam que, com a implementação da infraestrutura de base para o funcionamento do sistema hidroviário, a iniciativa privada teria condições de efetivar o transporte fluvial de uma série de produtos, entre eles hortifrutigranjeiros, compostos de lixo, materiais para a construção civil e produtos metalúrgicos.

Apesar desta hipótese de categorias de cargas, as análises se aprofundaram no transporte de passageiros, de areia, material de desassoreamento e derrocamento, lixo, e combustíveis.

Foi previsto também o grupo de obras necessárias¹²⁹ à implementação da navegação ao longo de todo anel hidroviário bem como um estudo de prioridades associado a etapas de implantação do mesmo, de forma análoga ao que foi proposto na atual conformação do projeto do Hidroanel metropolitano, onde o sistema tende a se expandir dentro de um programa de operação progressiva até o fechamento do circuito.

3.2 A Cidade e as águas – pensando a navegação no contexto metropolitano – O atual Projeto do Hidroanel Metropolitano.

Em 2010, o Governo do Estado de São Paulo licitou o Estudo de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo, através do Departamento Hidroviário da Secretaria Estadual de Logística e Transportes (Licitação No DH-034/2010). A Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (FAU-USP), por

¹²⁹ As obras previstas incluíam a remoção da ponte Rochdalle, do ramal ferroviário da FEPASA, a ampliação do canal do rio Tietê na altura ponte Rochdalle e entre a ponte da RFFSA até a foz do Tamanduateí acompanhada das devidas obras de estabilização dos taludes, a instalação dos equipamentos faltantes para a operação das eclusas de pedreira e tração e, por fim, a elaboração do projeto executivo e adequação do canal da foz do Tamanduateí até a foz do Cabuçu de cima.

meio do Grupo Metr pole Fluvial (GMF), realizou, em 2011, a articula o arquitet nica e urbanística desse Estudo¹³⁰.

A proposta desenvolvida na Articula o Arquitetônica e Urbanística ser a variante do projeto do Hidroanel considerada para a análise deste capítulo. O Projeto propõe a articula o entre diferentes usos a partir de projetos urbanos complexos que apontam para uma forte integra o entre setores usuários. Esta característica exige a análise das sinergias possíveis, mas também dos pontos cegos e potenciais conflitos que possam surgir dentro da gestão e formula o dos projetos que influam direta ou indiretamente nos interesses do sistema hidroviário.

A gestão integrada de águas urbanas tem como objetivo garantir os usos múltiplos na RMSP dentro de uma hierarquia onde a segurança sobre o abastecimento   tida como aspecto estratégico, sendo necessária a manuten o das quantidades e qualidades deste recurso destinada a esta fun o priorit ria¹³¹.

O Projeto se insere dentro de um cenário onde coexistem fenômenos de profunda escassez e de inunda es, no qual os mecanismos de gestão das quantidades ao longo do ano se tornam cada vez mais importantes e o controle das qualidades se mostra imperioso para se garantir o pleno funcionamento das fun es urbanas associadas a estes recursos.

Neste estudo o Hidroanel Metropolitano de São Paulo constitui uma rede de vias navegáveis composta pelos rios Tietê e Pinheiros, represas Billings e Taia peba, além de um canal artificial ligando essas represas, totalizando 170 km de hidrovias urbanas.

O caráter múltiplo escopo ¹³² do estudo incorpora outras fun es complementares   navega o aos conjuntos de interven es e obras civis propostas. Propõe recuperar as margens de seus rios como espaço público natural   metrópole,

¹³⁰GMF (Grupo Metr pole Fluvial)- FAU-USP. **Articula o arquitet nica e urbanística dos estudos de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo** - Relatório Conceitual. Contrato DH N  034/2010.São Paulo, 2011.

¹³¹ Conforme previsto pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos.

¹³² Amparado pelo conceito de uso múltiplo das águas, consolidado na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o projeto considera as águas um bem público e um recurso natural limitado, cujo uso deve ser racionalizado e diversificado, onde o transporte hidroviário se incorpora como um dos setores usuários dos recursos hídricos.

reforçando o caráter público das águas de São Paulo e incorporando funções urbanas que dão visibilidade e este caráter. Dessa forma, os rios urbanos se organizam para o futuro como vias de transporte de cargas e passageiros¹³³, uso turístico e de lazer, além de contribuir para a operação e segurança da macrodrenagem da RMSP.

Demandado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos¹³⁴ e amparado por diversos estudos anteriores¹³⁵, a implementação do Hidroanel Metropolitano se justifica pela articulação da logística reversa¹³⁶ metropolitana que tem como objeto o transporte e transformação de cargas consideradas públicas: sedimentos de dragagem de canais e lagos; lodo de ETEs e ETAs; lixo urbano; entulho; terra – solo e rocha de escavação.

As Cargas Públicas, segundo definição do projeto, são de responsabilidade do Estado e seu gerenciamento é imprescindível para o funcionamento adequado da cidade. Estas serão introduzidas no sistema hidroviário por meio de diferentes portos de origem, que seriam classificados de acordo com seu tipo de carga em: draga-portos (sedimentos), lodo-portos (lodo), trans-portos (lixo, entulho e terra não triados) e eco-portos (lixo e entulho triados).

As cargas oriundas dos portos de origem chegariam aos Tri-portos, usinas de reciclagem que possuem três funções: triagem, processamento e destinação final, além de possuírem uma articulação tri-modal, interligando os meios hidro, rodo e ferroviário. Para tal, localizam-se em entroncamentos das diferentes redes de transporte territoriais, dessa forma, os Tri-portos, destino final de todas as cargas públicas consideradas nesse

¹³³ As metas contidas no White Paper mostram que a Europa pretende, até 2050, transferir 50% do volume de viagens medias entre cidades feitas por carros para os modais ferroviário e hidroviário.

¹³⁴ A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída pela lei 12.305/2010, após longos vinte e um anos de discussões no Congresso Nacional marcando o início de uma forte articulação institucional envolvendo os três entes federados – União, Estados e Municípios, o setor produtivo e a sociedade civil.

¹³⁵ Inúmeros estudos foram realizados sobre a navegação do Tietê e apontaram as cargas com vocação Hidroviária, entre eles o Plano Urbanístico Básico da Prefeitura do Município de São Paulo, em 1968, outros com o objetivo específico de estudar as cargas que viabilizariam a navegação no Alto Tietê, entre eles: Incineração de Lixo para Geração de Energia Elétrica, realizado pelo IPT em 1977; Estudo de Destinação Final do Lixo e seus efeitos na Área da Grande São Paulo, realizado pela CETESB em 1977; Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo, realizado pelo IPT junto ao CESP em 1978; Estudo de Remoção, Transporte e Disposição de Material Sólido do Rio Tietê, realizado pelo IPT em 1982; Estudo de Solução para Destinação de Resíduos Sólidos na Região Metropolitana de São Paulo, realizado pela EMPLASA e CETESB em 1983.

¹³⁶ Logística Reversa é considerada um instrumento caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios, destinado a facilitar a coleta e restituição dos resíduos sólidos a empreendimentos de cunho público ou privado. Viabilizando a fabricação de novos produtos, por meio da provisão de insumos, visando à redução da geração de rejeitos.

estudo, estão localizados na Lagoa de Carapicuíba, na Cava de Itaquaquecetuba e próximo ao Dique da Anchieta¹³⁷.

Infraestrutura e Equipamentos

Considera-se a construção de um conjunto de intervenções e obras civis, entre elas o Canal Lateral Billings-Taiaçupeba, com 19 novas eclusas e um conjunto de barragens-móveis.

O Projeto sugere a construção de dois pares de dutos, chamados no projeto detúneis-canais, de cada lado dos rios, sendo dois dutos destinados à coleta de águas pluviais e dois para coleta de esgoto. As águas dos dutos, segundo a proposta, devem receber tratamento adequado em projetos complementares a serem desenvolvidos.

Ao longo do traçado dos rios e canais que conformam o Hidroanel serão construídos portos de origem e destino de cargas, sendo eles: 36 Draga-portos fixos (para recepção de sedimentos), quatro Lodo-portos (para recepção de lodo), 60 Eco-portos (portos de recepção de lixo urbano), 14 Trans-portos (para recepção de lixo urbano, terra e entulho) e 24 portos turísticos de passageiros. Os três Tri-portos são as principais estruturas do sistema e, ao processar as cargas numa planta industrial, funcionam tanto como destino das cargas públicas geradas pela metrópole quanto origem dos insumos processados para o território.

¹³⁷O Hidroanel Metropolitano foi dividido em seis trechos. O trecho 1 do canal navegável do rio Tietê já é navegável nos seus 41 km de extensão, de montante da barragem de Edgard de Souza, no município de Santana do Parnaíba, à barragem da Penha. O trecho 2 do rio Tietê vai da barragem da Penha à Foz do Taiaçupeba-Açu. O trecho 3 é o canal do Rio Pinheiros, com 25km de extensão, da Barragem de Retiro à barragem de Pedreira. O trecho 4 corresponde à represa Billings, da Barragem de Pedreira à Foz do Ribeirão da Estiva, no município de Rio Grande da Serra. O trecho 5 é o canal e lago navegável Taiaçupeba compreendido entre a Foz do Taiaçupeba Açu e a Foz do Taiaçupeba Mirim. O trecho 6 corresponde ao canal lateral Billings-Taiaçupeba. Com 17 km de extensão, este canal artificial localizar-se-á nos vales dos Rios Taiaçupeba Mirim e Ribeirão da Estiva, contribuintes das represas Taiaçupeba e Billings, respectivamente. (ver fig. 93, p. 229).

3.2.1 O papel da navegação para a metrópole de São Paulo

3.2.1.1 Transporte e as águas – importância dos rios para a Logística metropolitana

O Panorama brasileiro do transporte fluvial ainda é dominado pelos comboios formados por empurradores e chatas, modelo que teve os Estados Unidos como seu principal disseminador. Este padrão tem como objetivo explorar as vantagens da dissociação da parte ativa (empurrador) com relação a parte passiva (chatas) (PADOVEZI, 2003). Enquanto algumas das principais hidrovias do mundo operam com porcentagens de utilização de comboios para transporte de carga com taxas bastante variadas, tal como o Mississipi a uma taxa de 90%, o Volga de 65% e o Reno a 30%, apontando a operação de regimes mistos com diversos tipos de embarcações, as hidrovias brasileiras operam quase que exclusivamente com sistema de comboio (PLANCHAR, 1990) ¹³⁸ (PADOVEZI, 2003).

Soma-se a este quadro o fato de que matriz de transporte brasileira é uma das mais ineficientes do mundo, com custos diretos e indiretos de deslocamentos elevados e com graves consequências ambientais decorrentes da hegemonia do sistema rodoviário no território nacional, por outro lado possuímos uma rede fluvial navegável ampla e mais de 8000 km de costa, o que concede ao país um grande potencial de ampliação da participação do sistema hidroviário nacional, responsável apenas por 4% da sua distribuição de cargas (BRANCO, 2011).

Embora o discurso da navegação no atual projeto do Departamento Hidroviário para a RMSP esteja vinculado a uma lógica metropolitana, ele guarda a possibilidade de conexão com a hidrovia Tietê-Paraná e com a bacia de Paraíba do Sul¹³⁹, a montante, criando uma segunda saída sentido nordeste para o oceano atlântico.

¹³⁸ Plancar, R. A. Economie des Transports et logistique. Ecoles des Hautes Etudes Commerciales de Liege. Institut Supérieur Universitaire de Gestion. 1990. P. 311.

¹³⁹ Segundo os Estudos do Serviço de Melhoramentos do Vale do Paraíba, realizados em 1941, já se defendia esta ligação hidroviária por meio da Ligação dos afluentes Paratê e Mandí (INTERNAVE, 1984). Posteriormente, em 1963, o Plano Hibrace defendeu que a condição para se viabilizar a navegação fluvial na grande São Paulo seria efetivar a ligação Paraná-Tietê-Paraíba. O Estudo Sumário da Canalização para a Navegação do Sistema Tietê-Paraná, realizado em 1967 pela sétima Diretoria Regional do Antigo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN) avaliou a possibilidade de execução de 3

Esta possibilidade fez com que existam duas hierarquias de navegação neste plano, assim como em diversos outros estudos realizados ao longo do século XX. O trecho Pirapora-Mogi pretende ser uma extensão do sistema Tiete-Paraná, mas a alça Sul do Hidroanel deverá ser usada em função do sistema hidroviário metropolitano, com embarcações menores e em canais mais estreitos e rasos. Esta característica mostra que um sistema hidroviário na BHAT estará potencialmente ligado às dinâmicas logísticas territoriais ao mesmo tempo em que organizará os fluxos hidroviários decorrentes do metabolismo metropolitano.

Existem inúmeros casos de estudo onde as hidrovias desempenharam importante papel no desenvolvimento urbano, muitas vezes implementadas já há longa data. A exemplo da areia, brita e cimento que são transportadas pelo Sena, em Paris, para alimentar as obras civis da cidade, ou o transporte de lixo que é feito pelo Tâmis e os muitos passageiros que usufruem de um transporte qualificado que navega pelo rio Volga (GIRALDO & RIVA, 1978). Não por acaso inúmeras indústrias se encontram às margens destes rios podendo usufruir de integração intermodal, escoando e captando cargas pela rede hidroviária europeia ao mesmo tempo em que usufruem do capital humano que orbita as cidades (ver fig.96, p.231).

A RMSP, quarto maior aglomerado urbano do mundo, gera grandes movimentações territoriais¹⁴⁰, seja de insumos e produtos que alimentam os seus processos internos, sejam de pessoas que se deslocam em seu tecido. A escala da cidade somada às atuais condições de saturação do viário faz das hidrovias um ponto estratégico para o equacionamento da distribuição e captação de cargas de baixo valor agregado na metrópole.

Setores como o da construção civil geram 25000 viagens/dia na metrópole, equivalentes a 110 mil toneladas por ano, movimentação superior a do porto de Santos no mesmo período. Somem-se a este montante 400 mil viagens/dia de cargas que abastecem a metrópole e garantem o seu funcionamento (BUSSINGER, 2012)¹⁴¹. Toda

grandes interligações da Hidrovia Tietê-Paraná, sendo estas com as bacias do Rio Paraíba, São Francisco e Paraguai.

¹⁴⁰ Alguns números são exemplares para traçar o panorama da deficiência logística da RMSP, a metrópole consome 800.000 toneladas por ano de areia e brita, 80% desta areia vem do vale do Paraíba, uma possível conexão hidroviária. (RIVA, 2008)

¹⁴¹ BUSSINGER, F. **Hidroanel (SP): Solução Logística, Urbana e Ambiental**. 2012. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

esta demanda de fluxos está calcada em uma matriz predominantemente rodoviária, demandando da cada vez mais deficiente malha viária da metrópole. Esta característica do sistema logístico metropolitano gera graves externalidades ambientais e tem como característica o alto consumo energético e a grande geração de poluentes, característicos deste modal.

De acordo com as diretrizes do projeto em análise o Hidroanel pode funcionar como um instrumento a serviço do Plano Nacional de Resíduos Sólidos e do Plano Estadual de Mudanças Climáticas (BUSSINGER, 2012). A opção hidroviária acarreta a redução do consumo de combustíveis, da emissão de gases de efeito estufa e de particulados, termina por diminuir o tráfego e o congestionamento nas estradas, bem como os custos de manutenção das mesmas, o que se desdobra em uma redução geral dos custos logísticos (BUSSINGER, 2012)¹⁴². A simples transição das cargas previstas em plano, hoje associados ao rodoviário, ao hidroviário, significaria um importante avanço rumo à orquestração de uma cadeia logística mais eficiente e menos poluente.

Para além deste potencial, a própria dinâmica e escala metropolitana criaram um contexto favorável a este modal (BOTTER et al., 2011). Uma breve análise do Plano Diretor de Transporte do Estado de São Paulo¹⁴³ mostra que 50% das cargas que passam por São Paulo têm como destino final a própria cidade, a envergadura e atração que as dinâmicas metropolitanas geram são de tal ordem que o equacionamento de um sistema hidroviário dedicado as suas demandas se faz pertinente.

A organização da logística reversa metropolitana inverteria a lógica de produção de aterros e lixões para a produção de materiais processados que poderiam ser reinseridos na cadeia produtiva como insumos e energia. Esta condição ajudaria a equilibrar o balanço logístico hidroviário diminuindo o custo de operação, já que, como alerta Padovezi (2003, p.50):

[...] é relativamente comum nas hidrovias brasileiras a operação de comboios com chatas vazias, porque muitas cargas hidroviárias

¹⁴² BUSSINGER, F. **Hidroanel (SP): Hidrovia e o Ambientalismo Anti-ambiental**. 25/03/2012. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

¹⁴³. Governo Do Estado De São Paulo (sd. [b]). PDDT-Vivo 2000/2020: Relatório Executivo. Secretaria dos Transportes de São Paulo/Dersa.

têm mão única. Ocorre, por exemplo, no transporte hidroviário de produtos agrícolas ou minerais em comboios especializados em granéis sólidos, onde quase sempre não existem cargas de retorno.

A desorganização do sistema logístico de São Paulo se reflete nesta alta taxa de ociosidade¹⁴⁴ que gira em torno de 45% enquanto a Europa opera com uma taxa de 20% (BRANCO, 2010)¹⁴⁵. A possibilidade de inserção de um sistema que opera dentro de um espaço subutilizado no tecido urbano, os seus canais e rios, cria a possibilidade de se reordenar o fluxo de cargas e resíduos dentro da metrópole arquitetando uma rede intermodal mais equilibrada e eficiente do ponto de vista logístico.

De um ponto de vista imediato, a simples execução da eclusa da Penha significa a redução em 2/3 do custo de transporte de material dragado e lodo das estações de tratamento de esgoto (BUSSINGER, 2013), ao permitir o crescimento da área de influência da hidrovía para a metrópole como um todo.

Segundo levantamento feito pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, a SIGRH 06, onde se encontra a BHAT, geravam em 2007, 10.488,73 toneladas por dia de resíduos domiciliares¹⁴⁶. Deste montante, eram produzidas anualmente 780.473 toneladas caracterizadas como resíduos perigosos, 1.559.728 toneladas classificadas como resíduos não perigosos/ não inertes e, por fim, 14.649 toneladas de resíduos inertes¹⁴⁷.

Estes grandes volumes vão de encontro a uma matriz que teve os seus últimos 20 anos dominados pela expansão do sistema rodoviário, alcançando os atuais 75% de transporte do estado via caminhões, a despeitos do alto custo deste modal e de toda a seu alto impacto ambiental¹⁴⁸ (BRANCO, 2011)¹⁴⁹. O transporte hidroviário atualmente

¹⁴⁴ Trata-se da porcentagem de viagens que se realiza sem carga dentro de um sistema logístico.

¹⁴⁵ BRANCO, A. M. **O Futuro do Transporte no Estado de São Paulo**. 2010. Acessado em 15/01/2014. www.adrianobranco.eng.sp

¹⁴⁶ O Transporte de Resíduos sólidos por vias fluviais, em 1978, há época do Estudo Transporte Hidroviário de Resíduo Sólidos no Município de São Paulo, realizado pelo IPT, já era amplamente utilizado pelos Estados Unidos, Inglaterra e Japão e a condição de saturação do sistema rodoviário era considerada o principal fator para adoção das hidrovias como sistema de escoamento (PADOVEZI, 2008).

¹⁴⁷ Dados produzidos pelo PERH 2000-2003 com base nos dados produzidos pela CETESB e SEADE, fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/roestadual/quadro36.htm>.

¹⁴⁸ O consumo excessivo de energia, altos índices de acidentes e de poluição, custos crescentes de infraestrutura e do próprio transporte. O fato de as frotas serem antigas (70% dos caminhões no Brasil

ocupa tímidos 0,5% do transporte no Estado, enquanto nos Estados Unidos esse número chega aos 16% (BRANCO, 2011).

A própria manutenção das condições de navegabilidade depende de uma logística reversa eficiente, já que a captação de certos tipos de descartes urbanos, notadamente a de grandes objetos, de entulho e de movimentações de terras, se não estiverem bem equacionadas, podem inviabilizar o uso dos canais urbanos como vias de navegação e gerar diversas falhas no sistema de drenagem.

A implantação de um sistema intermodal de captação destes resíduos urbanos ao inserir um processo de transbordo rodo/hidro, como proposto pelo Hidroanel, não implicaria em encarecimento de etapas do transporte já que, atualmente, este processo já ocorre de forma rodo/rodo entre caminhões de baixa capacidade para caminhões de alta capacidade que levarão estes resíduos até os aterros sanitários (BOTTER et al., 2011). Este quadro mostra que a aplicação de o princípio logístico de acumulação de cargas, que o projeto do Hidroanel maximiza, já é necessário no atual cenário de captação de resíduos sólidos da RMSP, ainda que aconteça por meio do modal (rodoviário) menos eficiente para tal.

O equacionamento do sistema logístico pretendido para as vias navegáveis, por meio de temas como o tamanho das embarcações e padrões de transbordos, possui desdobramentos no dimensionamento (ou restrições impostas) à geometria e declividade dos canais, raios de curvatura, profundidade mínimas, vãos hidroviários entre as pontes, dimensões das eclusas, etc. Ou seja, pensar as características do sistema logístico é pensar simultaneamente as possibilidades e restrições da navegação impostas pelo contexto econômico, técnico e geográfico da RMSP.

Políticas que busquem um maior equilíbrio da cadeia logística, a exemplo do projeto do Hidroanel, permitirão uma aproximação mais eficaz ao equacionamento dos grandes volumes de cargas em uma metrópole na qual a malha viária urbana, já há muito tempo, se tornou sinônimo de congestão.

tem mais de 20 anos) agrava ainda mais este quadro, já que não estão sujeitas a inspeção periódicas de segurança e de qualidade ambiental (BRANCO 2010).

¹⁴⁹ BRANCO, A. M. **Transporte Rodoviário X Transporte hidroviário**. 2011. Acessado em 15/01/2014. www.adrianobranco.eng.sp

3.2.2 Planejamento nas esferas de poder e o Futuro próximo da hidrovia

Os três grandes marcos legais na esfera Nacional e Estadual consideram a navegação no trecho metropolitano de São Paulo. Elaborados pelo Ministério dos Transportes o Plano Nacional de Viação (PNV) (Lei 5.917/73) e posteriormente o Plano Nacional de Vias Navegáveis Interiores (PNVNI) (PL 1.176/95), ambos consideravam o Rio Tietê navegável e potencialmente navegável, desde a sua foz junto ao Rio Paraná até Mogi das Cruzes, passando pelo trecho metropolitano. Na esfera Estadual, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) 2000/2003, apontou como navegáveis os 700 km que se estendem da sua foz até o remanso de barra bonita e classificavam o segundo trecho que se estendia até Mogi das cruces, totalizando 350 km, como potencialmente navegáveis (ver fig.01, p.171).

O Plano Estadual de Gestão de Recursos Hídricos (PERH) 2012-2015, dando continuidade às metas de ampliação do sistema hidroviário no Estado de São Paulo, prevê uma série de ações específicas para a BHAT ¹⁵⁰que estão em andamento:

- 2011/2013- Realizar a integração dos projetos para utilização da calha do rio Tietê na RMSP para a navegação e usos múltiplos. Execução da obra da eclusa da Penha.

- 2011/2012 - Realizar a integração dos projetos para utilização da várzea do rio Tietê na RMSP para a navegação e usos múltiplos

- 2011-2012 - Realizar a integração dos projetos para utilização do canal do rio Pinheiros para a navegação e usos múltiplos. Elaborar os projetos básicos das eclusas do Retiro e de Traição.

- 2011/2012 - Realizar a integração dos projetos para utilização dos reservatórios Billings e Taiacupeba para a navegação e usos múltiplos.

¹⁵⁰A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê refere-se ao Sistema Integrado de Gestão dos Recursos Hídricos N° 06(SIRGH 06), segundo o PERH.

- 2011/2012 - Realizar a revisão e integração dos projetos para utilização dos rios Paranapanema, Grande, Paraíba do Sul, Ribeira de Iguape e da RMBS para a navegação e usos múltiplos.

O Plano de Bacia do Alto Tietê, referente à SIGRH 06, avalia a implementação da hidrovia metropolitana como algo benéfico à RMSP, o plano se pauta nos estudos já realizados sobre navegação neste trecho do Tietê e dá particular ênfase à gestão compartilhada entre entes federativos e instâncias metropolitanas bem como à gestão compartilhada dos recursos hídricos na BHAT, ressaltando a permanente interação que se fará necessária entre as instâncias co-dependentes dos regimes operacionais dos corpos hídricos da RMSP, tendo em vista garantir o princípio operativo de uso múltiplos das águas.

Alinhada com estas diretrizes, a revisão do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, em 2013, incorporou ao sistema de mobilidade, o sistema hidroviário que, segundo o artigo 186 deste mesmo Plano¹⁵¹, caracteriza-se como o conjunto de componentes¹⁵² necessários para a realização do serviço de transporte de cargas e passageiros por vias navegáveis.

Por fim o Departamento Hidroviário do Estado de São Paulo tem levado a cabo os estudos específicos para a implantação da Hidrovia metropolitana, concluídos os Estudos de Pré-viabilidade e sendo licitada a obra da eclusa da Penha, avançando, também, o projeto executivo do primeiro trecho da Hidroanel Metropolitano, a cargo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Enquanto a gestão pública aponta certa sinergia e um cenário promissor à expansão e fortalecimento do modal hidroviário no Brasil, a arquitetura institucional mostra, ainda, uma complexidade que tende a dificultar os movimentos de integração responsáveis para se viabilizar aquelas metas. Muitos órgãos e entidades estão envolvidos particularmente no setor aquaviário, entre elas o Ministério dos Transportes, DNIT, ANTAQ, Companhias Docas, Administrações Hidroviárias¹⁵³, sendo que este

¹⁵¹Disponível em:
http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/pde_camara/PDE_2013_PL.pdf

¹⁵² Segundo o Artigo 187 deste mesmo plano ficava definido como componentes do Sistema Hidroviário: I – canais e lagos navegáveis; II – barragens móveis e eclusas; III – portos fluviais e lacustres e terminais de integração e transbordo; IV – orla dos canais e lagos navegáveis; V – embarcações; VI – instalações e edificações de apoio ao sistema.

¹⁵³O **CONIT**, vinculado à Presidência da República, tem a atribuição de propor ao Presidente da República políticas nacionais de integração dos diferentes modos de transporte de pessoas e bens. Já a

setor já passou por várias reformas¹⁵⁴. Soma-se o fato de que parte desses órgãos e entidades foi extinta, a exemplo da Portobrás¹⁵⁵, outra se encontra em liquidação (GEIPOT) sendo que os novos departamentos e secretarias estão em processo de adaptação, o que compromete, em alguma medida, a atuação do setor. A legislação

ANTT e a ANTAQ têm como objetivos principais implementar, em suas respectivas esferas de atuação, as políticas formuladas pelo CONIT e pelo Ministério dos Transportes, bem como regular ou supervisionar, em suas respectivas esferas e atribuições, as atividades de prestação de serviços e de exploração da infraestrutura de transportes, exercidas por terceiros. (ANA, 2005)

A **ANTT** atua nas esferas do transporte ferroviário e rodoviário, do transporte multimodal e de cargas especiais e perigosas em rodovias e ferrovias. Dentre suas atribuições estão: promover pesquisas e estudos específicos de tráfego e de demanda de serviços de transporte, promover estudos aplicados às definições de tarifas, preços e fretes, em confronto com os custos e os benefícios econômicos transferidos aos usuários pelos investimentos realizados, propor ao Ministério dos Transportes os planos de outorgas, instruídos por estudos específicos de viabilidade técnica e econômica, para exploração da infraestrutura e a prestação de serviços de transporte terrestre, fiscalizar a prestação dos serviços e a manutenção dos bens arrendados, cumprindo e fazendo cumprir as cláusulas e condições avençadas nas outorgas e aplicando penalidades pelo seu descumprimento, entre outras. (ANA, 2005)

Já a **ANTAQ** atua nas esferas da navegação fluvial, lacustre, de travessia, de apoio marítimo, de apoio portuário, de cabotagem e de longo curso, dos portos organizados, dos terminais portuários privados e do transporte aquaviário de cargas especiais e perigosas. Compete a essa Agência, dentre outras atividades, promover estudos específicos de demanda de transporte aquaviário e de serviços portuários, promover estudos aplicados às definições de tarifas, preços e fretes, em confronto com os custos e os benefícios econômicos transferidos aos usuários pelos investimentos realizados, propor ao Ministério dos Transportes o plano geral de outorgas de exploração da infraestrutura aquaviário e portuária e de prestação de serviços de transporte aquaviário, elaborar e editar normas e regulamentos relativos à prestação de serviços de transporte e à exploração da infraestrutura aquaviária e portuária, garantindo isonomia no seu acesso e uso, assegurando os direitos dos usuários e fomentando a competição entre os operadores. O DNIT implementa a política formulada para a administração da infraestrutura do Sistema Federal de Viação, sob a jurisdição do Ministério dos Transportes, constituída de vias navegáveis, ferrovias e rodovias federais, instalações e vias de transbordo e de interface intermodal e instalações portuárias. Isso compreende sua operação, manutenção, restauração ou reposição, adequação de capacidade e ampliação mediante construção de novas vias e terminais. Há também as Administrações de Hidrovias. Elas são órgãos que possuem duplo comando: institucionalmente são subordinadas ao DNIT, mais especificamente ao seu Departamento de Infraestrutura Aquaviária, e gerencialmente às Companhias Docas no âmbito de suas respectivas jurisdições. A elas compete, principalmente, promover e desenvolver as atividades de execução, acompanhamento e fiscalização de estudos, obras e serviços de hidrovias, dos portos fluviais e lacustres que lhe venham a ser atribuídos pelo Departamento de Infraestrutura Aquaviária. Atualmente, elas são oito Administrações Hidroviárias no Brasil (ANA, 2005).

¹⁵⁴ Recentemente, a Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, reestruturou os setores de transportes aquaviário e terrestre. Criou-se o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte-CONIT, a Agência Nacional de Transportes Terrestres-ANTT, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários-ANTAQ e o Departamento Nacional de Infra- Estrutura de Transportes-DNIT (ANA, 2005).

¹⁵⁵ Primeiramente, a extinção da autarquia do Ministério dos Transportes, o então Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN, encarregado no passado das vias navegáveis. Esse Departamento foi substituído, em 1976, pela Empresa de Portos do Brasil S/A – PORTOBRÁS, a quem foi delegada temporariamente as atribuições relacionadas com as vias navegáveis interiores. A PORTOBRÁS foi extinta em 1993 e produziu um vazio institucional prejudicial ao desenvolvimento de uma política para este modal de transporte. Observando-se a atual estrutura brasileira de transporte hidroviário percebe-se que, até hoje, ela não se recuperou das consequências dessa extinção. Não existe um único comando centralizando as ações e defendendo os interesses do setor, o que dificulta a captação de recursos para ampliação de sua participação na matriz de transportes do país. (ANA, 2005)

referente ao setor continua confusa e mesmo a tentativa de uma sincronização de ações e a organização de uma pauta comum de objetivos, em face à dificuldade de articulação dos vários órgãos envolvidos, não tem conseguido promover o real desenvolvimento do setor hidroviário no Brasil. (ANA, 2005).

3.2.3 Condições Gerais de Navegação na BHAT

A Navegação na BHAT implica cuidados específicos, basicamente com relação às condições de navegação de seus canais que, por passarem por um amplo espectro de condições, fruto do contexto geográfico da bacia e da condição predominantemente urbana da mesma, devem dar respostas coerentes às limitações impostas pelo funcionamento desejado do Complexo Hídrico Metropolitano.

3.2.3.1 com relação à qualidade das águas

A Hidrovia Metropolitana, considerando os trechos urbanos do rio Tietê e Pinheiros, é classificada segundo os usos a que se destinam como classe quatro, em conformidade com a resolução nº20 do CONAMA. Esta classe engloba os rios destinados especificamente à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes. A atual condição do Pinheiros e Tietê, embora não atenda aos padrões de qualidade definidos para esta classe, não impede legalmente a navegação, embora, por hora, dificulte a sua utilização específica para transporte de passageiros, lazer e turismo (FAT, 2004). O projeto de despoluição do Tietê, atualmente na sua terceira fase, tende a melhorar este cenário ao ampliar a coleta e tratamento dos esgotos da RMSP, muito embora a resolução do problema da poluição difusa, altamente impactante para a

qualidade dos corpos hídricos da BHAT, ainda seja uma questão em aberto na agenda metropolitana¹⁵⁶.

3.2.3.2 com relação às condições geométricas dos canais

Quanto às características físicas e geométricas das vias, as canalizações adotadas no rio Tietê e Pinheiros adaptam-se, simultaneamente, aos padrões hidroviários e ao escoamento das cheias (SANESP, 1983). O histórico de obras fluviais que foram realizadas na BHAT visando à recuperação das várzeas marginais, a proteção contra inundações e o aproveitamento hidroelétrico, previram o aproveitamento dos rios urbanos também como vias navegáveis (INTERNAVES,1984). Embora o processo de canalização não tenha sido efetivamente acompanhado pela execução de algumas obras importantes para a manutenção do caráter sistêmico da navegação na cidade, o histórico de projetos garantiu uma base técnica que, com a execução e finalização de algumas obras bem como o melhoramento de algumas vias, tornará possível a implementação de um sistema amplo de navegação na RMSP (FAT, 2004).

Resta saber que as obras atuais para a implantação da hidrovia no Alto Tietê não são de grande envergadura, finalizada a segunda fase dos trabalhos de aprofundamento da calha do rio Tietê, em 2005, a cidade de São Paulo tem à disposição 45 km de vias navegáveis sem a necessidade de nenhuma obra adicional de porte (FAT, 2004) (ver fig.85, p.224).

A navegação de serviço existe atualmente nos trechos entre a barragem de Edgard de Souza e barragem da Penha. Esta navegação envolve chatas de dragagem dos canais, com a função de manter as capacidades de vazão de projeto da macrodrenagem metropolitana. Existe também a navegação para passageiros na Billings que conecta

¹⁵⁶ O Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo, lançado em 2012, analisa e propõe alternativas de controle da poluição difusa por meio da associação entre sistema de drenagem e sistema de captação de esgotos, armazenando as primeiras águas das chuvas, que carregam a maior parte da poluição difusa, e encaminhando as mesmas para o tratamento junto às Estações de Tratamento de Esgotos.

margens opostas (BUSSINGER, 2012)¹⁵⁷. Estas situações estão, entretanto, muito aquém do potencial de navegação existente para a RMSP.

O trecho metropolitano da Hidrovia Tietê-Paraná recebeu contínuos investimentos por parte do Governo do Estado de São Paulo e em 2004 foi inaugurada a primeira eclusa do rio Tietê em perímetro urbano, localizada na altura do Cebolão¹⁵⁸, o que permitiu a livre navegação de um trecho de 41 km entre as Barragens de Edgard de Souza, no município de Santana do Parnaíba, até a margem inferior da Barragem da Penha (BUSSINGER, 2013). Este trecho de Hidrovia margeia regiões importantes da cidade e atravessa o trecho mais crítico para o controle da macrodrenagem metropolitana (CANHOLI, 2005), por esta razão os trabalhos de manutenção da seção de escoamento do Tietê neste trecho são recorrentes e importantíssimos, sendo estes realizados por chatas que possuem livre trânsito nesta via.

A segunda eclusa urbana finalizada da RMSP, a eclusa da Penha¹⁵⁹, será construída junto à barragem homônima em uma região estratégica da cidade do ponto de vista logístico, entre as Rodovias Ayrton Senna e Castelo Branco, próximo ao Aeroporto de Guarulhos e da antiga Ferrovia que ligava a capital ao Vale do Paraíba e o Rio de Janeiro. A conclusão desta obra agregará mais 14 km de vias navegáveis totalizando 55 km de hidrovias urbanas em áreas centrais para a metrópole, se aproximando de 1/3 dos potenciais 174 km de vias navegáveis para a RMSP (BUSSINGER, 2013).

Em um segundo momento, como parte integrante desta Hidrovia, poderá ser incorporado o canal do rio Pinheiros, com mais 25 km de via navegável¹⁶⁰, estando a navegação submetida, neste trecho, a algumas melhorias da via decorrentes de

¹⁵⁷ BUSSINGER, F. Hidroanel Metropolitano de São Paulo. **Seminário Novos Desafios em Saneamento e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo, 2012.

¹⁵⁸ A câmara da eclusa do cebolão possui as dimensões de 122x12 m.

¹⁵⁹ A Barragem da Penha foi executada em 1987 segundo um projeto da PROMOM de 1977 chamado Retificação e Outras Melhorias do rio Tietê, que visava garantir a navegabilidade do trecho Penha/São Miguel e garantir o controle de enchentes na região onde hoje se encontra o Parque Ecológico do Tietê. Nesta barragem já existia uma eclusa inconclusa obedecendo ao padrão do Baixo Tietê, com 142X12m e 3,5 metros de profundidade mínima, restando algumas obras civis complementares e a instalação dos equipamentos para a operação normalizada das eclusagens (FAT, 2004).

¹⁶⁰ O canal do rio Pinheiros possui uma extensão total de 25,5km da sua foz à barragem de Pedreira e estas obras foram concluídas em 1956 (INTERNAVES, 1984). Sua seção é trapezoidal, com taludes com a proporção de 2 para 1, uma largura de fundo de 45 metros e profundidade mínima de 5 metros. (SANESP, 1983).

dragagens e estabilização de margens (FAT, 2004). O canal do rio Pinheiros possui dois subtrecho que somam uma extensão de quase 26 km. A primeira, da foz junto ao Tietê até a estação elevatória de Traição e a segunda, desta até a barragem de Pedreira. Os dois subtrechos não se encontram completamente desconectados já que existe uma câmara de eclusa na estação de Traição, embora esta não opere com os equipamentos necessários ao seu pleno funcionamento, e apenas por meio de stop-logs permitia a passagem precária de embarcações de serviço (INTERNAVE,1984).

Junto a foz do rio Pinheiros, na estrutura do Retiro só é possível a passagem precária de embarcações em condições também específicas, quando esta se encontrava desarmada e com baixos níveis de águas no Tietê (INTERNAVE, 1984).

No extremo sul deste trecho, em Pedreira, embora exista a câmara da eclusa, esta ainda está desprovida dos sistemas para o seu funcionamento e encontra-se com as suas duas cabeças obstruídas por paredes de concreto (INTERNAVES, 1984).

Desta forma, as obras hidráulicas das três principais estruturas hidroviárias deste canal¹⁶¹, Retiro¹⁶², Traição¹⁶³ e Pedreira¹⁶⁴, previram a navegação, mas não tiveram

¹⁶¹ A existência das obras civis das eclusas nessas barragens está vinculada à cláusula XXI do Decreto Estadual 4.056 de 26/05/1926, que aprovou o contrato de concessão à Light, esta cláusula determinava que a Light gozaria do direito de transporte de cargas e passageiros, por embarcações, nos reservatórios e cursos de água beneficiados por efeito destas obras podendo construir portos e obras complementares necessárias, sendo responsabilidade da mesma a instalação e a manutenção dos aparelhos necessários para que a navegação não fosse prejudicada.

¹⁶² Segundo o Relatório do FAT, (2004, p.41), em 1998 a **estrutura de controle de Retiro** “[...] inicialmente formada por 11 comportas e área para uma eclusa foi remodelada para três comportas motorizadas maiores, que invadiram a área prevista para a eclusa. Esta modificação visou diminuir o tempo de abertura e fechamento das comportas [...]. A estrutura após a instalação destas melhorias oferece pouca dificuldade à navegação de pequenas e leves embarcações, porém não conta com uma eclusa para embarcações maiores, dependendo do manejo dos níveis dos rios. Possui tirante de ar de 12,5 metros e três vãos de 8,60 m de largura cada um. Estas passagens são consideradas de difícil utilização para o transporte freqüente, impossibilitando a passagem de barcas maiores, necessitando, portanto, de grandes melhorias para sua utilização futura, no transporte regular de carga [...]”.

¹⁶³ O relatório também realiza um diagnóstico sobre a **usina elevatória de Traição** apontando que esta usina possui (2004, p.45): “[...] duas eclusas, porém uma delas está atualmente obstruída. A outra eclusa instalada e em operação, possui vão livre de 7,5 metros e comprimento de 29 metros, vencendo desnível de cerca de 5 metros. [...] As dimensões da eclusa operante, o estado em que ela se encontra e a demora na operação indicam, neste momento, a necessidade de investimentos na sua automação, dificultando assim a operação comercial imediata nesta eclusa, mesmo para usos menos exigentes, como o transporte de resíduos sólidos, com embarcações menores. Para embarcações no padrão Tietê será necessária a ampliação de uma das eclusas ou mesmo a sua reconstrução [...]”.

¹⁶⁴ A **usina elevatória de Pedreira** também teve o seu elemento hidroviário subtraído recentemente pelas urgências das políticas de macrodrenagem, o Estudo preliminar de viabilidade sublinha que (2004, p.51): “[...] Segundo a EMAE, a estrutura de eclusa da Usina Elevatória de Pedreira, originalmente instalada em câmara única que permitia a implantação de um sistema de comportas com vão útil de 7,5 metros para vencer desnível aproximado de 24,5 metros, está atualmente ocupada com a

as suas eclusas concluídas. Soma-se o fato de que o espaço físico destes elementos sofreram alterações em decorrência de ampliações recentes do sistema de bombeamento e reversão para a represa Billings fomentadas pelas demandas dos sistemas de combate às enchentes. Este cenário implica uma adaptação destas obras ao atual projeto de navegação, que foram vislumbradas pelo atual projeto do Hidroanel (ver fig.104, 106, 107, p.239, 241 e 242), obras que deverão ampliar a capacidade de carga do canal, que não são determinadas pelas dimensões do via, mas sim pela eclusa com capacidade mais restritiva dentro de um trecho analisado (INTERNAVES, 1984).

A montante de Pinheiros, para a navegação de passageiros nos reservatórios Billings e Guarapiranga, com os cuidados necessários por sua função de mananciais, poderão ser estudados projetos de implantação de travessias de passageiros que complementem os existentes, de tal modo a encurtar as rotas de deslocamento para a população circunvizinha e diminuir o tráfego de vias locais congestionadas (FAT, 2004).

Finalizadas as eclusas do rio Pinheiros a navegação pode acontecer sem embarços na represa Billings, adicionando cerca de 30 km de vias navegáveis ao sistema hidroviário. Na rota principal não há nenhum obstáculo à navegação, tendo como referencia as embarcações padrão Alto-Tietê definidos pelo plano SANESP, desde que o nível do represamento esteja acima da cota 736,15m (cota IGG) garantindo um calado de 2,5m¹⁶⁵ (SANESP, 1984). Embora estes dados sejam de 1983 e processos de sedimentação no fundo do reservatório tenham que ser considerados, os levantamentos realizados em 2004¹⁶⁶ junto a EMAE apontam que não existe nenhuma restrição à navegação comercial no corpo principal da Billings e sequer no reservatório do rio Grande, haja vista que a profundidade mínima ali encontrada é de 6 metros (FAT,2004). Para se estender, no entanto, a navegação até o braço do rio Grande nesta mesma represa deverá ser executada uma eclusa junto ao dique da Anchieta, que separa o corpo principal da Billings deste braço destinado ao Abastecimento de água.

máquina de geração no 8. Segundo a Diretoria de Engenharia da EMAE, existem estudos da própria concessionária [...] no sentido de implantar um canal de derivação com eclusa, passando pela margem direita, a aproximadamente 300 m da usina [...]"

¹⁶⁵ Considerando outros tipos de embarcações e as pesquisas mais recentes realizadas pelo projeto INBAT na Europa, poderíamos considerar a cota 734,65 adotando embarcações que demandem apenas 1m de calado.

¹⁶⁶ Em decorrência dos Estudos de Preliminares de Viabilidade da Hidrovia realizados pela Fundação de Apoio à Tecnologia, em 2004.

3.2.3.3 com relação às interferências físicas

Foram realizados inúmeros levantamentos das atuais condições de navegação dos rios metropolitanos¹⁶⁷ ao longo da última metade do século XX até hoje com o intuito de se verificar as intervenções necessárias e os tipos de embarcações viáveis para cada trecho de uma hidrovia metropolitana. O Levantamento realizado pela Fundação de Apoio à Tecnologia, em 2004, como parte dos Estudos Preliminares de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana, serviu como base para a elaboração da atual versão do Hidroanel Metropolitano.

Estudos anteriores¹⁶⁸ apontaram que todo o percurso de hidrovia estava sujeito a um contínuo assoreamento, concentrado, sobretudo, nas zonas de desembocadura dos afluentes (FAT, 2004). Esta condição exige um contínuo processo de dragagem que tem como motivo manter tanto as condições de navegação (profundidades mínimas para as embarcações) como a garantia das seções de drenagem (vazões de projeto).

No relatório dos Estudos Preliminares da Hidrovia Metropolitana, de 2004, foram catalogados as possíveis interferências e gargalos para a implementação de um sistema hidroviário na RMSP. Este levantamento é crucial para se estimar as tipologias de embarcações aptas a navegar pela hidrovia metropolitana, bem como os pontos onde se devem fazer intervenções para se aumentar a sua capacidade.

As pontes que atravessam os canais onde está prevista a navegação metropolitana, em sua grande maioria, foram projetadas já se prevendo vãos hidroviários (PADOVEZI & CALTABELOTI, 2001) (SANESP, 1983). Apesar das pontes ao longo da hidrovia do rio Tietê obedecerem aos gabaritos oficiais do Ministério dos

¹⁶⁷ (IPT, 1978) (INTERNAVES, 1984) (CNEC, 1982) (FAT, 2004).

¹⁶⁸ Estudo de Remoção, Transporte e Disposição do Material Sólido do Rio Tietê. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH). Relatório n 17.293-CETH 003/IPT. Departamento de Águas e Energia Elétrica, Governo do Estado de São Paulo, 1982.

Transportes, os vãos entre os apoios não oferecem a segurança necessária se adotarmos comboios tipo Tietê-Paraná em suas águas (PADOVEZI & CALTABELOTI, 2001) ¹⁶⁹.

Desta forma, falar em vão hidroviário implica falar em padrão tipológico das embarcações em conjugação com os limites de operação do sistema¹⁷⁰. No histórico de estudos sobre a navegação na BHAT existe uma predominância de proposições que vinculavam o Trecho de Edgard de Souza até Mogi das Cruzes a partir do padrão Tietê-Paraná¹⁷¹, já que existia, em plano, a previsão de conexão da BHAT a jusante com a Hidrovia Tiete-Paraná e a montante com a Hidrovia do Paraíba do Sul¹⁷². O restante das Hidrovias metropolitanas, nos seus trechos vinculados aos afluentes do Tietê, ficava liberto desta premissa e poderiam, e podem atualmente, ser adaptadas de acordo com o desenvolvimento de embarcações específicas para as condições urbanas e dos canais destinados à navegação na RMSP (PADOVEZI, 2004).

O levantamento feito pelo relatório de 2004 evidencia que a maioria das singularidades do Alto Tietê entre a Penha e Edgard de Souza permitem a padronização de embarcações de porte bastante razoável. As pontes do Limão e Piquerí possuem 14 m de vão livre entre os pilares e apresentam as maiores restrições à navegação neste trecho. Estas dimensões restringem a velocidade de embarcações com mais de 4,1 m de boca¹⁷³, dificultando o tráfego nestes pontos da hidrovia. A utilização de barcos com

¹⁶⁹ PADOVEZI, C. D., CALTABELOTI, O. Sistema flutuante de proteção de pilares de pontes junto a rotas de navegação In: 20. Seminário Nacional de Transporte Hidroviário Interior, 2001, Jaú - SP. 20. Seminário - SOBENA - Proceedings. , 2001.

¹⁷⁰ Se adotássemos, como exemplo, o padrão de embarcações do sistema Tietê-Paraná na hidrovia metropolitana, no trecho de Edgard de Souza até Mogi das cruces, a operação de comboios compostos de chatas e empurradores padrão deste sistema, só seria possível, e recomendável, se houvesse desmembramentos desses grandes comboios para se efetuar a passagem sob as pontes com vãos incompatíveis. Em algumas hidrovias, como a própria Tietê-Paraná e a Paraguai-Paraná, há exigências expressas para esses desmembramentos (PADOVEZI, 2003).

¹⁷¹ (BAPTISTA, 1941) (PMSP, 1965) (DNPVN, 1967) (DH, 1980) (INTERNAVES, 1984) (CNEC, 1983) (CNEC, 1981).

¹⁷² Dentro do PEGRH estão previstos a navegação para as Bacias do Tietê e do Paraíba do Sul: Através do rio Jaguari e sucessivamente do rio Parateí, ao longo de 55 km, atravessando o divisor de águas pelo rio Una. Percurso total de 110 km, sendo 63 de canais artificiais e 47 de leitos regularizados.(PERH2000-2003) fonte: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/roestadual/capitulo02.htm>, visto em 05/01/14.

¹⁷³O cálculo que determina o limite para a passagem de embarcações em um determinado vão é dado pela fórmula: $2,2B + 5$ m (quando o tráfego for em um único sentido) ou, $4,4B + 5$ m, quando for nos dois sentidos. Onde B é a boca da embarcação (em metros). Essas fórmulas foram extraídas do AIPCN

larguras maiores exigirá a adequação dessas pontes ou a aplicação de controles rigorosos à velocidade de navegação durante a travessia, sendo mais adequada a utilização de embarcações auto-propelidas, em detrimento dos comboios, com o intuito de se melhorar a manobrabilidade e o controle nestes pontos (FAT, 2004).

Para o rio Pinheiros, segundo o relatório, o padrão das embarcações deve ser obrigatoriamente diferente. Isto porque a eclusa da Traição, conforme já apontavam estudos anteriores¹⁷⁴, possui somente 7,5 m de largura e 29 m de comprimento, aspecto limitante para o tamanho das embarcações¹⁷⁵ (FAT, 2004). Outros estudos¹⁷⁶, entretanto, apontaram a necessidade de realização de projetos para a ampliação desta eclusa, demanda que foi adotada pelo projeto do Hidroanel (ver fig.106, p.241).

O relatório conclui que a unificação dos padrões das embarcações nos dois rios, tendo por base a capacidade do Tietê, parece ser inapropriada a menos que se realizem obras significativas para a adequação das estruturas do Pinheiros ao sistema hidroviário proposto. Decorrente desta constatação defendeu-se a adoção de uma embarcação tipo para o rio Pinheiros e outra para o Tietê (FAT, 2004), solução recorrente em estudos anteriores conforme visto nesta dissertação.

Os Estudos de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo definiram uma embarcação-tipo comum ao sistema urbano de navegação, buscando a compatibilidade com as demandas geradas pela ordenação do sistema de Logística Reversa da RMSP. A definição destas tipologias permite a operação a partir dos trechos mais restritivos do sistema¹⁷⁷, sem influenciar as maiores

(Associação Internacional Permanente dos Congressos de Navegação), conhecida também como PIANC, da sigla em inglês, *in* FAT (2004).

¹⁷⁴ Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos do Rio Tietê (1978); Plano SANESP (1983); Projeto de Racionalização dos sistemas de Manutenção de Profundidade para Uso da Navegação no Alto Tietê (1984).

¹⁷⁵ Mesmo com estas medidas, um barco de passageiros com dimensões compatíveis à eclusa de traição seria comparável a dois ônibus biarticulados, com capacidade de 500 passageiros. Já as barcas de carga terão o limite na ordem de 300 toneladas, equivalente a dez caminhões grandes (FAT, 2004).

¹⁷⁶ Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos do Rio Tietê (1978)

¹⁷⁷ Deve pesar sobre a decisão do padrão tipológico das embarcações os custos resultantes de restrições à navegação. Tendo em vista que a hidrovia metropolitana possui dois trechos com capacidades distintas com já referido no texto, caso adotadas embarcações maiores, o arco sul obrigaria a reduções de velocidades em alguns trechos e a desmembramentos de comboios em algumas passagens, o que deve ser verificados com rigor. Assim, como alerta PADOVEZI, “[...] Pode ocorrer, por exemplo, que comboios de menor porte tenham vantagens sobre comboios com formações maiores, devido aos pesos dos tempos e custos adicionais de desmembramentos”. (PADOVEZI, 2003)

capacidades de carga do trecho do Tietê entre Edgard de Souza e Mogi das Cruzes, que aguardam as decisões futuras sobre a conexão com a Hidrovia Tietê-Paraná, a oeste, e com Paraíba do Sul, a nordeste da RMSP.

3.2.4 Condicionantes Hidráulicos de Navegabilidade na BHAT

Do ponto de vista Hidráulico, existem alguns aspectos que influenciam as condições de navegabilidade dos canais e rios da BHAT:

- O escoamento natural das precipitações locais e das bacias contribuintes, considerando que em parte este escoamento é controlado pelas represas do sistema integrado do Alto Tietê, caracterizadas como bacias de cabeceira e, portanto, a montante dos canais principais.
- O conjunto de piscinões (bacias de retenção) da RMSP, representando um significativo aporte ao controle dos tempos de escoamento e em eventuais ondas de cheias nos canais.
- As Vazões revertidas para as vertentes marítimas decorrentes do aproveitamento hidroelétrico da Henry Borden, hoje operando abaixo da sua capacidade.
- As Vazões escoadas para o médio Tietê a partir da Barragem de Edgard de Souza. Estas possuem restrições, haja vista as vazões de escoamento não estão submetidas às capacidade da calha a jusante da barragem e, sim, ao limite de escoamento do médio Tietê.
- A adução de 30m³/s do Sistema Cantareira, que, admitindo-se 20% de perdas no abastecimento e mais 20% de perda na captação para o tratamento significariam o aporte de 18m³/s aos escoamentos dos rios da BHAT.

Deste quadro se entende que o panorama do Complexo Hídrico Metropolitano continua em conformidade com as conclusões do relatório realizado pelo convênio

Internaves em 1984, já que praticamente todo o sistema hidráulico e, conseqüentemente, as condições de navegabilidade, podem ser controladas artificialmente na RMSP. Hoje, como àquela época, a navegação está reduzida a poucas embarcações destinadas a dragagem e manutenção dos canais e, portanto, este controle não é utilizado como medida de manutenção das condições de navegabilidade do sistema, não se podendo tomar as condições atuais como representativas dos possíveis cenários de navegação na BHAT (INTERNAVES, 1984).

3.2.5 As condições de Interação das vias navegáveis com os demais modais:

A associação do viário estrutural com o processo de canalização dos rios gerou um contexto de isolamento das águas urbanas ao longo do tecido metropolitano. Este processo assumiu maior vulto se equiparando à importância da resolução hidráulica a partir da segunda Comissão de Melhoramentos do rio Tietê, quando o Engenheiro João Florence de Ulhôa Cintra, entre 1928 e 1930, chefiou os trabalhos daquela Comissão trazendo a questão rodoviária à importância prioritária no projeto de retificação e urbanização da várzea do Tietê (PEREZ, 2006) ¹⁷⁸.

A partir desta Comissão a configuração do binômio vias marginais e canalização passou a tomar forma como estrutura urbana para a cidade assumindo um aspecto programático, estas associações ganham grande impulso, como afirma Perez (2006, p.6):

[...] quando o projeto para retificação e urbanização da várzea do rio Tietê, em sua totalidade, foi incorporado ao conjunto de proposições do Plano de Avenidas, de autoria de Francisco Prestes Maia e do próprio Ulhôa Cintra em 1930. A partir de então, e contrariamente ao que ocorreu com os diversos projetos da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê, o Plano de Avenidas se estabeleceu de fato como algo semelhante a um plano urbanístico

¹⁷⁸Perez, Jenny Zoila Baldiviezo. As avenidas marginais e as dimensões da análise urbanística. IX Seminário de história da Cidade e do Urbanismo. São Paulo, 2006.

para a cidade, permanecendo por várias décadas como principal referência, não apenas com relação às obras de retificação do rio Tietê, mas na estruturação das avenidas marginais Tietê e Pinheiros, além de orientar, ao longo de várias administrações municipais, grande parte dos investimentos no setor viário.

Esta associação orgânica entre retificação e sistema rodoviário, impôs e impõe grandes restrições à navegação ao longo do tecido urbano. A pouca disponibilidade de alargamentos entre as vias marginais e os canais do Tietê e Pinheiros, condição perene, com raras exceções¹⁷⁹, desde a barragem da Penha até a de Pedreira, coloca dificuldades para a alocação dos portos que fariam a integração rodo-hidroviária. Este arranjo dos terminais intermodais, como foi apontado em diversos estudos¹⁸⁰, dificultariam a implantação das obras civis das mesmas.

A solução proposta pelo projeto do Hidroanel, nos momentos onde não houvesse área suficiente entre a hidrovia e as marginais, aponta para o uso de esteiras rolantes que passariam sobre as marginais, permitindo que as estações intermodais se implantassem em terrenos urbanos comuns junto ao tecido edificado. Na proposta as esteira funcionariam também como passarelas de pedestres conectando as duas margens desses rios que, hoje, encontra-se desprovidas, em quantidade e qualidade, deste tipo de ligação. A solução possibilita a instalação dos portos na parte interna das marginais, onde ficariam os pontos de captação, pré-processamento e armazenamento em contêineres destas cargas, faceando o canal estariam os pontos de atracagem das embarcações que receberiam as cargas containerizadas por meio das esteiras rolantes/passarelas.

¹⁷⁹ Colocar quais são as exceções

¹⁸⁰ Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo – IPT/CESP (1978); Plano SANESP (1983).

3.3A navegação e os usos múltiplos das águas na BHAT

Com a Lei n. 9.433, de 1997, o princípio dos usos múltiplos foi instituído como um dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos deliberando que diferentes setores usuários de recursos hídricos detinham igualdade de direito de acesso à água. Resguardando a situação de escassez onde, já estabelecida na própria Lei, a prioridade de uso da água no Brasil passa a ser o abastecimento humano e a dessedentação de animais.

Neste panorama os outros diversos usos deste recurso, tais como, navegação, geração de energia elétrica, irrigação e lazer, não possuem ordem de prioridade definida e o conceito de usos múltiplos se torna central na medida em que o crescimento da demanda por água para os diversos usos se desdobra em conflitos de interesses entre os setores usuários.

Neste contexto instrumentos como a outorga se mostramestratégicos, por permitir a ordenação e regularização do uso da água, assegurando ao usuário o direito de acesso ao recurso hídrico, bem como o controle quantitativo e qualitativo desse recurso (ANA, 2005) ¹⁸¹.

Neste contexto o setor Hidroviário, aos olhos da Agência Nacional das Águas, gera uma demanda de água ao utilizar os corpos hídricos como vias de transporte dentro de certas condições de navegabilidade, o que pode restringir o uso das águas para outras finalidades. Os níveis das águas, que condicionam calados e dimensões das embarcações, serão determinados pelas vazões e estas estarão vinculadas a certos padrões de navegabilidade nos trechos da hidrovia (ANA, 2005).

A inserção das demandas do setor hidroviário dentro do quadro de planejamento dos Recursos Hídricos, pautado pelo princípio do uso múltiplo das águas, torna necessária a solicitação de outorga de direito de uso de recursos hídricos para vazões a serem mantidas em cada trecho ou em pontos notáveis (ANA, 2005).

Dentro dos inúmeros estudos realizados sobre navegação na BHAT, alguns desenvolveram o tema da interação entre os sistemas hídricos urbanos no contexto da

¹⁸¹ Agência Nacional das Águas. A Navegação Interior e a sua Interface com o Setor de Recursos Hídricos. 2005

capital paulista. O Plano SANESP (1983), já se utilizando do conceito de usos múltiplos, estudou as distintas interações do sistema hidroviário com os demais sistemas usuários de Recursos Hídricos, concluindo sempre pela viabilidade da navegação no contexto metropolitano. A evolução do Complexo Hídrico Metropolitano apontou uma crescente crise na disponibilidade (quantidade) destes recursos na bacia na mesma medida em que se depreciavam as condições de controle que garantiam a sua qualidade. Atualmente existem inúmeras interdependências no funcionamento desses sistemas que devem ser entendidas para se garantir não somente a navegação, mas um funcionamento equilibrado do CHM.

As interferências entre os diversos usos levam, usualmente, a consequências mais facilmente aceitas pelo sistema hidroviário em relação aos demais sistemas usuários (controle de inundações, abastecimento, geração de energia, etc.) (SANESP, 1983). A resiliência do sistema hidroviário às variações nas condições de navegação depende do equacionamento do sistema e das medidas de controle e segurança aplicadas durante as operações em regime de exceção, sendo que estas devem ser equacionadas a partir do entendimento das possíveis interferências entre os sistemas.

A lógica de implantação de uma hidrovia impõe regras e limites operacionais para o aproveitamento das disponibilidades hídricas. A manutenção das condições adequadas de navegabilidade exigem níveis de água que, a montante e a jusante de um eixo de barramento, influenciam as possibilidades de uso daquele recurso, conforme analisado pela Agência Nacional das Águas (2005, p.42):

[...]os trechos de interesse localizados a montante dos barramentos exigem níveis de água que influenciam o deplecionamento do aproveitamento. Isso faz com que as regras de operação, os níveis de água mínimo e máximo e o dimensionamento do aproveitamento hidrelétrico prevejam a manutenção da navegabilidade. Já os trechos de interesse do setor hidroviário localizados a jusante exigem níveis de água que influenciam a vazão mínima defluente do aproveitamento. Assim, o reservatório deve manter vazões defluentes mínimas compatíveis com as necessidades das hidrovias e vias navegáveis localizadas a jusante.

Desta análise se podem determinar os valores para as outorgas, a partir dos níveis de águas mínimos a serem mantidos nas hidrovias e nos pontos críticos das

mesmas, de tal forma a ficarem garantidas as condições de navegabilidade, considerando as tipologias de embarcações determinadas por aquele sistema aquaviário.

3.3.1 O Hidroanel e o saneamento metropolitano – Possíveis sinergias

Atualmente tanto no rio Tietê como no Pinheiros, os trechos que compõem a Hidrovia Metropolitana são classificados como classe quatro, de acordo com a resolução Nº 20 do CONAMA, segundo os usos a que se destinam. Esta classificação indica que são rios onde está prevista a navegação, a harmonia paisagística e usos menos exigentes, embora não atendam aos padrões de qualidade definidos para esta classe na atualidade. Este fato não impede legalmente a navegação, embora crie dificuldades para o seu uso como transporte de passageiros, e mais ainda, para o lazer e para o turismo (FAT, 2004).

Muitas são as interfaces entre o funcionamento de um sistema de navegação urbana e os sistemas de saneamento em um contexto urbano complexo como o da RMSP. A expansão e o adensamento da cidade não foram acompanhados pela expansão da rede e provisão de serviços públicos compatíveis, notadamente na área de saneamento, e esta condição majora as interações, muitas vezes negativas, entre estes usos.

Embora alguns destes setores tenham obtido ganhos qualitativos e quantitativos nas últimas décadas, os processos intensos de degradação ambiental e o aumento da vulnerabilidade metropolitana não têm sido contornados, fortalecendo-se o cenário onde a degradação da qualidade convive com uma crescente dificuldade no manejo das qualidades (COSTA, NUCCI e SILVA, 2012).

Para se evitar este cenário torna-se fundamental entender os limites e as interfaces técnicas entre os sistemas hídricos urbanos já que existem, conforme analisam Costa, Nucci e Silva (2012, p.104):

[...] limites setoriais à solução de tais desafios no âmbito estrito dos respectivos setores, uma vez que as interferências fogem ao controle de cada um deles enquanto tal. A escassez estrutural de

água existe, a poluição continua a ameaçar as águas metropolitanas, as inundações causam danos e perdas crescentes. A causa de cada um desses processos não está necessariamente nas falhas de cada um dos sistemas setoriais, mas na articulação entre eles.

O sistema hidroviário será inserido dentro deste quadro complexo de relações entre os sistemas hídricos urbanos e novas interfaces serão geradas pelas demandas de operação da navegação, devendo ser colocadas em relação aos demais sistemas. Conhecendo-se os limites e as sinergias a serem articuladas neste novo contexto, o equacionamento do conjunto de sistemas hídricos urbanos estará caminhando para o funcionamento mais eficiente e seguro do Complexo Hídrico Metropolitano.

3.3.2 Navegação e Escassez Hídrica

A disponibilidade de água na bacia dificilmente pode ser lida no contexto metropolitano sem termos como lastro as demandas oriundas do grande contingente populacional que aqui habita. O intenso processo de urbanização que marcou a história de São Paulo carrega na sua gênese dois pontos delicados para o equilíbrio hídrico da BHAT, se por um lado existe uma alta demanda de água em quantidade e qualidade para o abastecimento público, por outro lado o próprio processo de ocupação da Bacia leva à depreciação da qualidade das águas da Bacia (PBHAT, 2009).

A RMSP passa por uma situação de grave stress hídrico estando atualmente em revisão e ampliação do sistema integrado de abastecimento, onde o recorte territorial transcende a própria escala metropolitana. Os estudos para a Macrometrópole de aproveitamento hídrico explicita o transbordamento das relações de trocas hídricas já existentes na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, admitindo-se que o seu balanceamento funcional deve incorporar, para o seu entendimento, quase todo o leste do estado.

A situação de cabeceira da BHAT como ponto geográfico de disponibilização de recursos hídricos para um dos maiores conglomerados urbanos do mundo é um dado que reafirma o cuidado e a necessidade de pesquisas estratégicas para um equacionamento sinérgico entre as infraestruturas hídricas urbanas.

Neste cenário se insere a navegação na RMSP, e dadas as características do sistema ela demanda recursos nos processos de eclusagens e na manutenção de profundidades mínimas dos canais bem como interfere nas qualidades por atravessar mananciais destinados ao abastecimento.

Os níveis de água ao longo da hidrovia, juntamente com o estado do fundo do leito, representam o principal condicionante de navegação. Esses níveis de água são controlados pelas operações das barragens e estações de bombeamento. Os níveis dependem também da própria geometria dos canais, ou seja, das condições de assoreamento e da existência de soleiras resistentes (PADOVEZI, 2008).

As variações do nível de água ao longo do ano são admissíveis ao sistema hidroviário, mas este possui uma faixa de operação específica, sendo o seu limite inferior associado aos calados do padrão de embarcações que operam naquela via. As variações são mais acentuadas em rios onde o escoamento é livre e mais suave nos rios regularizados, já que estes possuem suas vazões influenciadas pela operação das barragens (PADOVEZI, 2003).

O conjunto de canais e represas que compõe o Complexo hidráulico Metropolitano é quase todo controlado artificialmente (INTERNAVES, 1984) (PBHAT, 2009), o que permite um grande controle dos níveis de água nos canais, no entanto a disponibilidade hídrica da bacia é considerada baixa e medidas de economia deste recurso nas operações da hidrovia se tornam desejáveis:

- As operações de eclusagem do Hidroanel¹⁸² acarretam extravazão de volumes de água que podem se tornar críticos durante a estiagem nos trechos com menor disponibilidade hídrica. Os canais que se encontram próximos às cabeceiras das sub-bacias, notadamente os canais de partilha Billings-Taiaçupeba e Billings-Tamanduateí, tornam-se mais sensíveis a este problema e deverão ser dimensionados de acordo com a disponibilidade hídrica, adotando-se medidas de regulação de vazão com objetivo de manter as condições de navegação ao longo do ano.

- A adoção de Eclusas com câmaras economizadoras pode diminuir o consumo nos canais (SANESP, 1983) e a construção de pequenas barragens nos afluentes das vias

¹⁸² O Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo realizado pela CNEC em 1981 analisa o consumo de água em algumas eclusas e em obras de transposição classificando como crítico em alguns locais.

de navegação pode auxiliar a regularização da alimentação destes ao longo do ano¹⁸³, aumentando a segurança do sistema nos momentos de escassez.

- Medidas de gestão permitem operar os canais com as profundidades mínimas com o objetivo de não se interromper a navegação durante o período de estiagem (SCROEDER; WURMS, 2011)¹⁸⁴. Paralelamente os sistemas de navegação assistida cada vez mais permitem reduzir as dimensões mínimas dos canais e com isso, o consumo de água (PIANC, 2009).

Embora a história da navegação interior esteja associada a transformação das vias navegáveis de tal forma a sempre incrementar a capacidade de transporte por barcos de maior envergadura, a crise ambiental tem motivado a aplicação de conceitos de minimização das necessidades de intervenção (retificações, derrocamentos, dragagem etc.) a partir da utilização de embarcações adaptadas às características das vias fluviais (PADOVEZI, 2003).

- O relatório do projeto do Hidroanel chama atenção ao conceito de canais estreitos e rasos, típicos de situações urbanas ou de trechos navegáveis próximos às nascentes, como é o caso de todo o trecho sul do projeto do Hidroanel, referente ao canal de partilha (ver fig.109 e 110, p.243 e 244). A navegação nesse contexto exige um equacionamento particular, no qual foi adotado, o conceito de embarcações adaptadas às vias de navegação.

- O desenvolvimento de tecnologias aplicadas às embarcações permite a operação com calados cada vez menores, projetos como o Inbat¹⁸⁵ financiado pela União Europeia permitem a navegação em lâminas d'água a partir de 1 metro de profundidade, apontando para um cenário promissor que amplia as possibilidades de navegação nos trechos mais altos da BHAT onde a disponibilidade hídrica se torna uma condicionante importante de projeto.

¹⁸³ A retenção das águas durante as chuvas e a liberação durante os momentos de estiagem permitem criar padrões de descarga previsíveis, o que ajuda na manutenção dos calados para a navegação.

¹⁸⁴ SCROEDER, S. ; WURMS, P.M. 2011. **Study of river training measures to overcome inland navigation constraints due to future climate changes**, Smart Rivers.Federal Waterways Engineering and Research Institute. 2011.

¹⁸⁵ Ver: http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=14029, acessado em 23/09/2013.

- Embarcações menores permitem a navegação em operações com calados menores podendo, assim, operar em cenários mais diversos de disponibilidade hídrica¹⁸⁶.

O contexto do canal de partilha coloca outros desafios já que este se encontra a montante de dois reservatórios onde a disponibilidade hídrica está restringida por uma menor área de captação:

- A opção de se desenvolver um canal cuja seção preveja um canal mínimo, conforme o conceito *Fairway within a Fairway* (WURMS; SHROWEDER, 2011) pode ser adaptada para o contexto dos canais de partilha do Hidroanel. Durante os períodos de estiagem, o controle da navegação feita por tecnologias de navegação auxiliadas por satélite viabilizaria a operação dos canais sem faixa adicional de passagem. Pontos de atracagem e de espera durante a eclusagem se minimizam com a aplicação dessas tecnologias, já que operação centralizada das embarcações permite controlar as velocidades e evitar frenagens e esperas desnecessárias.

- O represamento dos afluentes de alimentação dos canais de partilha (ver fig. 110, p.245) auxilia na gestão do recurso e na segurança de provisão do mesmo ao longo do ano, acumulando água durante as chuvas em um processo de regularização da vazão destes córregos.

3.3.3 Navegação e o controle de poluição

Os Grandes Lagos propostos a montante da penha são uma solução para um conjunto de questões levantadas pelo projeto (ver fig. 103 e 102, p.237 e 238), inicialmente foram desenhados como intuito de definir claramente o território das águas naquela região, a construção de um espaço legível pretende diminuir a

¹⁸⁶A questão do tamanho das embarcações deve ser confrontada também com a hierarquia adotada pelo sistema de logística reversa, pelo contexto urbano de inserção do hidroanel, a capacidade de estoque dos portos de origem deve respeitar os critérios urbanísticos pensados para aqueles locais, o ajuste entre o porte das infraestruturas instaladas e o porte das naves que ali aportarão será crucial para se definir a qualidade da relação urbanística que esses lugares irão estabelecer com o tecido urbano.

possibilidade de ocupações informais em áreas de risco e de apropriações privadas de um território estratégico para a gestão dos recursos hídricos metropolitanos.

Esses lagos incorporam uma série de funções, entre elas a de manter a capacidade de armazenamento natural do trecho a montante da barragem da Penha, uma das principais diretrizes do PDMAT¹⁸⁷. Esses lagos, considerando uma diferença de cota de 1 metro entre o nível do espelho d'água permanente e o nível absorvido durante as chuvas gera um volume de amortecimento de 10 milhões de metros cúbicos, equivalente a aproximadamente o dobro da capacidade instalada de piscinões pelo DAEE até o ano de 2013¹⁸⁸. A opção pelos grandes lagos também aposta nos processos de retenção ao invés das políticas de detenção sob as quais se amparam a construção dos piscinões. A retenção incorpora importantes funções de melhoria da qualidade das águas¹⁸⁹, podendo ser desenhadas junto a sistemas de fitodepuração, como wetlands, ampliando as funções urbanas, paisagísticas e ambientais desses espaços (CANHOLI, 2009). Com o objetivo de se manter um melhor equacionamento hídrico e biológico dos lagos, estes podem ser desenhados com uma faixa navegável que respeite a profundidade mínima requerida pela navegação, liberando as demais áreas para a adoção de profundidades adequadas aos processos biológicos com vistas ao controle de poluição daqueles corpos hídricos.

3.3.4 Navegação e Drenagem

Navegação e drenagem são sistemas que, por serem usuários do mesmo meio físico, possuem interfaces importantes dentro do CHM. A correspondência entre estes sistemas, além do conhecimento dos limites de operação individuais, deve avançar rumo

¹⁸⁷O DAEE atua em favor da preservação das várzeas remanescentes a montante da barragem da Penha. Estudos hidrológicos mostraram que os benefícios conquistados com as medidas estruturais empreendidas nos trechos Penha-Edgard de Souza seriam totalmente anulados com a ocupação dessas áreas (CANHOLI, 2005).

¹⁸⁸ http://www.dae.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=60:piscinoes-home&catid=38:piscinoes, consultado no dia 12/01/14.

¹⁸⁹ As bacias de retenção são fundamentais para a redução dos níveis de fósforo, pesticidas, metais pesados que possam ser removidos após a decantação dos mesmos (RAASC, 1982) e (HUBER, 1986).

aos ajustes funcionais dentro do campo de interações positivas e negativas de uma análise conjunta dos sistemas. Para isto a integração entre os diferentes agentes se torna necessária com o intuito de minimizar os impactos e maximizar as sinergias, garantindo a viabilidade funcional de ambos (HAVINGA; SCHIELEN; VUREN, 2009).

3.3.4.1 Navegação e operação de controle de enchentes

Durante chuvas de grande intensidade, devido às características físicas da BHAT e da urbanização que aqui se implantou, o comportamento hidráulico dos canais pode fugir dos parâmetros tidos como adequados à navegação. Em casos de exigência máxima das vazões de escoamentos dos canais, velocidades excessivas das águas podem exigir a previsão de operações excepcionais do sistema hidroviário. Neste cenário, a experiência europeia aponta alguns caminhos (PIANC, 2009):

a) A sobreposição de funções (navegação e drenagem) pode exigir medidas de gestão do tráfego de embarcações que prevejam a paralização do funcionamento do sistema hidroviário até a normalização do escoamento dos canais de navegação¹⁹⁰ (PIANC, 2009). Esta questão deve estar prevista também no equacionamento logístico das cargas, se refletindo das margens de segurança dos estoques das cargas transportadas, bem como na previsão de áreas de atracagem ao longo dos canais durante esses eventos (BOTTER et al., 2011).

b) Adaptações de características técnicas do sistema hidroviário permitem ampliar o espectro de situações em que o sistema continua operativo, mesmo durante comportamentos hidráulicos excepcionais ocasionados por chuvas intensas. O aumento da potência dos motores utilizados e mecanismos alternativos de propulsão podem auxiliar a navegação sentido montante e a manobrabilidade sentido jusante,

¹⁹⁰Países como a Holanda e a Alemanha estabelecem, por meio de legislação específica, um limite no nível de água até onde se pode continuar com atividade hidroviária nos canais (PIANC, 2009). Além disso, sistemas de aviso e alerta sobre as cheias acompanham as alterações nos níveis dos canais e repassam as informações para os centros de controle de navegação locais (Infocentrum Binnenwateren, 2007) www.infocentrum-binnenwateren.nl. Acessado em 27/02/13.

respectivamente ¹⁹¹. Os raios de curvatura dos canais podem ser ampliados e a estabilidade dos diques laterais fortalecida fazendo frente à estes cenários de navegação. Essas medidas ampliam o espectro de funcionamento do sistema hidroviário, mas não anulam alguns limites operacionais, neste sentido, questões como alturas mínimas sob as pontes e padrões de correntes anômalos durante o escoamento das chuvas podem inviabilizar a operação das embarcações até a normalização do sistema (PIANC, 2009).

As características morfológicas da bacia do Alto Tietê¹⁹² somadas aos efeitos da intensa urbanização na mesma constituem uma condição de escoamento onde os volumes das chuvas rapidamente se manifestam nos canais principais (CANHOLI, 2006), este fator dá grande importância aos planos de bacia¹⁹³ já que serão eles os responsáveis pelas ações que viabilizarão intensidades de descarga dos afluentes que não excedam a capacidade hidráulica dos canais principais (vazões de restrição) determinadas pelo PDMAT (ver fig.06, p.173) (ver fig.77, p.220)(ver fig.97, p.232).

As variações dos níveis de água em curtos períodos de tempo, resultantes das chuvas no sistema de macrodrenagem ou mesmo de operações preventivas de

¹⁹¹ A influência dos escoamentos durante as chuvas em canais são um tema importante para a navegação metropolitana, como alerta Padovezi (2003, p.77): “[...] os comboios fluviais são muito exigidos em manobras, dadas as características de sinuosidade das rotas de navegação e os pontos considerados críticos às manobras, como entradas de eclusas, passagens sob pontes com vãos estreitos e trechos com largura e profundidade reduzidas. Os comboios devem apresentar certas qualidades mínimas de manobras, para manter o rumo certo mesmo sob a ação de forças externas, como ventos, correntes ou ondas [...]”.

¹⁹² Do ponto de vista geográfico, é considerada uma bacia pequena e que tem seu comportamento hidráulico agravado em decorrência do alto grau de impermeabilização superficial e intenso processo de canalização dos seus rios e córregos.

¹⁹³ Os planos de Bacia são instrumentos estratégicos para se manter as descargas da bacia em níveis compatíveis com as vazões de restrição previstas para o sistema arterial de macrodrenagem. Estas vazões foram definidas pelo PDMAT a partir dos planos de ampliação da calha do Tietê elaborados em função dos estudos realizados em 1986 pela Promon. Sobre este tema o relatório do PDMAT (1999) ressalta nas suas conclusões que: “[...] As adaptações geométricas introduzidas durante o projeto executivo de ampliação da calha do rio Tietê, detalhado pela empresa MAUBERTEC satisfazem rigorosamente a linha d’água de projeto fixada no projeto Promon para T=100 anos, com base nas características do evento excepcional observado em fev/83. Isto significa que, a partir da execução completa dos serviços de ampliação da calha, não havendo mais espaço físico para futuras melhorias (excetuando-se soluções mais caras como paramentos de concreto), as vazões do projeto Promon, consolidadas pela MAUBERTEC e referendadas por este Plano Diretor, constituem-se em *vazões de restrição* que deverão limitar futuros aportes ao rio Tietê [...]”.

DAEE/PROMON. **Ampliação da Calha do Rio Tietê Entre as Barragens da Penha e Edgard de Souza-Barragem Móvel-Concepção Básica-Relatório Técnico DE21A-MC8-500, dez/86.**

DAEE/MAUBERTEC, **Projeto Básico de Ampliação da Calha do rio Tietê entre a foz do rio Pinheiros e a Barragem da Penha, 1998.**

comportas, são fenômenos que incidem no equacionamento de um sistema hidroviário para a RMSPE foram fatores de influência estudados no Plano SANESP em 1983. Outro fator impactante pela operação das estruturas de controle de drenagem analisado naquele plano foi a geração de ondas de translação, decorrentes de manobras de comportas e turbinas. O estudo alertava que as variações de nível e a geração de ondas devem ter o seu comportamento disciplinado por medidas que minimizem os impactos negativos para a navegação sob pena de ocorrerem lançamentos de embarcações à deriva, fruto do rompimento de amarras, bem como o encalhe de comboios. (SANESP, 1983).

A análise dos fluviogramas do Alto Tietê, realizada há três décadas, mostrou que as variações do nível d'água naquele momento não ultrapassavam o valor de 1,5m/h considerado crítico para a navegação¹⁹⁴. O limite considerado seguro para as ondas de translação, de 1m de altura, também não foi alcançado naquele contexto de operação das comportas e bombas de reversão. Entretanto, a evolução das condições físicas do Complexo Hídrico Metropolitano¹⁹⁵ bem como do comportamento hidráulico da bacia demandariam um estudo atualizado sobre a influência das operações de controle de cheias no sistema de navegação.

O canal de Pinheiros, que mantinha as condições de navegação mesmo durante a operação do sistema de reversão em 1983¹⁹⁶, hoje, com o aumento da potência instalada gera situações que deverão ser negociadas em um acordo de operação conjunta entre usinas elevatórias e sistema hidroviário. Há uma grande sensibilidade do canal quando o sistema de reversão é solicitado a plena carga durante chuvas intensas, a superfície do rio Pinheiros chega a aumentar 2 metros em apenas 15 minutos (FAT, 2005). Por ser um dos principais instrumentos reguladores de vazão da BHAT, durante as operações de controle de cheias, a reversão do fluxo do rio gera grandes variações de profundidade. Sobre este aspecto, o Estudo Preliminar de Viabilidade da Hidrovia Metropolitana (2004, p.38), aconselhava que:

¹⁹⁴ A máxima variação verificada até 1983 foi de 1,6 m em 1 hora e 20 minutos no dia 28/11/76, próximo à ponte da Penha (SANESP, 1983).

¹⁹⁵ Desde 1983 algumas mudanças significativas ocorreram no CHM, dentre elas o aprofundamento da calha do Tietê, finalizado em 2005, e o aumento das potências de bombeamento do sistema de reversão do rio Pinheiros.

¹⁹⁶ Conforme conclusão do plano SANESP.

[...] eventualmente, o futuro tráfego de embarcações seja temporariamente interrompido durante fortes chuvas e que as embarcações permaneçam atracadas em abrigos próprios para embarcações ou portos de espera, até que o regime do rio se restabeleça a ponto de permitir novamente a navegação com segurança.

Conforme alerta do relatório, nestas condições, o transporte fluvial metropolitanodeverá tomar medidas preventivas aos momentos que antecedem prováveis enchentes. A implementação de restrições à navegação durante estes eventos extremos poderá ser uma medida de segurança adotada, mas a medida que o radar de Salesópolis consiga prever essas ocorrências com antecedência compatível, será permitida a tomada de decisões alternativas que ampliem o espectro de operação do sistema hidroviário na BHAT (FAT, 2004).

Esta questão exigirá um planejamento adequado para suportar os eventuais atrasos no transporte. A natureza desses eventos é ocasional e o desenvolvimento de mecanismos de gestão que trabalhem com a previsibilidade, dentro de margens de segurança, é medida comum a qualquer transporte que dependa das questões climáticas, a exemplo das interrupções no tráfego aéreo por falta de teto no inverno (FAT, 2004).

A característica das cargas previstas para a operação do Hidroanel, no entanto, torna este fator menos impactante para o funcionamento geral do sistema, já que os resíduos sólidos provenientes de estações de transbordo, as terras, entulhos, material de dragagem e lodos consistem em cargas não perecíveis e que podem ser operadas com margem de segurança sem gerar comprometimentos das operações de reciclagem nos Tri-portos.

3.3.4.2 Navegação e a regularização das águas

Ainda em eventos chuvosos, o encontro de afluentes junto aos canais principais deve prever mecanismos hidráulicos que evitem o lançamento das águas de forma perpendicular ao sentido do canal, com o intuito de evitar a derivação das embarcações para fora dos eixos de navegação (PIANC, 2006). Este aspecto pode ser particularmente

preocupante durante chuvas localizadas que atinjam sub-bacias tributárias dos canais de navegação.

Uma estratégia possível para evitar os efeitos negativos das descargas dos afluentes nos canais de navegação seria a implantação de bacias de retenção com barragens móveis na foz dos afluentes junto aos canais principais, conforme sugerido no relatório do projeto do Hidroanel¹⁹⁷. Neste contexto os planos de bacia poderão ser articulados com os interesses hidroviários compartilhando um conjunto de obras múltiplo escopo:

- As bacias de retenção alocadas no encontro dos rios com os seus afluentes, contribuiriam para o propósito fim da macrodrenagem¹⁹⁸, aumentando o tempo de retenção dos deflúvios na bacia e diminuindo os picos de cheia nos canais (CANHOLI, 2006).
- Incorporariam uma série de serviços hidroviários importantes, funcionando como dársenas (ver fig.104, p.239) (ver fig.83, p.222) e endereços ótimos para implantação dos portos de integração intermodais bem como dos sistemas de dragagem fixos.
- Em função da sua capacidade de dissipar energia cinética das vazões ocasionadas pelas chuvas (CANHOLI, 2006), estas bacias de retenção exerceriam, também, uma influência positiva no funcionamento do sistema hidroviário ao regular e disciplinar as descargas dos afluentes melhorando, conseqüentemente, as condições de navegação durante esses eventos, ampliando o espectro de situações onde as cheias não obriguem a interrupção do sistema por questões de segurança.
- A adoção desta estratégia pode gerar múltiplos benefícios para os sistemas de saneamento por auxiliar o controle de poluição incidindo positivamente em inúmeros indicadores de qualidade das águas (CANHOLI, 2006).

¹⁹⁷ Conforme descrito no Relatório Conceitual - Articulação Arquitetônica e Urbanística dos Estudos de Pré-Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Hidroanel Metropolitano de São Paulo (2011, p.64) : “[...] As barragens móveis configuram um sistema integrado, localizadas na foz dos afluentes e na foz dos afluentes dos afluentes. Constitui uma capilar rede de lagos que tem função múltipla de regularização da vazão, controle de cheias e ponto notável do sistema de parques fluviais urbanos [...]”

¹⁹⁸ O sistema de macrodrenagem se caracteriza por canais bem definidos que podem concentrar águas oriundas de áreas não desenvolvidas e de sistemas de micro-drenagem, trata-se de obras típicas deste sistema: os canais, as galerias de fundo de vale, as bacias de retenção e as bacias de detenção (PMAPSP, 2012).

Os mecanismos de regularização das vazões podem também ser adotados a montante junto às nascentes das bacias. Dado o quadro de escassez em certos períodos do ano e de excessos durante o período de chuvas na BHAT, os represamentos são uma estratégia eficiente para regularização destes ciclos e a condição geográfica da BHAT, próximo às cabeceiras, favorece o uso destes como mecanismos de regulação dos fluxos de seus rios (BRITO, 1925). Esta condição, conforme ressalta Brito (1925, p.60), joga luz sobre o fato de que:

[...] todas as represas feitas na região alta dum curso e de seus afluentes, seja qual for a sua capacidade e o seu objetivo, constituem geralmente elementos valiosos, não somente pelos serviços locais que prestam, mas também pela influencia benéfica que poderão exercer, embora em grau reduzido na regularização do regime do curso a jusante, para a navegação ou para as enchentes.

Embora os represamentos estejam comumente associados às cabeceiras de uma bacia, normalmente associados à função de abastecimento, eles também podem ser realizados ao longo do curso de um rio, e este é o caso da barragem da penha, onde a construção de uma eclusa encontra-se atualmente em curso, estas obras preveem a dragagem de cinco milhões de metros cúbicos para a formação do canal de navegação e para a criação de um lago. Estas duas ações além de viabilizarem a navegação deste trecho do Tietê irão funcionar como uma bacia de retenção com 65 vezes a capacidade do piscinão do Pacaembu. Esta obra que margeará o Parque Ecológico do Tietê irá ajudar a criar funções recreativas e melhorias do ambiente urbano, bem como auxiliar o sistema de macrodrenagem metropolitano (BUSSINGER, 2013).

Muitos estudos apontaram a necessidade de se preservar as várzeas a montante da penha¹⁹⁹ como importante área reguladora das vazantes do Tietê²⁰⁰ no seu trecho

¹⁹⁹ Para Brito (1925, p.130), existe a necessidade de manter “[...] a montante de São Paulo o atual regime de inundação das várzeas, a menos que não se façam obras extraordinárias de detenção das águas, ou que se aumente a capacidade das obras de proteção em São Paulo e de escoamento a jusante [...]”.

²⁰⁰ Com o intuito de elucidar a importância do dique da penha e a preservação das várzeas à montante da cidade como medida de amortecimento das cheias, Saturnino cita o caso clássico do dique de Pinay, na França, construído há quase 300 anos. Esta obra, com 17 metros de altura e 19 metros de abertura do pontilhão, reteve cerca de 108 milhões de metros cúbicos de água durante 16 horas na

metropolitano (BRITO, 1925; PEREIRA, 1950; PDMAT, 1999; CANHOLI, 2006), esta questão foi institucionalizada se tornando uma das premissas de projeto do PDMAT²⁰¹.

O projeto do Hidroanel se relaciona com esta questão a propor o aumento da superfície de água na metrópole, por meio da constituição de lagos e canais que funcionariam como parques fluviais a montante da penha (ver fig. 102 e 103, p.237 e 238). Foram propostos três lagos-navegáveis: lago da Penha, lago de São Miguel Paulista e lago de Itaquaquetuba. Tais lagos, próximos à cabeceira do Rio Tietê, aumentam a capacidade de controle das águas na bacia por meio de um sistema de barragens móveis, amortecendo os volumes escoados e atuando como bacias de retenção, com a capacidade de resguardo de um volume aproximado de 16 milhões de m³, considerando a variação de 1 metro na cota de lâmina d'água dos lagos artificiais propostos no projeto (GMF, 2011), atuando como volume de amortecimento das cheias com função análoga a das várzeas daquele rio. Embora a superfície, do ponto de vista hidráulico, não sinalize um aumento da capacidade já existente daquela várzea, a sua construção é garantia de um ordenamento urbano que preserve a sua capacidade de retenção, evitando a ocupação do leito maior, situação que, à revelia dos mecanismos de controle, ocorreram repetidas vezes na história da capital paulista.

3.3.4.3 Navegação e a dragagem

enchente de 1846, reduzindo as descargas de 10.000 m³/s para 7.300 m³/s, o que, segundo o autor, poupou a cidade de Roanne, à jusante deste dique, de severos prejuízos. (BRITO, 1925).

²⁰¹ Conforme consta nas conclusões do relatório, (PDMAT, 1999): “[...] Deverão ser tomadas medidas e envidados todos os esforços no sentido de bloquear a ocupação das várzeas, evitar projetos de canalização que venham a acelerar o fluxo hidráulico e criar condições de amortecimento, a montante, com o objetivo até de reduzir o aporte acima mencionado na barragem da Penha [...]” e ainda sobre esta questão, junto às recomendações finais do relatório se aponta para a responsabilidade das prefeituras de: “[...] nunca piorar as condições de funcionamento dos sistemas de drenagem localizados a jusante e preservar, ao máximo, o que resta das condições naturais dessas sub-bacias, reforça-se aqui uma antiga reivindicação aos órgãos estaduais e municipais envolvidos, no sentido de não medir esforços para preservar as várzeas ainda restantes, localizadas a montante da barragem da Penha. Todos os projetos e estudos anteriores, envolvendo a calha do rio Tietê, contam com essa premissa, tão necessária, para impedir que as descargas de cheias a jusante dessa barragem, não venham gerar vazões com valores potenciais de até 2.700 m³/s contra cerca de 1.400 m³/s, que é a capacidade máxima fixada no projeto de ampliação da calha no local da barragem Edgard de Souza [...]”.

As necessidades de manutenção dos calados mínimos para a navegação impõem um contínuo processo de desassoreamento dos leitos em função da sedimentação que se acelera com a desregulação do uso e ocupação do solo urbano (INTERNAVES, 1984) (SANESP, 1983) gerando grandes volumes de material carreados durante as chuvas e depositados no fundo dos canais e rios urbanos (TUCCI, 2008). A dragagem desse material possui um duplo benefício já que regulariza o fundo dos canais mantendo profundidades adequadas à navegação, mas também preserva a capacidade de escoamento prevista em projeto para o sistema de macrodrenagem²⁰², principalmente durante as fortes chuvas quando estas capacidades máximas serão solicitadas. A dragagem dos canais, neste sentido, torna-se condição para a manutenção das seções de escoamento das cheias e, com a implementação da navegação, terá o seu custo amortizado entre os dois sistemas, já que tanto a navegação quanto a macrodrenagem dependem deste serviço para a manutenção das suas condições físicas de operação.

Um dos estudos para minimizar a interferência dos intensos processos de sedimentação no fundo dos leitos do rio Tietê foi encomendado um estudo pelo DAEE que mostrava uma importante interdependência entre o sistema de macrodrenagem e a navegação: O Estudo de Remoção, Transporte e Disposição de Material Sólido do Rio Tietê (1982), foi elaborado pelo IPT, e tinha por objetivo estudar as possibilidades de manutenção das seções hidráulicas do rio por meio de dragagem²⁰³, transporte e disposição do material depositado no leito do canal utilizando o modal hidroviário.

3.3.4.4 Navegação, dragagem e a gestão de resíduos sólidos

²⁰² Dentro da política de aumento das capacidades de escoamento, o Governo do Estado em conjunto com o Município de São Paulo, implementou ao longo do século XX o processo de retificação e ampliação do leito original do rio Tietê no seu trecho metropolitano. No entanto os processos de erosão e, consequentemente, de sedimentação no fundo dos canais se agudizavam com o acelerado processo de urbanização o que dilapidava de maneira contínua os esforços em aumentar as vazões do sistema de macrodrenagem (PADOVEZI, 2008).

²⁰³ O trabalho consistia em remover o material depositado periodicamente no canal, transportá-lo com a utilização de barcaças próprias para a região dos bota-foras próximos à barragem Edgard de Souza, fazendo-se a sua transferência. Considerando o volume anual máximo depositado, os bota-fora teriam capacidade equivalente a 34 anos. Esse material depositado no leito do rio Tietê prove dos inúmeros afluentes, sendo uma composição de areia, argila e material orgânico. (PADOVEZI, 2008)

O carreamento de uma grande quantidade de sólidos, alguns de grande porte como móveis abandonados etc., é um risco para a segurança da navegação e mostra a co-dependência e a necessidade de integração entre sistema hidroviário, drenagem e gestão de resíduos sólidos na metrópole. A aplicação de uma política intensiva e extensiva de gestão desses resíduos diminuiria as possibilidades de lançamentos indesejados nos canais de drenagem e navegação. Este tipo de controle beneficia igualmente o sistema de drenagem ao evitar situações que diminuam a capacidade de escoamento dos canais (TUCCI, 2008).

Cabe lembrar que o projeto do Hidroanel organiza o que seria o sistema arterial de captação dos resíduos sólidos urbanos gerados pela RMSP, neste sentido o próprio projeto logístico que ele ampara tem influencia direta sobre uma das questões que condicionam a navegação na BHAT²⁰⁴.

Embora a implementação do sistema de logística reversa proposto pelo projeto tenda a diminuir estas ocorrências, esta característica exige um cuidado particular com as condições das embarcações com o objetivo de diminuir o risco de acidentes e de manutenção das mesmas. A adoção de propulsores tipo ice-class seria uma alternativa pela provável alta frequência de choques, nestes as pás são determinadas segundo regras para hélices de navios quebra-gelo e possuem a vantagem de aumentar a resistência do sistema à rupturas (PADOVEZI, 2003).

3.3.4.4 Navegação e os processos de reversão

As reversões, mecanismos artificiais de inversão dos cursos naturais dos rios e canais, foram inicialmente adotadas no canal do rio Pinheiros pela Light como uma

²⁰⁴ Existem Mecanismos técnicos que diminuem a possibilidade de danos às embarcações em eventuais colisões, a utilização de estruturas de proteção de propulsores e de lemes, como introduzida no comboio de pesquisas do Araguaia (PADOVEZI, 1997) é uma alternativa. Estas estruturas geralmente funcionam como proteção, mas apresentam o ônus de um aumento de resistência em uma mesma velocidade da embarcação (PADOVEZI, 2003). Outra opção seria a adaptação das linhas dos cascos das embarcações para que haja uma menor probabilidade de colisões de troncos com a popa (JUKOLA & LINDBORG, 1999).

medida voltada ao aproveitamento energético, embora já guardassem na sua origem a possibilidade de auxílio ao controle de enchentes durante as chuvas²⁰⁵ sendo inclusive considerada a necessidade desta reversão no dimensionamento das seções hidráulicas da retificação do Tietê pela terceira CMRT (SILVA, L. 1950) ²⁰⁶.

Os mecanismos de reversão do Pinheiros aumentam o poder de resposta do sistema de macrodrenagem frente a grandes enchentes e se tornam estratégicos frente a dois aspectos:

- As vazões de restrição adotadas nas obras de aprofundamento da calha do corpo principal do Tietê, realizadas pelo DAEE e concluídas em 2005.
- Os limites impostos aos lançamentos para o médio Tietê, evitando o impacto destas águas em inundações das cidades a jusante de São Paulo (SILVA, 2011).

Estas duas restrições dão ainda mais importância ao papel regulador da Billings para a gestão das quantidades durante eventos chuvosos na RMSP (COSTA, NUCCI, SILVA, 2012), embora esta função ainda guarde conflitos com a gestão das qualidades dos recursos hídricos na metrópole.

Em razão deste difícil equacionamento da gestão dos deflúvios na BHAT a estratégia da reversão das águas para a Billings foi revisitada em períodos recentes da história metropolitana, estando na esteira deste processo o atual projeto do Hidroanel. A proposta de reversão das águas do Tamanduateí foi estudada e debatida no primeiro PDMAT²⁰⁷, mas foi inicialmente proposta pelo Engenheiro Júlio Cerqueira César em

²⁰⁵ O contrato feito pelo Município de São Paulo com a Light para o aproveitamento energético das bacias do Pinheiros e Tietê estabelecia que (cláusula XX, Lei nº 2109, de 29-12-25): “[...] durante as maiores cheias desviar-se-á para o oceano, o maior volume possível de água, de modo a evitar inundação nas margens do rio Tietê [...]”.

²⁰⁷ A proposta de reversão contida no estudo do Hidroanel se alinha com as recomendações do PDMAT (1999), quando este relatório afirma que: “[...] Quanto às soluções de mais longo prazo, por exemplo, os chamados sistemas de desvio de cheias das bacias hidrográficas, através de túneis, têm esbarrado quase sempre em restrições e regulamentações de natureza ambiental. Opina-se que soluções desse tipo deveriam ser mais bem estudadas e detalhadas, adotando-se sempre uma ótica mais abrangente do problema, procurando sempre maximizar os benefícios e reduzir os custos totais, favorecendo diversas sub-bacias, e não apenas pontos localizados. Preferencialmente, tais soluções deveriam sempre evitar a retirada de água de uma bacia, lançando-a em outra bacia vizinha. Concepções dessa natureza, geralmente de custos bastante elevados, só fazem sentido se a solução contemplar a bacia como um todo, com uma análise custo-benefício mais apurada, que inclua até a possibilidade de eliminar algum conjunto de outras obras planejadas em diversas sub-bacias [...]”.

1995, enquanto esteve na presidência do DAEE (COSTA, NUCCI, SILVA, 2012). Esta estratégia, que deve também ser analisada pelo PDMAT 3(São Paulo SSE DAEE, 2010), ampliará, por consequência, as vazões totais exportadas para a Baixada Santista(COSTA, NUCCI, SILVA, 2012).

A Atual proposta de reversões pelo projeto do Hidroanel tem como trunfo propor esta alternativa como uma obra consorciada às obras civis demandadas pelo sistema hidroviário, amortizando custos comuns e buscando sinergias técnicas entre estes sistemas. O Pequeno Anel Hidroviário, primeira variante desta solução, seria constituído por uma interligação entre a sub-bacia do Tamanduateí e a Represa Billings e deverá operar quando, em função de fortes chuvas, houver risco de inundações. Nestas ocasiões serão ativadas as barragens móveis do Tamanduateí e dos afluentes Meninos e Couros, revertendo a vazão do Tamanduateí para a represa Billings, mantendo-se a ressalva de que o bombeamento das águas do Tamanduateí para montante não ponha em risco a qualidade do reservatório Billings (COSTA, NUCCI, SILVA, 2012).

Outra reversão contida no projeto do Hidroanel, que deve representar influência positiva sobre as demandas nos canais a jusante, trata-se da conexão entre as Represas de abastecimento Billings e Taiaçupeba, conexão que permitirá uma maior flexibilidade para o armazenamento do excesso de água do sistema Tietê cabeceiras. Por meio de estação elevatória e vertedouro, esta transferência de águas em direção à Billings auxiliará a redução da vazão à jusante do córrego das Três Pontes, já na divisa do município de São Paulo com o município de Poá, aumentando a segurança de operação do sistema de macrodrenagem(COSTA, NUCCI, SILVA, 2012).

Assim a opção por um circuito fechado que constituiria o Hidroanel (São Paulo ST DH, 2009), formando dois anéis navegáveis, conexões Billings-Taiaçupeba e Billings-Tamanduateí (ver fig.94, p.230), além de promover redundâncias hidroviárias benéficas à logística das cargas públicas a serem transportadas na RMSP, permitirão:

- Desonerar o sistema central de macrodrenagem durante as grandes chuvas²⁰⁸ já que se constituem em caminhos mais curto (e energeticamente

²⁰⁸Sobre este tema o Engenheiro Júlio Cerqueira César Neto (2011) aponta as limitações do sistema de macrodrenagem frente às atuais vazões demandadas durante eventos de grandes chuvas: “[...]O rio Tamanduateí não tem capacidade para as vazões que ocorrem no período chuvoso, que vai de novembro a março ou abril. Essa é a época de chuvas intensas. Elas ocorrem sempre, mais ou menos vezes. E embora essas chuvas intensas sejam normais nesta época do ano, o rio não tem capacidade para

eficiente) até os reservatórios do que o atual bombeamento das águas a partir do canal do rio Pinheiros. Esta operação evitaria que grandes volumes de água passassem por pontos críticos da rede de macrodrenagem diminuindo as chances de colapso do sistema²⁰⁹.

- Melhorar a qualidade das águas revertidas para a Billings durante chuvas que superem os limites de escoamento dos canais principais. Tendo em vista que a área urbana de uma bacia condiciona fortemente a qualidade das águas escoadas para os rios e córregos principais (TUCCI, 200X), a diminuição da área urbana de influência sobre a qualidade das águas escoadas devido a captação a montante do sistema, tende a diminuir os níveis de poluição difusa e cargas de esgotos nestas águas revertidas. Esta melhora dos níveis de poluição se desdobraria ainda em um duplo benefício, a diminuição do impacto do controle de enchentes sobre os sistemas de abastecimento além de facilitar alcançar os níveis impostos pelas condicionantes ambientais à geração de energia elétrica pela Usina de Henry Borden.

Algumas particularidades devem ser sublinhadas no caso da RMSP já que, embora inúmeras sinergias surjam ao analisar conjuntamente as infraestruturas hídricas urbanas, dentro do palco de interesses que se manifestam no Complexo Hídrico Metropolitano, alguns conflitos de interesse também acontecem, e é neste segundo caso que se insere a câmara da Eclusa da Pedreira, que embora tenha sido projetada pra receber uma eclusa que ligaria o canal de Pinheiros com a Represa Billings, hoje é

transportar as suas vazões. Ele está totalmente superado. Para se ter uma ideia, a capacidade dele na foz [...] é de 480 metros cúbicos por segundo, e essas chuvas intensas podem provocar vazões mais que 800 metros cúbicos por segundo. O Tamanduateí tem então de transportar quase o dobro da sua capacidade. Resultado: verte água [...]”.

²⁰⁹ O primeiro relatório do PDMAT (1999), acerca das contribuições da bacia do rio Tamanduateí, conclui que: “[...] Grandes esforços deverão ser realizados no sentido de controlar as descargas do rio Tamanduateí, cuja capacidade de escoamento no seu trecho final canalizado é de 484 m³/s. Para eventos chuvosos com 24 horas de duração, com base nas características do evento ocorrido em 1983, para T=100 anos de período de retorno, a contribuição individual do rio Tamanduateí poderia atingir cerca de 600 m³/s, superando a sua mencionada capacidade de escoamento. Durante eventos de chuvas mais intensas, de menor duração, estas descargas poderão superar 800 m³/s, para o mesmo período de retorno [...]”, assim, ressalta o texto, “[...] a bacia do rio Tamanduateí deverá merecer um diagnóstico específico, por parte deste Plano Diretor [...]”.

pleiteada para receber um grupo de bombas que auxiliariam no controle de drenagem da BHAT.

3.3.5 Navegação e Abastecimento

A atividade hidroviária, como qualquer outro modal, é responsável por certo número de potenciais impactos ambientais. Poluição das águas e do ar, interferência no meio causada por esteiras (formação de ondas e turbilhonamento na água), descartes de rejeitos sólidos e de esgoto pelas embarcações, derramamentos acidentais de produtos perigosos. Os impactos ambientais do transporte hidroviário variam de rio para rio, de um projeto de transporte para outro. Algumas vias apresentam uma suscetibilidade maior que outras à ação de fatores que causam impactos: margens sujeitas a instabilidades, possibilidade de interferências no ciclo de vida de espécies subaquáticas, etc. (PADOVEZI, 2005) outras possuem maior grau de sensibilidade e vulnerabilidade em decorrência dos usos aos quais se destinam suas águas. A navegação nos mananciais, conforme previsto no projeto do Hidroanel, deve antever os riscos decorrentes de sua atividade de tal forma criar modelos de operação que minimizem estes riscos, tornando-o compatível com a função de abastecimento destes corpos d'água.

3.3.5.1 Hidroanel metropolitano e sistema de abastecimento – Interfaces

O projeto do Hidroanel prevê a navegação em dois reservatórios (Billings e Taiacupeba) que tem como função prioritária o abastecimento da RMSP (ver fig. 84, p.223), esta sobreposição de funções hierarquicamente definida ²¹⁰ faz emergir condicionantes específicas à navegação frente ao abastecimento humano, e estas

²¹⁰ A Lei n. 9.433, de 1997, instituiu o princípio dos usos múltiplos como uma das bases da Política Nacional de Recursos Hídricos. Em cenários de escassez, a prioridade de uso da água é dada ao abastecimento humano e à dessedentação de animais, mas outros usos, tais como, navegação, geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento industrial e lazer, não possuem ordem de prioridade definida.

incidem tanto nas quantidades dos recursos hídricos presentes nos mananciais, fruto das perdas hidráulicas decorrente da eclusagens, quanto nas suas qualidades, advindo dos possíveis contaminações pela atividade hidroviária em águas de mananciais. Na concepção do projeto do Hidroanel, entretanto, foram adotadas medidas que tem como objetivo não só minimizar possíveis impactos como, também, ampliar a segurança do sistema de abastecimento por meio de obras consorciadas a este sistema.

Tendo em vista o alto grau de sensibilidade destas represas, o estudo de impactos ambientais será uma etapa crucial para a viabilização do projeto²¹¹. O principal impacto ambiental que a operação do transporte hidroviário²¹² pode acarretar é a contaminação das águas em decorrência de acidentes hidroviários e este problema se torna mais grave à medida que aumenta o potencial poluidor ou contaminante das suas cargas transportadas (ANA, 2005; PADOVEZI, 2003).

Embora reduzidos, outras implicações de atividade hidroviárias podem ter desdobramentos na qualidade das águas como o desprendimento de óleos motores decorrentes do tipo de propulsão das embarcações (PADOVEZI, 2003). Operações de manutenção comuns ao sistema hidroviário, os processos de dragagem, se forem realizadas em corpos hídricos com altos índices de contaminação, podem se desdobrar em problemas mais sérios, tendo em vista que o revolvimento do material contaminado em deposição²¹³ acarreta o crescimento da carga contaminante dissolvida nas suas águas. Estas obras, no entanto, são na maioria dos casos de pequeno porte, concentradas

²¹¹ Alguns aspectos são prioritários para a análise de interferências ambientais fruto da navegação em áreas sensíveis: A existência de passagens em áreas de preservação ambiental junto à hidrovía deve ser acompanhada de um cuidado na alocação de terminais, preferencialmente evitando essas regiões; Podem existir efeitos de ondas decorrentes da passagem das embarcações que incidam na estabilidade das margens do rio; Possíveis efeitos sobre a fauna e a flora dentro do rio podem acontecer em decorrência dos aumentos de turbulência e de turbidez da água, particularmente em trechos rasos, ocasionado pela passagem do comboio (jatos dos propulsores e ondas do casco); Deve-se realizar uma estimativa de quantidade da emissão de poluentes pelos motores do empurrador durante a passagem por cada trecho da hidrovía. (PADOVEZI, 2003)

²¹² A navegação já existe na Billings, através rotas que atualmente cruzam o reservatório são operadas pela EMAE, mas existem propostas de outras travessias. O Estudo preliminar de viabilidade da Hidrovía Metropolitana classificou como perfeitamente viável tanto o transporte de cargas como de passageiros nesta represa, uma vez que a qualidade das suas águas não está tão comprometida como acontece com os rios Tietê e Pinheiros. (FAT, 2004)

²¹³ O aumento da turbidez da água é um dos efeitos da passagem das embarcações sem função de sucção e jato dos propulsores (PADOVEZI, 2003). Este efeito que pode ter consequências perigosas em decorrência das características dos materiais em deposição no fundo da represa pode ser controlado, como afirma PADOVEZI (2003, p.58), com a “[...] redução da velocidade de passagem do comboio por determinado trecho, a fim de minimizar as interferências com margens e fundo do rio”.

ou limitadas a trechos de pequena extensão que imponham algum tipo de restrição às calhas fluviais (ANA, 2005).

A posição da SABESP²¹⁴ frente ao relatório do Plano SANESP resume boa parte destes cenários onde a atividade hidroviária poderia ter algum impacto negativo nas águas dos mananciais, este mostrava preocupação frente a possibilidade de acidentes envolvendo transporte hidroviário, particularmente em casos de transporte de cargas poluentes, bem como com o potencial poluidor decorrente das operações portuárias e das embarcações em áreas de manancial, tal como limpeza dos compartimentos de cargas, o vazamento de combustíveis, o desprendimento de óleos motores e a disposição de esgotos sanitários das embarcações, o que tornaria, na leitura da SABESP, a navegação incompatível com a finalidade do reservatório.

Em Face a este grupo de questões levantadas pela SABESP, existe uma série de ações e medidas que minimizam os possíveis impactos da navegação em áreas sensíveis, sendo eles (PADOVEZI, 2003):

- A implementação das tecnologias disponíveis às embarcações modernas que permitam baixa taxa de emissão de poluentes, seguindo recomendações e referências bastante restritivas. À exemplo da hidrovia do rio Reno, onde vigora norma de emissões máximas para motores em embarcações fabricadas a partir de janeiro de 2002 (CCNR, 2002) ²¹⁵.
- Elaboração de normas e fiscalização para manutenção periódica dos motores, com enfoque na regulagem, influenciando nas emissões resultantes.
- Escolha de combustíveis menos poluentes como o álcool, combustível com menor potencial de contaminação (PADOVEZI; GIRALDO, 1986) ²¹⁶.
- Restrições quanto ao número de embarcações em tráfego junto aos trechos mais sensíveis.

²¹⁴ Memorando 057-A/82 da SABESP, emitido em 21/10/1982, sobre a primeira versão do Relatório Setorial Nº 16 “Condicionantes à Navegação Fluvial” do Plano SABESP, publicado setembro/1982.

²¹⁵ CENTRAL COMMISSION for the NAVIGATION of the RHINE (2002) Amendment of the Rhine Vessel Inspection Regulations – Chapter 8a: Exhaust and pollutant particle emissions from diesel engines. CCNR, January, 2002.

²¹⁶ PADOVEZI, C. D.; GIRALDO, A. (1986) Utilização de combustíveis alternativos em um comboio fluvial. IPT Comunicação Técnica No. 1651. 12 p., 1986.

- Adoção de embarcações com dimensões adequadas e velocidades máximas fixas, com o intuito de minimizar o revolvimento dos materiais sedimentados nas represas. Com pequeno nível de ruído e baixas taxas de emissão de poluentes.
- Adoção de tecnologias construtivas que incrementem a segurança contra acidentes para o transporte, como embarcações construídas com cascos duplos, medida já prevista pelo projeto do Hidroanel (GMF, 2011).
- Adoção de ações de cunho regulatório que aumentem o nível de segurança do sistema como um todo, tais como Fiscalização eficiente, uso de embarcações e equipamentos adequados às exigências da via com tripulações bem treinadas.
- Elaboração de procedimentos de segurança tal como a utilização de barreiras flutuantes ao redor das embarcações durante as operações de carga e descarga. Já que uma grande parte dos derramamentos de óleos ocorre nos terminais e esta ação pode evitar danos ambientais em caso de acidente.
- Adoção de tanques de armazenamento de esgoto tratado e de resíduos sólidos nas embarcações e a implementação de equipamentos e depósitos para bombear e receber resíduos armazenados pelas embarcações nos Terminais e Portos.

Tendo em vista as restrições e cuidados que a navegação em áreas de mananciais impõe para o contexto metropolitano, a implementação de um sistema hidroviário neste trecho deverá, conforme defende PADOVEZI, (2003), realizar as comparações entre os resultados econômicos das várias alternativas de projeto e de operação e projeto das embarcações, tendo estes passado pelos critérios definidos de segurança e impacto ambiental, e a partir daí se definir a embarcação mais adequadas para esta hidrovía.

A operação hidroviária em região de mananciais também acarreta impactos quantitativos nos recursos hídricos destinados ao abastecimento, as eclusagens demandadas pelo fluxo de embarcações neste trecho da hidrovía ocasionam perdas hídricas que decorrem do esvaziamento das câmaras das eclusas. O plano SANESP dimensionou estas perdas concluindo que os escoamentos para este fim eram desprezíveis, gerando reduções de 1 a 2% das vazões disponíveis para o abastecimento

público. Estes valores devem ser atualizados de acordo com um estudo de tráfego aplicado às demandas previstas para o Hidroanel (SANESP, 1983).

Frente ao cenário de escassez, a adoção de eclusas especiais pode reduzir o consumo de água dos mananciais, reduzindo ainda mais a sua demanda pelas operações hidroviárias. Eclusas com sistemas de câmaras de recuperação, por exemplo, permitem a economia de até 60% de águas naseclusagens (SANESP, 1983).

Como visto, os impactos relativos à operação portuária e das embarcações podem ser combatidas por meio de códigos e procedimentos destas operações e com a adoção de tecnologias compatíveis com as restrições impostas pelo uso das águas para o abastecimento público. Este equacionamento poderá ser considerado como bem sucedido, quando for eficiente, seguro e com baixo impacto ao meio ambiente. A busca pela menor interferência ambiental e, no contexto do Hidroanel, na preservação da qualidade e quantidade das águas dos mananciais, faz com que os custos sociais associados à utilização dos rios como vias de transporte sejam os menores possíveis, principalmente quando confrontados com os custos sociais de outros modais de transportes (PADOVEZI, 2003).

3.5.1.1 Conexão Billings-Tamanduateí

O excedente de águas durante o verão, quando acontecem as maiores chuvas e a escassez hídrica grave gerada no período de estiagem fazem com que a criação de mecanismos para regularizar estes ciclos e armazenar estas águas torne-se estratégica para a segurança hídrica da RMSP (SILVA, 2012). As soluções para o controle de inundações que tenham como pressuposto exportar água da bacia se permitem responder à imediata demanda da macrodrenagem, mas não dão respostas ao déficit anual que rege a disponibilidade hídrica da Bacia.

Neste contexto se insere outro ponto importante de contato do projeto do Hidroanel com as demandas do abastecimento público, trata-se da conexão Billings-Tamanduateí, que implica a transferência de grandes volumes entre corpos hídricos de classes distintas. Equacionar a dimensão deste problema envolve pensar quais

estratégias de bombeamento, reservação e tratamento seriam implementados com o intuito de que o manejo das quantidades deste recurso não entre em conflito com a gestão das qualidades do mesmo. O uso de modelos de despoluição direta, conforme foi testado em alternativa (sistema de flotação) junto ao rio Pinheiros, poderá ser uma medida viável para esta situação (COSTA; NUCCI; SILVA, 2012), ressaltando que a qualidade das águas bombeadas pelo Tamanduateí em função de uma menor área de influência urbana drenada, possuirá índices de poluição menores às revertidas pelo canal do Pinheiros, facilitando os processos diretos de despoluição.

A possibilidade desta reversão exige na sua gestão a articulação entre quantidades e qualidades das águas urbanas (SILVA, 2012) ²¹⁷. A medida que o projeto Tietê avance, se aproximando da universalização do serviço, e assumindo que os planos de bacia se instaurem permitindo gerenciar as vazões afluentes e as suas qualidades por meio de soluções específicas, conforme previsto nos termos de referência do PDMAT III, podemos imaginar associações entre controle de poluição e controle de enchentes alinhadas com as atuais diretrizes do Plano Municipal de Drenagem²¹⁸. Neste contexto as qualidades das águas superficiais durante as chuvas tenderiam a melhorar, podendo se estudar cenários onde estas sejam utilizadas para fins menos nobres, tal como hoje acontece com as águas de reuso das ETE's, reduzindo a pressão de consumo sobre os mananciais de abastecimento.

Equacionada a questão das qualidades, que deverá ser objeto de estudo específico, as reversões propostas no projeto do Hidroanel se tornam um mecanismo estratégico para a macrodrenagem já que permitirá a alimentação da Billings por meio do Tamanduateí, retirando volumes importantes de pontos críticos da macrodrenagem no rio Tietê, além do próprio aumento da eficiência energética desta reversão haja vista o bombeamento das águas em cotas já próximas às da represa.

²¹⁷ Silva, R. T. Seminário Integração Metropolitana: Novos Desafios em Saneamento e Gestão de Recursos Hídricos. São Paulo, 2012.

²¹⁸ O Manual prevê a adoção de um sistema que acumule as primeiras águas das chuvas, detentoras de grande parte da poluição difusa carregada, derivando estes volumes para o tratamento adequado junto às Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). Manual de drenagem e Manejo das Águas Pluviais. Secretaria de Desenvolvimento Urbano – Prefeitura do Município de São Paulo, 2012.

3.5.1.2 Conexão Billings-Taiaçupeba

A principal ligação hidroviária proposta pelo projeto do Hidroanel, a conexão Billings-Taiaçupeba, permitirá níveis importantes de articulação entre gestão hídrica e abastecimento. As águas captadas nas cabeceiras do Alto Tietê poderão ser bombeadas, com níveis de pureza próximos, para o braço do rio Grande da represa Billings e vice-versa. Este trajeto entre cabeceiras evita a influencia das áreas urbanas (poluição direta e difusa) na qualidade dessas águas, que devem ser destinadas ao seu uso mais restritivo - o abastecimento público da RMSP. A construção do Canal Lateral de Interligação entre as represas terá 17 km de comprimento e 30m de largura, e possibilitará o controle do nível de suas águas, servindo como conduto do excesso de água do sistema Tietê cabeceiras ou do sistema rio Grande, através de estação elevatória e vertedouro (COSTA, NUCCI, SILVA; 2012), aumentando a capacidade de represamento total do sistema integrado.

3.4 Desafios para a efetivação da hidrovía metropolitana

Ao longo do processo de urbanização e metropolização do século XX as relações de trocas hídricas com as bacias vizinhas se intensificaram assim como os níveis de produção e demanda destes recursos sejam as necessidades de descargas durante as chuvas com o aumento constante das vazões e do nível de poluição seja a demanda dessa água para o abastecimento de uma população que, com maior ou menor intensidade não parou de crescer.

O projeto do Hidroanel se insere em uma bacia que convive com uma grave escassez de recursos hídricos, mas, ao mesmo tempo, se depara com grandes volumes de águas decorrentes das chuvas intensas que acontecem comumente no verão. A gestão entre quantidade e qualidades necessária à bacia é, também, a questão central para o funcionamento da navegação neste contexto, seja para se garantir as condições hidroviárias seja para que a operação desta não deprecie ou, ao revés, incremente as

condições de operação dos demais sistemas associadas a essas duas variantes, conforme analisados ao longo deste capítulo.

Questões urbanas ocupam papéis importantes na hora de se viabilizar o projeto do Hidroanel. Uma das medidas para se preservar as condições para a sua implementação seria ade garantir, conforme já previa o plano SANESP em 1983, a disponibilidade de áreas públicas para a alocação dos portos de integração intermodal decretando esses pontos estratégicos como áreas de interesse público (BUSSINGER, 2011) (SANESP, 1983).

A implantação das marginais muito próximas ao canal do Pinheiros e Tietê constituem uma grande dificuldade para a alocação dos portos de transbordo para o sistema hidroviário metropolitano (SANESP, 1983) Nos estudos realizados pelo PUB, em 1985, foram adotadas medidas semelhantes na tentativa de se preservar uma área de 500.000m² entre a barragem de Edgard de Souza e Carapicuíba como área destinada a locação de um terminal portuário ligado à extensão da Hidrovia Tietê-Paraná até o Alto Tiete e uma possível conexão com a Bacia do Paraíba do Sul ²¹⁹. A implantação dos portos junto aos rios Pinheiros e Tietê talvez exija, em alguns pontos, o desvio das marginais em decorrência da falta de espaço (SANESP, 1983). A região do Parque ecológico não sofrerá deste problema já que a distância entre as marginais e o rio neste trecho não geram impedimentos a implantação destes equipamentos. Também a jusante da ponte de Osasco ainda existem terrenos que podem ser estratégicos para a implementação desse grupo de equipamentos e que devem ser preservadas para tal (FAT, 2004).

As obras civis destinadas à navegação, que foram implementadas parcialmente ao longo do século XX, têm sofrido pressões em decorrência das demandas crescentes da drenagem metropolitana, a exemplo das câmaras de eclusa que foram executadas junto ao sistema de barragens do rio Pinheiros, que, embora houvesse a obra civil, não eram utilizadas por não possuírem os equipamentos mecânicos necessários para a eclusagem de embarcações, permitindo a sua operação apenas em regime precário para embarcações de serviço. O caso da represa de Pedreira é um anúncio do que deve ser

²¹⁹Conexão analisada e defendida por uma série de estudos feitos ao longo do século XX, a exemplo dos Estudos do Serviço de Melhoramentos do Vale do Paraíba, em 1941; o Plano Urbanístico Básico da Prefeitura do Município de São Paulo, em 1965; o Estudo Sumário da Canalização para a Navegação do Sistema Tietê-Paraná, em 1967.

evitado, a câmara da eclusa que existia junto a barragem foi utilizada como célula para alocação de bombas com o intuito de aumentar a capacidade de reversão do Pinheiros, parte da política de controle das enchentes no Tietê (FAT, 2004). A câmara da eclusa de Traição, da mesma forma, tem sido solicitada para o mesmo propósito podendo se tornar uma economia para as obras de macrodrenagem, mas uma deseconomia para a navegação (BUSSINGER, 2012).

A Agência Nacional das Águas, em relatório sobre a interface da navegação interior com os demais setores usuários de recursos hídricos, aponta a necessidade de o setor hidroviário inserir-se no sistema nacional de recursos hídricos através da solicitação da outorga de uso dos recursos hídricos para cada trecho em que tenha interesse de garantir condições de navegabilidade. (ANA, 2005) Esta medida implica dimensionar em termos quantitativos as demandas do sistema hidroviário e a repercussão deste uso nas demais demandas dos sistemas usuários deste recurso em uma bacia.

A garantia de navegação no trecho de conexão das bacias depende de um estudo dos impactos positivos e negativos da navegação naquele trecho. O fato do Plano Nacional de Recursos hídricos determinar como uso prioritário o Abastecimento faz das áreas de mananciais, regiões especialmente sensíveis, ter um caráter estratégico pra o desenvolvimento da RMSP. Um plano de Segurança das Águas²²⁰ poderia incorporar a navegação como uso, mas também como agente potencialmente contaminante, elencando as medidas de segurança e restrições de tipos de cargas, tipos de embarcações e procedimentos de operação em águas destinadas ao abastecimento urbano. Medida análoga seria um plano de gestão de risco, como defende Padovezi (2003), onde seriam adotadas todas as medidas possíveis de segurança e de remediação de riscos, passando do estudo aprofundado dos tipos de embarcações e de propulsão ao equacionamento e caracterização dos tipos de cargas, de acordo com o potencial contaminante, permitidas em cada trecho da hidrovia.

²²⁰ Os Planos de Segurança da Água envolvem avaliação contínua do sistema, monitorização operacional, adoção de planos de gestão associados a medidas de vigilância independente. Neles busca-se identificar os perigo e ameaças, agindo-se na prevenção e redução das possíveis contaminações (VIEIRA, 2005).

CONCLUSÃO

A navegação, na história moderna, esteve sistematicamente ligada aos diferentes programas de aproveitamento hídrico. Desde o Tennessee Valley Authority até os recentes programas de metas europeu (White Paper)²²¹, o discurso do aproveitamento hídrico e dos usos múltiplos conciliou esta função aos demais sistemas hídricos urbanos e territoriais.

A navegação, que hoje parece algo distante à realidade da metrópole de São Paulo, esteve intimamente ligada ao desenvolvimento desta cidade até a década de 50 e, posteriormente, esteve presente como um ator anônimo do desenvolvimento metropolitano, representado em diversos planos e obras que, com maior ou menor intensidade, regeram a reorganização da sua hidromorfologia, os interesses hidroviários constituíram parte dos critérios técnicos que determinaram seus sistemas de canais, reversões, pontes e represamentos, compondo um conjunto de obras que guarda os testemunhos físicos desta história oculta e que anunciam, hoje, um sistema de navegação ainda em estado embrionário.

O projeto do Hidroanel Metropolitano resgata a navegação como perspectiva promissora para o conjunto de sistemas metropolitanos. A concepção hidroviária do projeto, analisada de um ponto de vista setorial, como visto neste capítulo, possui poucos entraves para a sua efetivação no trecho metropolitano, estando submetida a conclusão de obras civis pontuais. O grande desafio para a efetivação do projeto do Hidroanel Metropolitano, no entanto, está no equacionamento das interfaces com os demais setores usuários, aspectos que se ampliam devido a sua concepção como obra de múltiplo escopo, que visa auxiliar a manutenção de um conjunto de funções urbanas complementares referentes ao Complexo Hídrico Metropolitano.

Embora conceitos estruturantes do projeto do Hidroanel como usos múltiplos e as operações múltiplo escopo tenham sido temas recorrentes na elaboração de diversos planos de melhoramentos e transformação dos rios urbanos da cidade de São Paulo ao longo do século XX, dificilmente se conseguiu articular, com a envergadura pensada,

²²¹ United Nations Economic Commission for Europe. White Paper on Efficient and Sustainable Inland Water Transport in Europe. Geneva, 2011.

ações e associações multisetoriais nas práticas do conjunto de sistemas urbanos. A visão integradora de aproveitamentos múltiplos que acompanhou estes projetos, em maior ou menor escala, não foi amparada por uma estrutura institucional que conseguisse promover as diversas correlações necessárias a implementação dos mesmos.

Sem dúvida a complexidade urbana que existe hoje dificulta a operacionalização desta integração (SILVA, 2012)²²² e encontrar mecanismos institucionais que permitam desenvolver formas de cooperação e articulação entre setores é um dos grandes desafios para a gestão metropolitana neste século. A Integração se torna, no atual contexto metropolitano, um mecanismo para enfrentar questões com maior eficiência, problemas urbanos que, muitas vezes, não poderiam ser equacionados dentro da especificidade de cada setor (NUCCI COSTA E SILAVA, 2012).

Apesar de alguns descompassos entre possibilidades técnicas previstas nos planos analisados e a realidade das estruturas político-administrativas da máquina pública, ao olharmos para o complexo hídrico metropolitano (ver fig. 33, 34 e 35, p. 290 e 291) o aproveitamento dos recursos hídricos caminhou, devido as suas características, rumo a interdependências múltiplas entre os sistemas de saneamento²²³, e por mais que o Poder Público não consiga implementar plenamente algumas ações dentro de sua prática institucional, a dimensão física e infraestrutural do CHM se desenhou a partir do compartilhamento de usos dos recursos hídricos na BHAT.

Como resposta às inúmeras restrições às vazões condicionadas pelas capacidades do sistema de macrodrenagem, a adoção das duas vias de reversão somadas à capacidade de reserva dos lagos propostos à montante da penha formam um conjunto de obras, previstas pelo projeto do Hidroanel, que aumentariam a resiliência do sistema de macrodrenagem frente a eventos chuvosos extremos, eventos que tem aumentado em constância e imprevisibilidade, permitindo que o conjunto das infraestruturas de drenagem opere com maior leque de alternativas e maior margem de segurança. A natureza dessas propostas, contidas no projeto do Hidroanel, assim como outras que foram analisadas ao longo deste trabalho, reside na articulação voltada ao

²²² Silva, R. T. Seminário Integração Metropolitana: Novos Desafios em Saneamento e Gestão de Recursos Hídricos. São Paulo, 2012

²²³ A exemplo do reservatório Billings que comporta interdependências entre os sistemas de abastecimento público, controle de cheias por reversão e geração de energia.

potencial de integração entre setores distintos, dentro de uma conjuntura metropolitana de gestão dos escassos recursos hídricos da BHAT, e é neste contexto que reside a importância destes projetos, mais do que por seus méritos específicos e setoriais voltados à implantação de um sistema hidroviário na RMSP (COSTA; NUCCI; SILVA, 2012).

Se os Estudos da primeira Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê, coordenada por Saturnino de Brito, mostram um amplo nível de integração funcional no projeto das obras hidráulicas que constituiriam o conjunto de sistemas urbanos usuários de recursos hídricos na BHAT, o Plano SANESP estudou as principais interferências durante a operação dos distintos sistemas, apontando para uma ampla coordenação horizontal e articulação intersetorial do Complexo Hídrico Metropolitano. O Projeto do Hidroanel, herdeiro desses projetos, deverá enfrentar questões análogas já que propõe uma série de obras que possuem um caráter múltiplo escopo e de compartilhamento de infraestruturas e setores operacionais dos diferentes setores usuários dos recursos hídricos bem como de gestão das quantidades e qualidades em consonância às demandas funcionais e limites de operação dos distintos sistemas usuários.

O projeto do Hidroanel aponta para um promissor quadro de integração no Complexo Hídrico Metropolitano, o grande desafio imposto pelo atual projeto parece ser justamente o estudo mais preciso das interações entre os distintos sistemas usuários no intuito de reverter o atual quadro de debilidade de algum destes setores, muitos destes, oriundos da própria interação negativa entre as lógicas destes sistemas. Alguns destes estudos foram realizados pelo plano SANESP, como a influência das operações de controle de enchentes nas condições de navegação e das margens de segurança hidroviária durante as mudanças de nível das águas em eventos de chuvas intensas, mas estes devem ser atualizados em função de mudanças significativas, não nas hierarquias, mas nas capacidades hidráulicas do sistema, haja vista o aprofundamento das calhas do Tietê e do aumento das capacidades de bombeamento do conjunto de reversão do rio Pinheiros bem como das condições de urbanização da bacia e do conjunto de reservação advindo dos piscinões, alterando os padrões de escoamento da bacia.

Se a operação hidroviária junto ao leito principal do Tietê encontra a necessidade de integração com os procedimentos de navegação e as operações de controle de enchentes, de aspecto mais conhecido pela literatura técnica (embora não se possa negar as especificidades do comportamento hidráulico de uma bacia de

cabeceira), a navegação a jusante do sistema, junto aos mananciais exigirá um estudo aprofundado dos potenciais impactos da navegação àquele que é o sistema metropolitano mais sensível e crítico atualmente, o abastecimento público.

O projeto do Hidroanel antecipou uma série de medidas como a adoção de embarcações com cascos duplos e de carga containerizada, o estudo da alocação menos impactante dos Tri-portos, à exemplo do Tri-porto Anchieta junto ao corpo principal da Billings (evitando operações portuárias nas águas do rio Grande), a adoção de eclusas com economizadores de água que restringem as perdas hídricas dos mananciais. Todas são medidas factíveis que se alinham com a busca da segurança hídrica da bacia, mas estas soluções, no entanto, são respostas de projeto a questões que ainda não foram quantificadas com precisão, estes estudos deverão ser realizados no futuro para que os setores usuários possam negociar os aspectos finais do projeto hidroviário junto aos trechos mais sensíveis, amparados por dados precisos, que permitam equacionar os limites operacionais de cada sistema junto uma gestão eficiente das quantidades e qualidades dos recursos hídricos para a RMSP.

Tendo em vista as questões que já foram pontuadas pela SABESP²²⁴ com relação à navegação em mananciais de abastecimento, seria necessário um estudo sobre o potencial contaminante das cargas do Hidroanel. A aferição da existência ou não destes riscos e da mensuração das suas margens de segurança serviriam como substrato para a formulação de medidas no campo da gestão. Uma medida possível seria a formulação de um plano hidroviário de ordenação das cargas, contendo critérios de controle e restrição às cargas em função do seu potencial contaminante, o que minimizaria possíveis impactos negativos da navegação ao sistema de abastecimento, permitindo equacionar uma estrutura logística hidroviária em sintonia com a manutenção e melhoria dos padrões de segurança para o abastecimento da RMSP.

Esta articulação regulatória e gerencial entre setores de infraestrutura envolvidos será um passo necessário para a implementação hidroviária na RMSP, e as decisões que balizaram estes acordos técnicos deverão estar pautadas em estudos que aprofundem a análise do funcionamento hidráulico da bacia em função da operação

²²⁴ Memorando 057-A/82 da SABESP, emitido em 21/10/1982, sobre a primeira versão do Relatório Setorial N° 16 “Condicionantes à Navegação Fluvial” do Plano SABESP, publicado setembro/1982.

conjunta dos sistemas hídricos urbanos, a que esta dissertação pretende ser uma pequena contribuição. Conhecer os limites de cada sistema a partir dos cenários críticos mostrando as interdependências entre sistemas correlatos é condição para a construção de um conjunto de serviços hídricos urbanos mais robustos que se ampare na diminuição das vulnerabilidades metropolitanas viabilizando a abertura de novas e legítimas apropriações sociais destes recursos.

BIBLIOGRAFIA

AB'SÁBER, A. **A Revanche das Águas**. Ciência e Ambiente. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Universidade de Santa Maria, n.11, jul.-dez. pp.7-31. 1995.

AB'SABER, A. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Tese de doutorado, FFCLH-USP, São Paulo, 1957.

ADORNO, V. **Tietê: uma promessa de futuro para as águas do passado**. Texto Art Gráfica, São Paulo, 1999.

AHIMOC. **Impacto Ambiental e Econômico na Implantação de Hidrovias no Brasil**. I Fórum Nacional de Hidrovias - IBC São Paulo, 2001.

ALVES, A. P. ; RIBEIRO, H. **A percepção do caos urbano, as enchentes e as suas repercussões nas políticas públicas da Região Metropolitana de São Paulo**. Saúde soc. [online]. 2006, vol.15, n.3, pp. 145-161. ISSN 0104-1290. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902006000300012>.

ANDRADE, C. R. M. de; **A Peste e o Plano: O urbanismo Sanitarista do Engenheiro Saturnino de Brito**. Dissertação de Mestrado, orientador: prof. Dr. Philip Oliver Gunn, FAUUSP, São Paulo, 1992.

AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, **A Navegação Interior e a sua Interface com o setor de Recursos Hídricos**. 2005

AUSUBEL, J. H. ; HERMAN, R. - "Cities and infrastructure: Synthesis and Perspectives", **Cities and their Vital Systems: infrastructure Past, Present, and Future**, Washington D.C., NAP, pp.1-21. BAILLY. 1988

BALDWIN, M.; BURTON, A. **Canals – a new look: studies in honour of Charles Hadfield**. Sussex: Phillimore & CO. LTD., 1984.

- BANAS S.A. **Possibilidades Hidroviárias da Região de Alto Tietê**. 1964
- BARROS, M.T.; PORTO, R. L.; TUCCI, C.E. M. (orgs.) **Drenagem Urbana**. ABRH/Editora da UFRGS, Porto Alegre, pp.77-105, 1995.
- BORDOGNA, J. Civil Infrastructure Systems: Ensuring Their Civility, **Journal of Infrastructure Systems**, vol.1, nº1, pp. 3-5. 1955
- BERGON, F. **The Journals of Lewis and Clark**. Penguin Books, New York. 2002
- BOTTERAtall, 2011_ Análise Preliminar da Viabilidade de Implantação do Hidroanel metropolitano de São Paulo para o Transporte de Resíduos Sólidos. **7º Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior SOBENA HIDROVIÁRIO**. Porto Alegre, Outubro de 2011.
- BOTTERAtall, 2011_ **Análise Preliminar da Viabilidade de Implantação do Hidroanel metropolitano de São Paulo para o Transporte de Cargas**. Copinaval, Buenos Aires Argentina, 2011.
- BRANCO, A. M. **A Navegação Fluvial no Estado de São Paulo**. 2010. www.adrianomurgel.eng.br. Acessado em 15/01/14.
- BRANCO, A. M. **Das Bandeiras às Marginais, Billings e outros Visionários**. Seminário Navegação na Região Metropolitana de São Paulo, IPT, São Paulo, 2008.
- BRANCO, A. M. **O Futuro do Transporte no Estado de São Paulo**. 2010. Acessado em 15/01/2014. www.adrianobranco.eng.sp
- BRANCO, A. M. **Transporte Rodoviário X Transporte hidroviário**. 2011. Acessado em 15/01/2014. www.adrianobranco.eng.sp
- BRANCO, A. M.; MARTINS, M. H. B.. Navegação Fluvial no Estado de São Paulo. **Revista Engenharia** Nº 579, 2006. p.104-113.
- BRAGA, J.; Benedito P. F.; SILVEIRA A.; TUCCI, C. E. M. Avaliação do impacto da urbanização nas cheias urbanas. In: **Revista Brasileira de Engenharia** Vol.7, nº 1, 1989.
- BRASIL. Lei n. 5.917, de 10 de setembro de 1973. Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 3 novembro 2004.
- BRASIL. Lei n. 6.630, de 16 de abril de 1979. Altera disposições da Lei n. 5.917, de 10 de setembro de 1973, que “aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências.” Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 3 novembro 2004.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal, 2003. 386 p.
- BRASIL. Lei n. 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.senado.gov.br/>>. Acesso em: 3 novembro 2004.
- BRASIL. Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 10 da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/> . Acesso em: 1 março 2004.
- BRASIL. Lei n. 9.611, de 19 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 3 novembro 2004.
- BRASIL. Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 3 novembro 2004.
- BRITO, F. S.; **Obras Completas. Defesa Contra Inundações**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1944, vol. XIX, em particular “Melhoramentos do Rio Tietê na Cidade de São Paulo. 1925

BUSSINGER, F. **Dinamização Hidroviária em SP: Hidroanel Metropolitano**. In: Workshop Hidroanel 12/05/2010. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas na Universidade de São Paulo. 2010.

BUSSINGER, F. **Transportes para a Europa 2050**. 27/07/2011. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

BUSSINGER, F. **Hidrosonho – O Hidroanel Paulistano** 21/11/2013. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

BUSSINGER, F. **Hidroanel (SP): Solução Logística, Urbana e Ambiental**. 2012. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

BUSSINGER, F. **Hidroanel (SP): Hidrovia e o Ambientalismo Anti-ambiental**. 25/03/2012. www.portogente.com.br acessado em 30/12/13.

BUSSINGER, F. Hidroanel Metropolitano de São Paulo. **Seminário Novos Desafios em Saneamento e Gestão de Recursos Hídricos**. São Paulo, 2012

BUSSINGER, F. **Hidroanel Metropolitano e Dinamização da HTP**. Apresentação no Instituto de Engenharia (São Paulo) em 16.09.2009. – <http://ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot2324.pdf> 21.06.2011.

CAMARGO, A. J. . **Sistema de Gestão Ambiental em Terminais Hidroviários e Comboios Fluviais: Contribuições para o Desenvolvimento Sustentável na Hidrovia Tietê-Paraná**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Costa, N (1998) **Ambientalismo Radical Penaliza outra Hidrovia: a Tietê-Paraná**. Disponível em :<<http://www.alerta.inf.br/Transporte/1012.html>> Acesso em: 23 maio. 2008

CETESB. **Gerenciamento de Risco**. [Internet] Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/estudo/etapas_programa.asp> acesso em 15 de maio de 2007.

CETESB. **Ações de Contenção de Vazamentos de óleo**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/vazamento/acoes/contencao.asp > Acesso em 27 de maio de 2007.

CHURCHMAN, C.W. **Introdução à teoria de sistemas**. 2.ed. Petrópolis, Vozes, 1972. 309p.

COMMITTEE ON INFRASTRUCTURE INNOVATION (1987) - **Infrastructure for the 21st century: framework for a research agenda**, Washington, D.C., NAP.

HIDROSERVICE- BRASCONSULT - CESA. **Desenvolvimento Global do Recurso Hídrico das Bacias do Alto Tietê e Cubatão**, 1963.in **INTERNAVE** (1984)

CNEC, **Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo - Plano SANESP– Relatório Setorial Nº 16 – Condicionantes à Navegação Fluvial**, São Paulo. 1983.

DAEE / CNEC. **Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo**, 1981.in **Internave** (1984)

DAEE. **Rio Tietê: Ampliação e Rebaixamento da Calha** - Estudo das linhas d'água entre a barragem móvel e a barragem da Penha para seções com taludes 1:1,3 e 1:1,7. São Paulo, 2003

DELIJAICOV, A. C. P. **Os rios e o desenho urbano da cidade: proposta de projeto para a orla fluvial da Grande São Paulo**. Dissertação de mestrado. São Paulo: FAU USP, 1998.

DNPVN. **Estudo Sumário da Canalização para Navegação de Sistema Tietê**, 1967 in **INTERNAVES** (1984)

DERSA, **Terminal Intermodal de Cargas Leste**, 1981.in **Internave** (1984)

DERSA, **Navegação na Grande São Paulo– Proposta de Implantação a Curto Prazo**, 1993.in **FAT** (2004).

DOMINGOS, S. **Análise e avaliação de possibilidades de sistematização e gestão integrada de sistemas de infra-estrutura urbana**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível

em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-26102004-134109/>>. Acesso em: 2012-01-02.

DUPUY, G. **L'Urbanisme des Reseaux**. Paris. Armand Collin (ed.) 1991.

FERREIRA, L.; HIRATA, R. **Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: Disponibilidade Hídrica e vulnerabilidade à Poluição**. Revista Brasileira de Geociências. V.31, N.1, p.43-50, 2001.

FILIPPO, S. **Subsídios para Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário Interior no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1999.

FLEMING, G. .Learning to live with the rivers. **The ICE's report to the government. Proceedings of the ICE**. Paper 12774. 2002

FUSP – Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. (2002). **Plano da Bacia do Alto Tietê**. Relatório Final. Versão 2.0. Documento disponível na Internet <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ftp/relatorios/CRH/CBH-AT/PBAT%20RELATORIO%20FINAL.pdf>. São Paulo, 2002.

GELERTER, M.; GIRALDO, A.; RIVA, J. C. T.; SUZUKI, J. Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo. Trabalho apresentado no **6º Congresso Panamericano de Engenharia Naval e Transportes Marítimos**, México. Companhia Energética de São Paulo - CESP. São Paulo, 1979.

GIRALDO, A.; RIVA, J. C. T. **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.

GIROLDO, J. **Reservatórios de contenção de cheias existentes na R.M.S.P.: contribuição para análise de projeto, operação e manutenção**. Dissertação (Mestrado). São Paulo, 2003.

GOMES, L.F.A.M; GOMES, C.F.S; ALMEIDA, A.T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo. Atlas, 2002. 264p

GRANT, A. A. Civil Infrastructure Systems: The Big Picture, **Journal of Infrastructure Systems**, Junho de 1995, pp. 78-81.

HERCE, V. **Las infraestructuras de servicios urbanos**, . Ed. Colegio Ingenieros de Caminos.. Barcelona, 1999.

HIDROCONSULT. **Obstáculos à Navegação no Rio Tietê Metropolitano**, 1981.in Internave (1984)

HOGAN, D. J. & MARANDOLA JR. As dimensões da Vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, V.20 nº1, pg. 33-43 jan/mar 2006.

HUBER, W. C. Modelling Urban runoff quality: State of the art. **Proceedings of a Conference on Urban Runoff Quality, Impact and Quality Enhancement Technology**, B., ASCE, 1986.

INTERNAVES, **Projeto de Racionalização do Sistema de Manutenção de Profundidades para Uso da Navegação no Alto Tietê**, São Paulo, 1984.

IPT / CESP. **Transporte Hidroviário de Resíduos Sólidos no Município de São Paulo**, São Paulo, 1978

IPT, **Estudo de Remoção, Transporte e Disposição de Material Sólido do Rio Tietê**, São Paulo, 1982.in Internave (1984)

LOMBARDO, M. A. Vegetação e Clima. In **:III Encontro Nacional sobre Arborização Urbano**: out 14-18. Curitiba; 1990.

MARINHA DO BRASIL. **Navegação Fluvial: Navegação eletrônica e em condições especiais**. DHN/MB, 2006. 62p. Disponível: <<http://www.mar.mil/dhn>> Acesso em 9 de março de 2007.

MONTEIRO, E. V., **Estudo de Programa de Gerenciamento de Riscos para Portos Fluviais**. São Paulo, SP: EPUSP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2003.146p.

FRANCO, M. F. **A construção do caminho: a estruturação da metrópole pela conformação técnica das várzeas e planícies fluviais da Bacia de São Paulo**. São Paulo: tese de doutoramento, FAUUSP, 2005.

MASSARA, V. M. **O perfil da infra-estrutura no Município de São Paulo e sua relação com as transformações de uso do solo: o centro expandido e a região de São Miguel Paulista**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-15072004-104858/>>. Acesso em: 2012-01-02.

MAUBERTEC. **Projeto Básico de Ampliação da Calha do rio Tietê entre a foz do rio Pinheiros e a Barragem da Penha**. São Paulo, 1998

MEYER, R. M. P.; GROSTEIN, M. D.; BIDERMAN, C. **São Paulo Metrópole**. Editora da Universidade de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, pp. 296, 2004.

MEYER, H. **City and port. urban planning as a cultural venture in London, Barcelona, New York, and Rotterdam: changing relations between public urban space and large-scale infrastructure**. Rotterdam: International Books. 1999.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e Normas Técnicas para Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derramamento de Óleo**. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental. Projeto de Gestão Integrada dos Ambientes Costeiro e Marinho. Brasília, 2002.

MONTEIRO, A. G. **Metodologia de Avaliação de Custos Ambientais Provocados por Vazamentos de Óleo**. O estudo de caso do Complexo REDUC-DTSE. Rio de Janeiro, RJ. UFRJ. Tese de doutorado. Programa de Planejamento Energético – PPE/COPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MONTEIRO, E. V., **Estudo de Programa de Gerenciamento de Riscos para Portos Fluviais**. São Paulo, SP: EPUSP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2003.146p.

MOREIRA, R. M. P. **Distribuição de água na região metropolitana de São Paulo: tecnologias da universalização e produção do espaço**. 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-11032010-113104/>>. Acesso em: 2012-01-02.

PADOVEZI, C. D.; **Navegar por São Paulo. Seminário Navegação na região Metropolitana de São Paulo**. IPT, 2008

PADOVEZI, C. D. **Conceito de embarcações adaptadas à via, aplicado à navegação fluvial no Brasil**. São Paulo, 2003.

PADOVEZI, C. D. **Conceito de embarcações adaptadas à via aplicado à navegação fluvial no Brasil**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Naval) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-26112003-154811/>>. Acesso em: 2014-05-04.

PORTO, R.; TUCCI, C.; ZAHED, K. F. Drenagem Urbana. In: **Hidrologia – Ciência e Aplicação**. 2ª edição, Editora Universidade/UFRGS: ABRH, pp.805-847, Porto Alegre, 2001.

PORTO, M.F.A.; SILVA, R.T. Gestão Urbana e Gestão das Águas: Caminhos para a Integração. **Revista de Estudos Avançados da USP** n°17. São Paulo, 2003.

PORTO, R. L. L., BOMBONATO, C., LIBOA H., CASTRO H. L. e SILVA S. A. Sistema de suporte a decisões para a operação de grandes sistemas produtores da SABESP. **Anais do 13º Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**; Belo Horizonte: ABRH, 1999.

SILVA, L. P. **Relatório da Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê**. Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo, 1950.

PROMON, **Retificação e Melhoramento do Rio Tietê –Trecho Guarulhos / Mogi das Cruzes**, 1976 in Internave (1984).

PROMON, Retificação e Outras Melhorias do Rio Tietê, 1977.n Internave (1984).

SANTANA, W. A. **Proposta de Diretrizes para Planejamento e Gestão Ambiental do Transporte Hidroviário no Brasil** (ed. rev). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Souza, M. P.(2000). Instrumentos de Gestão Ambiental: Fundamentos Práticos. Ed. Riani Costa. São Carlos, 2008.

RAASCH, G. E. Urban stormwater control project in a ecologically sensitive area. In: **Proceedings of the International Symposium of Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment control**. College of Engineering Lexington, Kentucky, Jul.27-29, 1982.

REZENDE, J. H. **Um Estudo sobre a Gestão de Resíduos e Efluentes em Marinas, Terminais Hidroviários de Passageiros e Embarcações de Turismo e Lazer no Reservatório de Bariri/ Hidrovia Tietê-Paraná**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

RIVA, J. C. T. **Navegação interior brasileira necessita de planejamento e racionalização**. São Paulo, 1990.

RIVA, J. C. T. Navegação na Região Metropolitana de São Paulo. Departamento Hidroviário. **Seminário Navegação na Região Metropolitana de São Paulo**, IPT, 2008.

ROLNIK, R. Política urbana no Brasil. Esperança em meio ao caos?. **Revista da ANTP**, São Paulo, 2003.

SANTANA, W. A. **Proposta de diretrizes para planejamento e gestão ambiental do transporte hidroviário no Brasil**, Tese de doutorado, ed. rev., Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2008.

SANTANA, W. A.; TACHIBANA, T.. **Caracterização dos elementos de um projeto hidroviário, vantagens, aspectos e impactos ambientais para a proposição de metodologias técnico-ambientais para o desenvolvimento do transporte comercial de cargas nas hidrovias brasileiras**. Disponível em: < http://www.uff.br/engevista/3_6Engvista6.pdf > Acesso em: 21 de outubro de 2011.

SECRETARIA DE TRANSPORTES – DEPARTAMENTO HIDROVIÁRIO. **Transporte Fluvial nos Rios Tietê e Pinheiros**. São Paulo, 1981.inInternave (1984)

SILVA, R. T.; NUCCI, N. L. R.; COSTA, J. J.. Por que integrar? Recursos Hídricos e Gestão Metropolitana. **Anuário da Construção**. Editorial Magazine. São Paulo, 2012.

SILVA, R. T.; NUCCI, N. L. R.; COSTA, J.J.. Recursos hídricos, saneamento e gestão metropolitana. Novos desafios. **Revista Engenharia** (São Paulo), v. 609, p. 102-110, 2012.

SILVA, R. T. .Gestão hidrográfica de bacias densamente urbanizadas”. in FONSECA, R. B.; DAVANZO, A. M. Q. e NEGREIROS, R. M. C. (2002)**Livro verde.Desafios para a gestão da Região Metropolitana de Campinas**. Campinas, Unicamp, Instituto de Economia, 2002.

TEIXEIRA, L. M. de O. B. **A integração das infraestruturas no planejamento do território: o papel das TIC na cultura do planejador**. Dissertação para Doutorado em Engenharia Civil Na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2007.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da Água no Brasil**. 1ª ed. UNESCO, Vol. 1, 132 p., Brasília, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia, Ciência e Aplicação**. EDUSP, São Paulo (SP), 1993.

TUCCI, C. E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas** – Ministério das Cidades – Global WaterPartnership - World Bank – Unesco 2005.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMA, IIE.

USDT. **Environmental Advantages of Inland Barge Transportation** - Final Report.U.S. Department of Transport., USA, 1994

VICTORINO, V. I. Uma Visão Histórica dos Recursos Hídricos na Cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos vol.7**, nº 1 jan/mar., pp. 51-68, 2002.

ZMITROWICZ, Witold. **Infra-estrutura urbana**. EDUSP, São Paulo, 1997. pp.36.

ZMITROWICZ, Witold. **As Obras Publicas de Engenharia e a sua Função na Estruturação da Cidade de São Paulo.** Boletim Técnico do Departamento de Engenharia de Construção Civil BT 05/86

IMAGENS



fig. 08 - Ponte-canal na Alemanha. Fonte: (GMF, 2011)



fig. 09 - Ponte canal, Holanda. Fonte: (GMF, 2011)



fig. 10 - Ponte-canal Erie, Estados Unidos da América. Fonte: (GMF, 2011)



fig. 11- Escada de Eclusas(Caen Hill Locks), InglaterraFonte: (GMF, 2011)



fig. 12 - Diques Longitudinais, Holanda Fonte: (GMF, 2011)

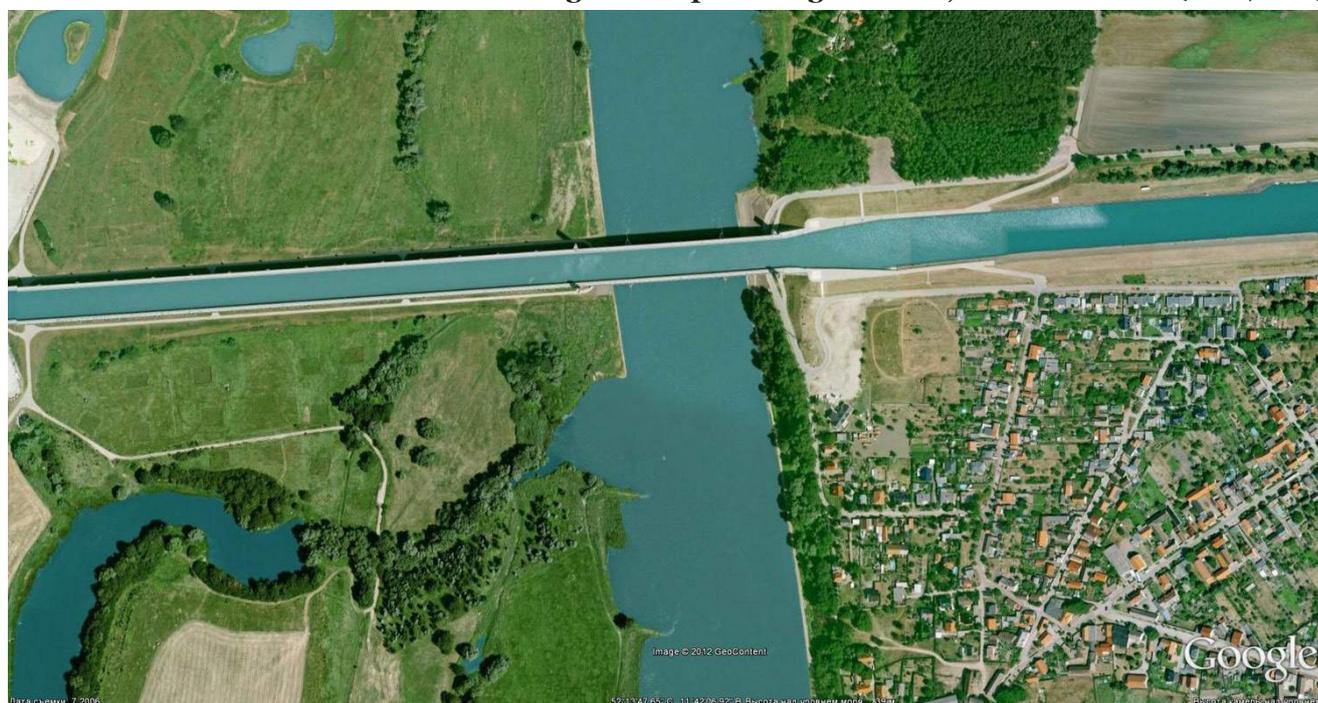


fig. 13 - Magdeburg Water Bridge, Alemanha. Fonte:(GMF, 2011)



fig. 14 -Ponte fluvial Magdeburg, Alemanha. Fonte: (GMF,2011)



fig. 15 - Ruptura do dique de Marchland, Los Angeles Fonte: (GMF, 2011)



fig. 16 - Ruptura de dique, Holanda Fonte: (GMF, 2011)



fig. 17 - Lago Miyagase - abastecimento (Tokyo e Yokohama)/navegação de lazer
Fonte: www.ktr.mlit.go.jp

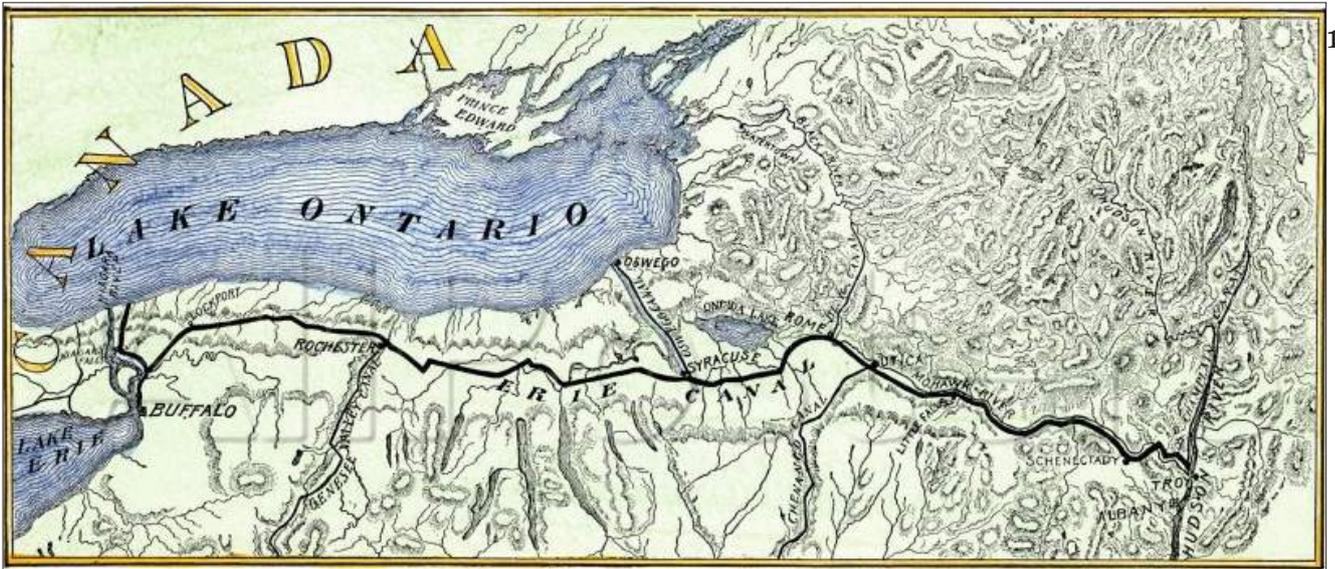


fig. 18 - Erie Canal - Mapa de 1840. Fonte: www.eriecanal.org

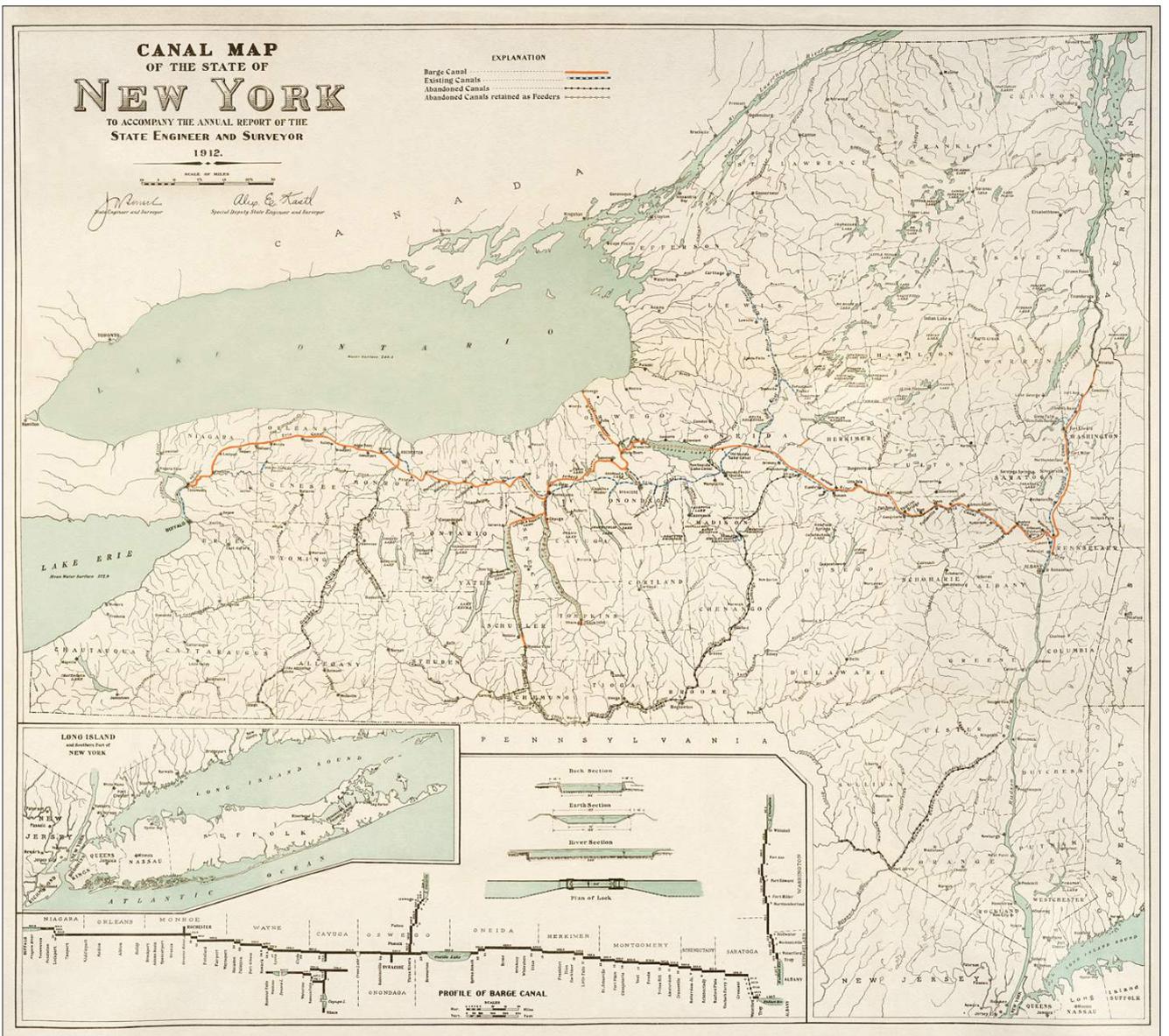


fig. 19 - Mapa de canais do Estado de Nova Iorque. Fonte: www.eriecanal.org

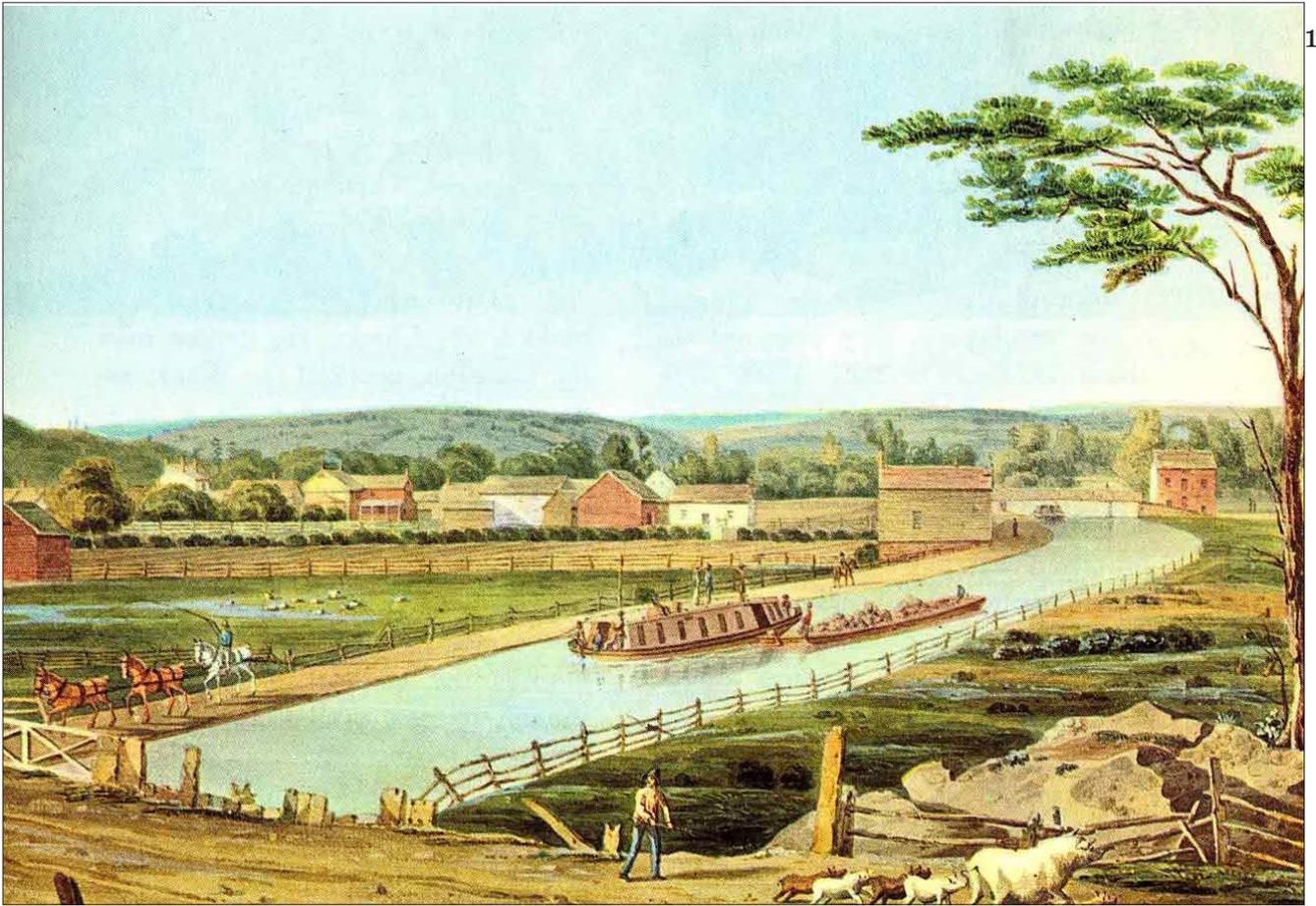


Fig. 20 - Canal Erie Fonte: <www.nycs.com/history/002.html>



Fig. 21 - Canal Erie Fonte: (NYCS, 2006)

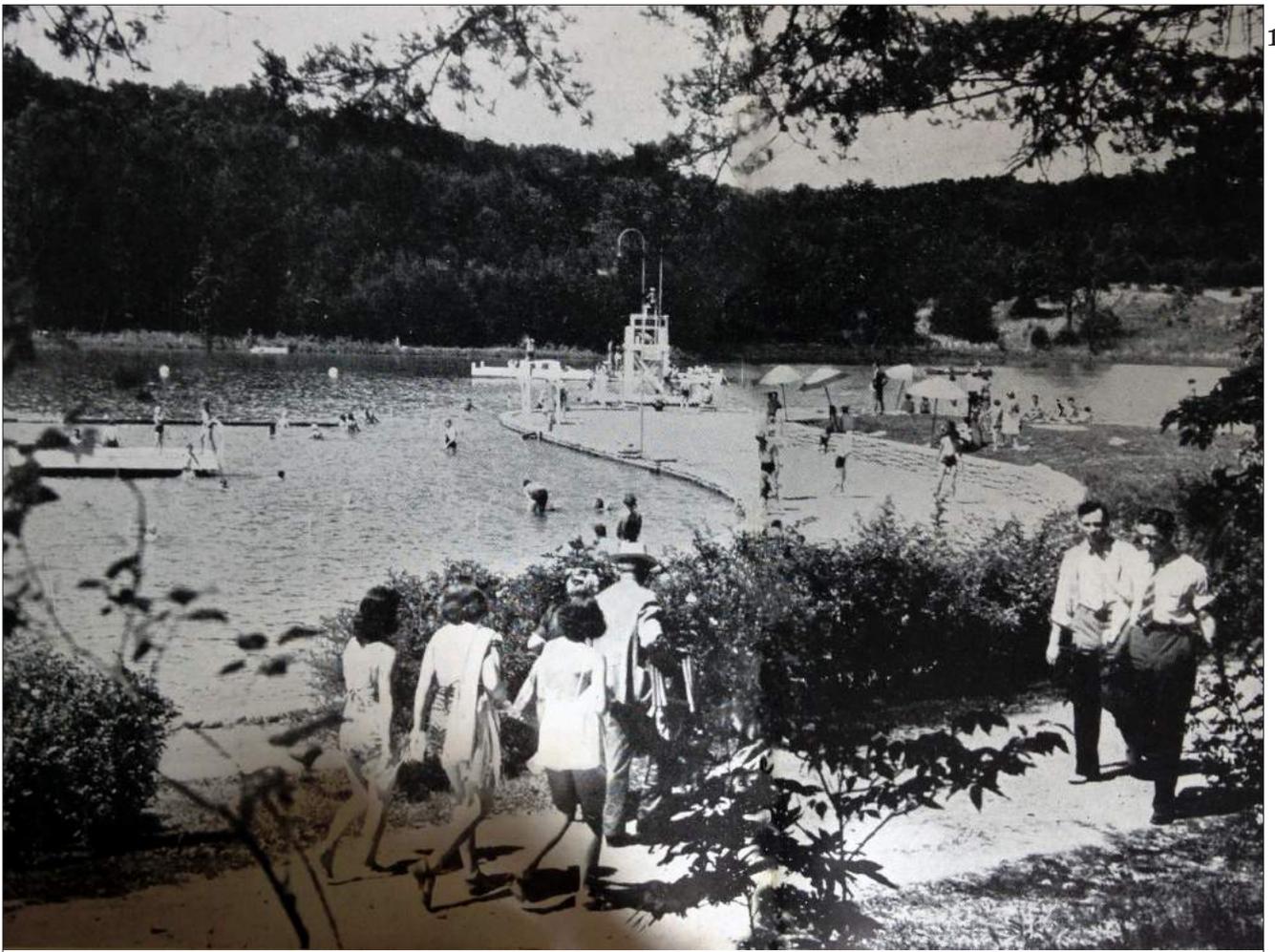


fig.22 - Lazer junto aos represamentos. Fonte: www.tva.gov

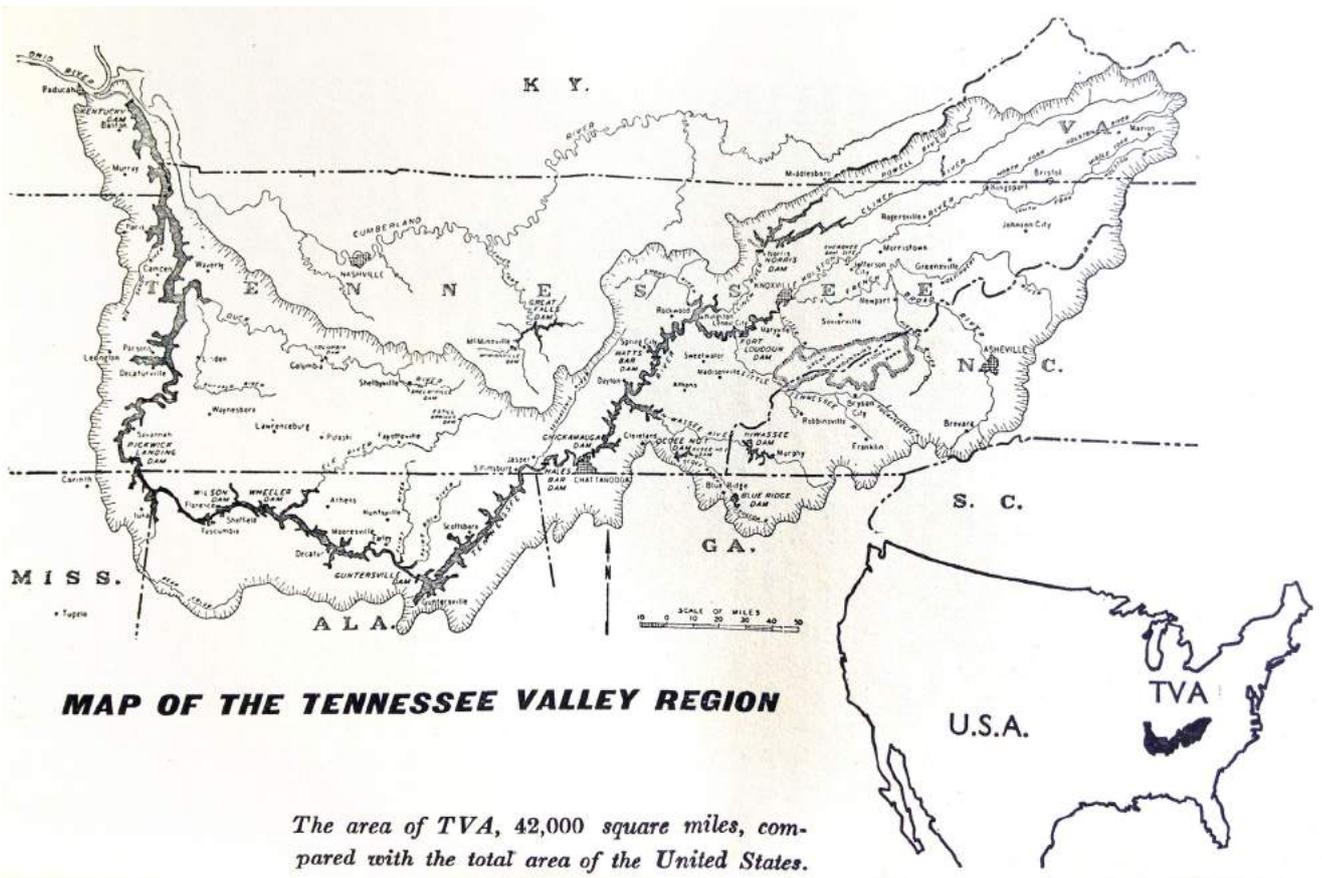


fig. 23 - Mapa da região do Tennessee Valley. Fonte: www.tva.gov

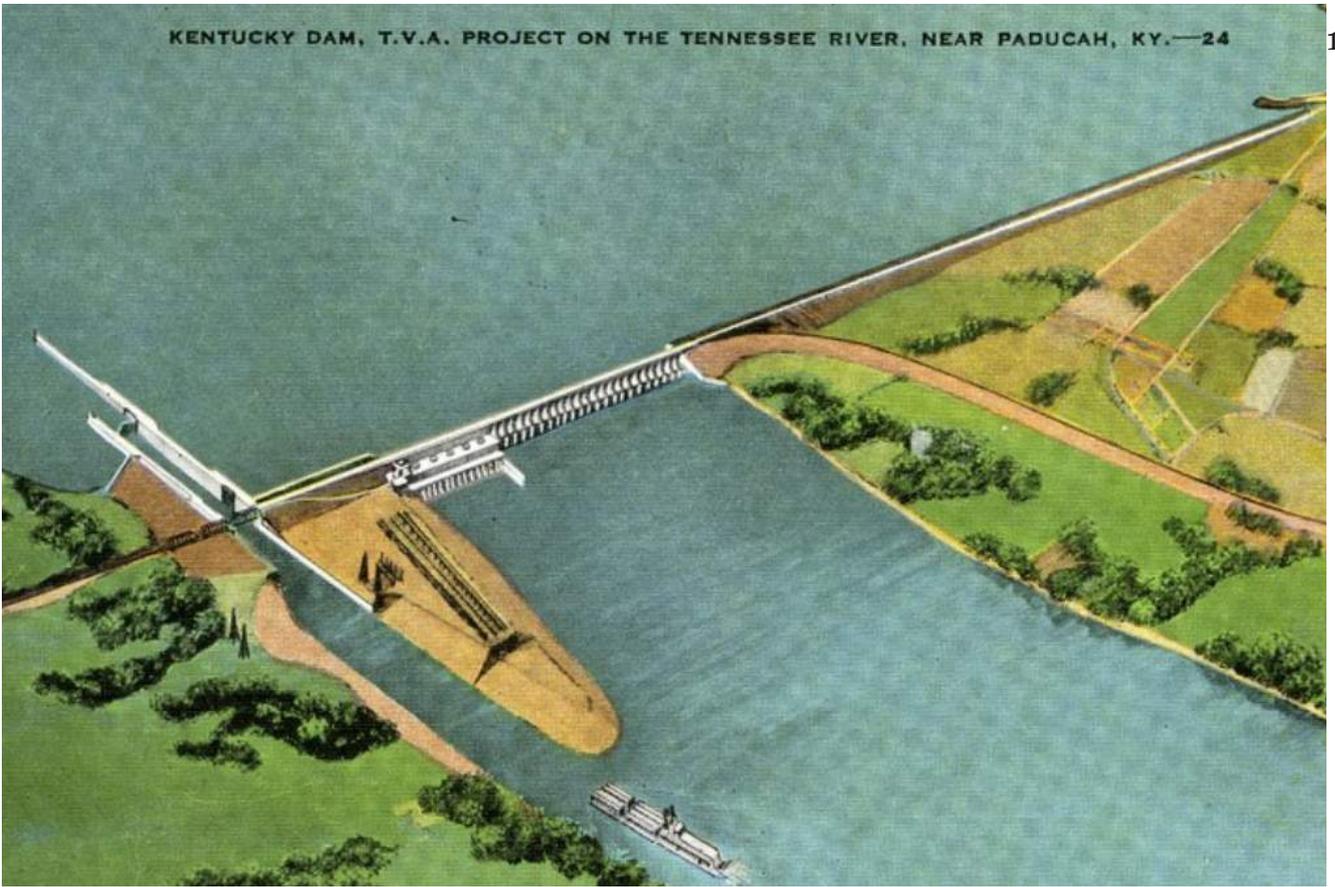


fig. 24 - Barragem com eclusa. T.V.A. Fonte: www.tva.gov

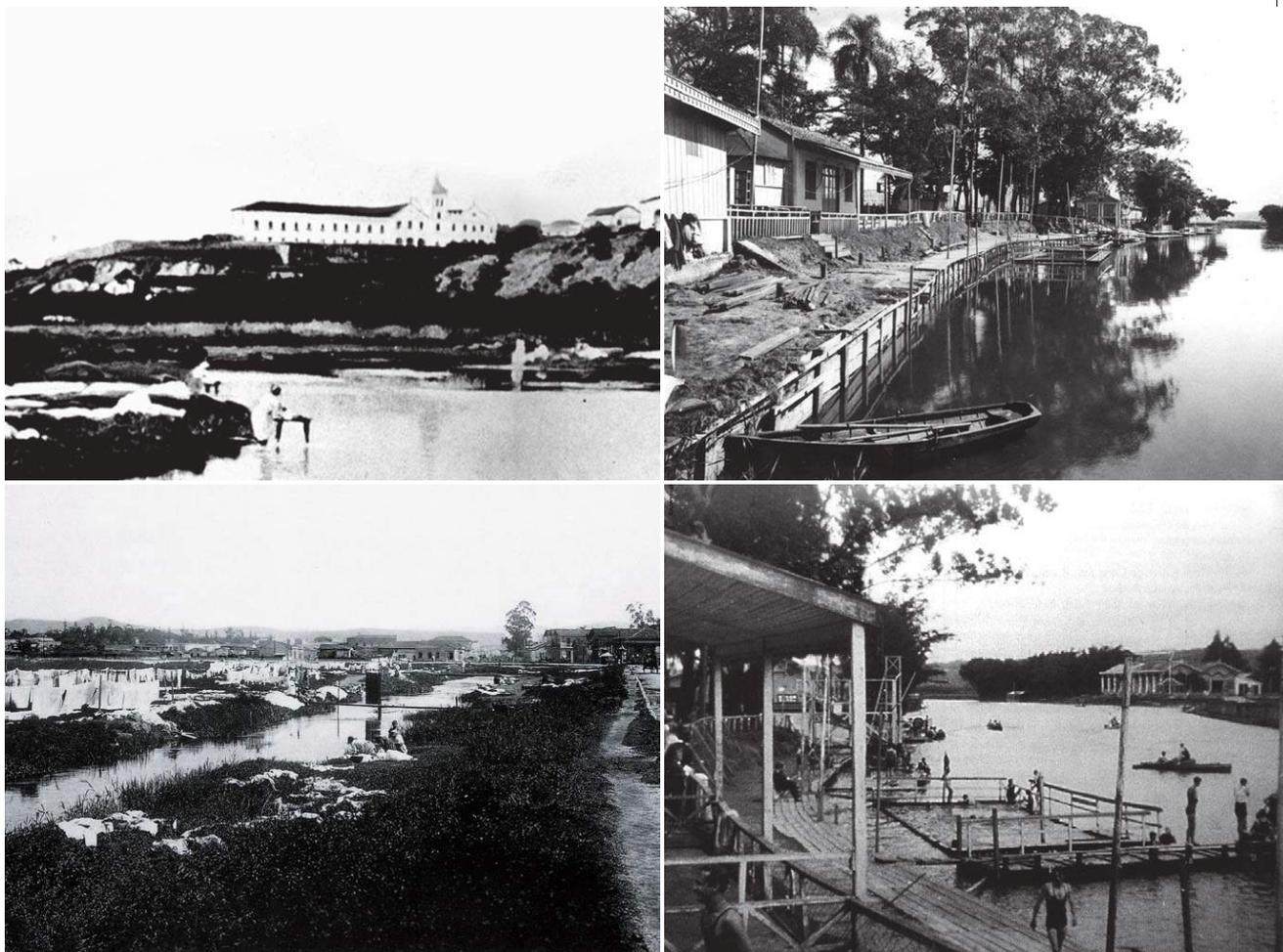


fig. 25 - Situações urbanas dos rios de São Paulo antes das retificações.
Fonte: (FRANCO, 2005)

PLANTAS DA CIDADE DE SÃO PAULO

Mostrando seu Desenvolvimento

ESCALA=1:20.000



fig. 26 - Plantas da cidade de São Paulo mostrando o seu desenvolvimento.

Fonte: Arquivo Público do Estado



fig. 27 - Piratininga/s. paulo - Frammento da Carta Geográfica del Brasil - 1740
 Fonte: (MICELI, 2002)

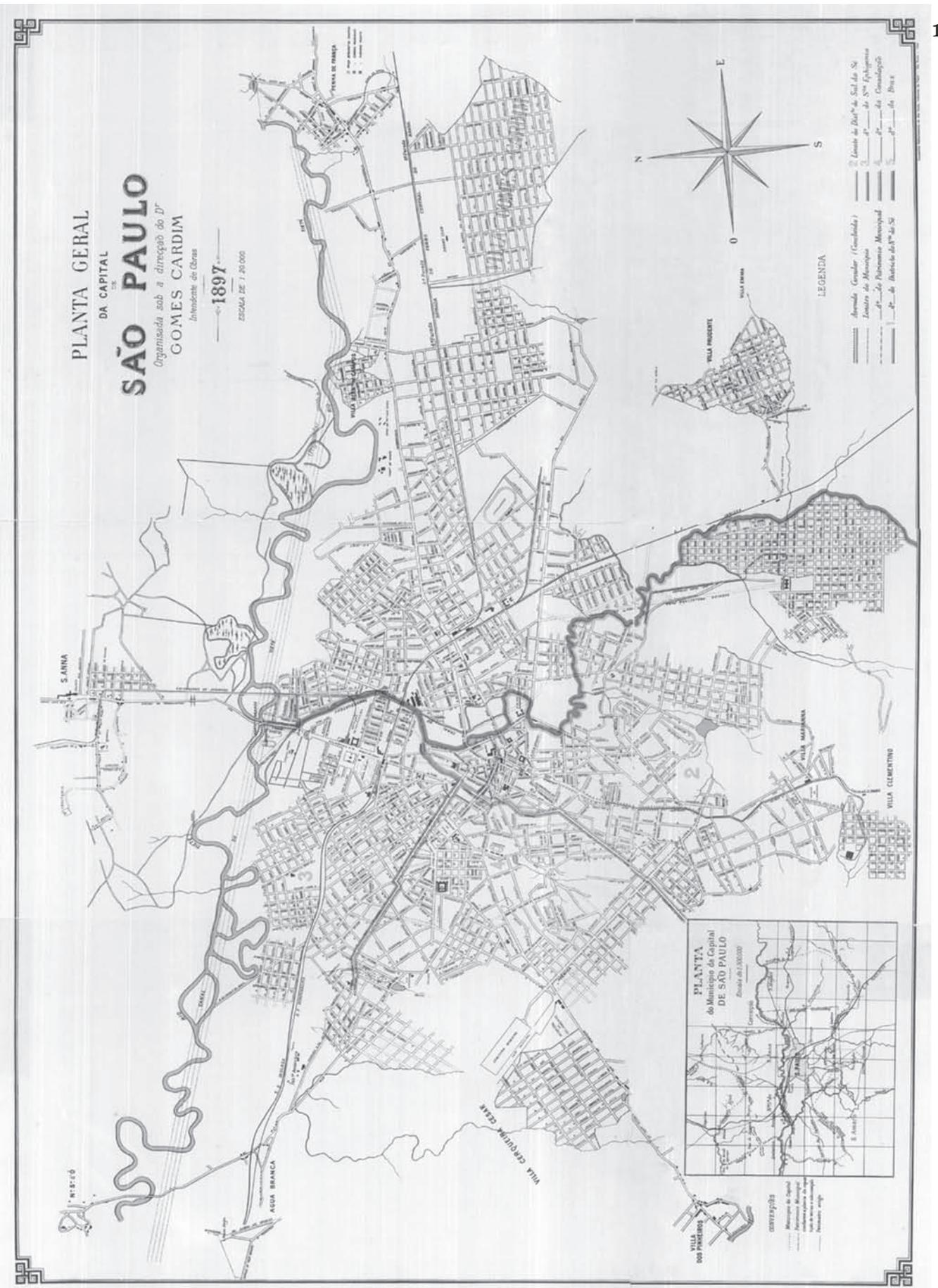


fig. 29 - Planta Geral da Capital de São Paulo 1897. Fonte: Arquivo Público do Estado

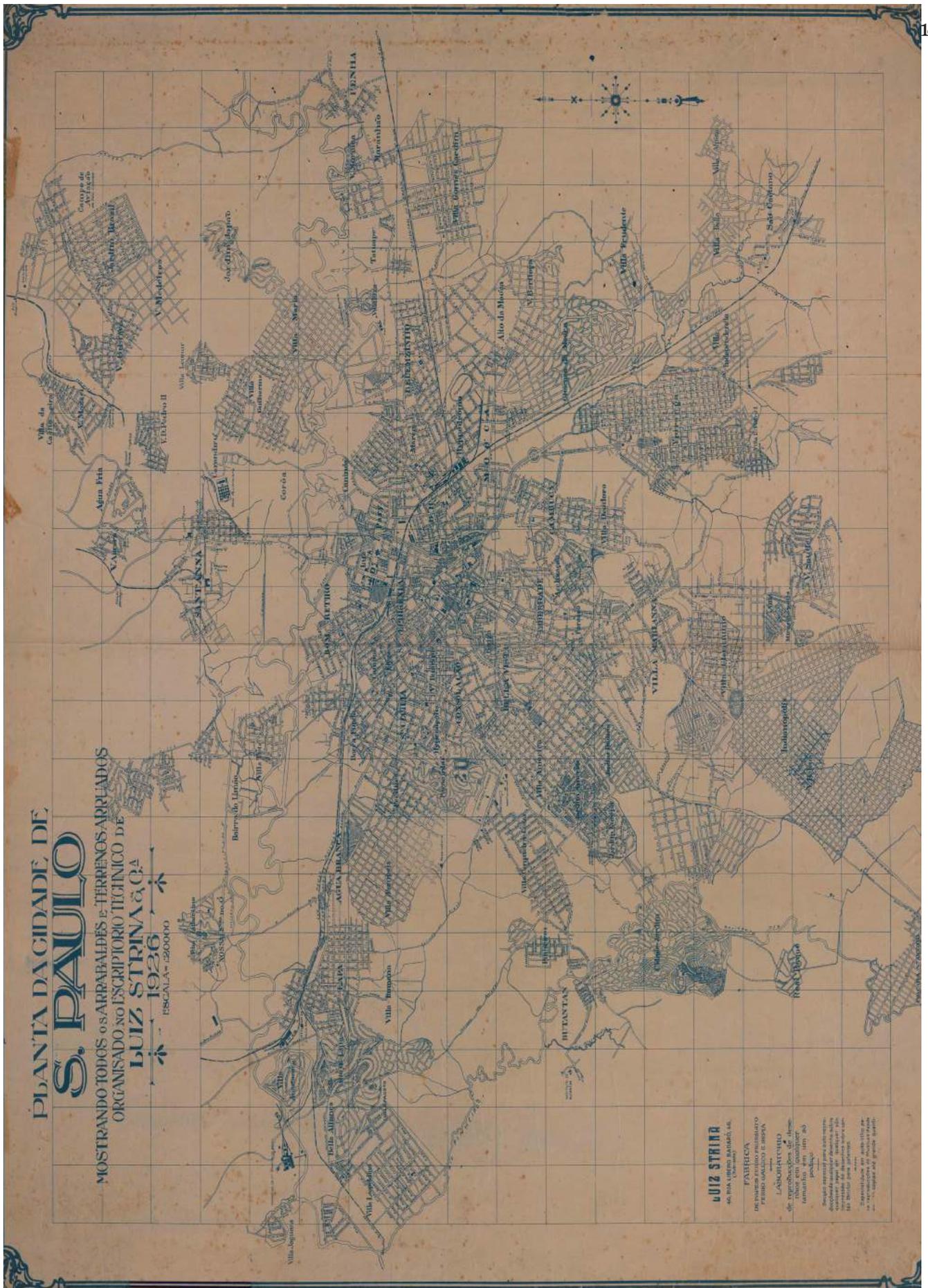


fig. 30 - Planta da Cidade de São Paulo 1926. Fonte: Arquivo Público do Estado

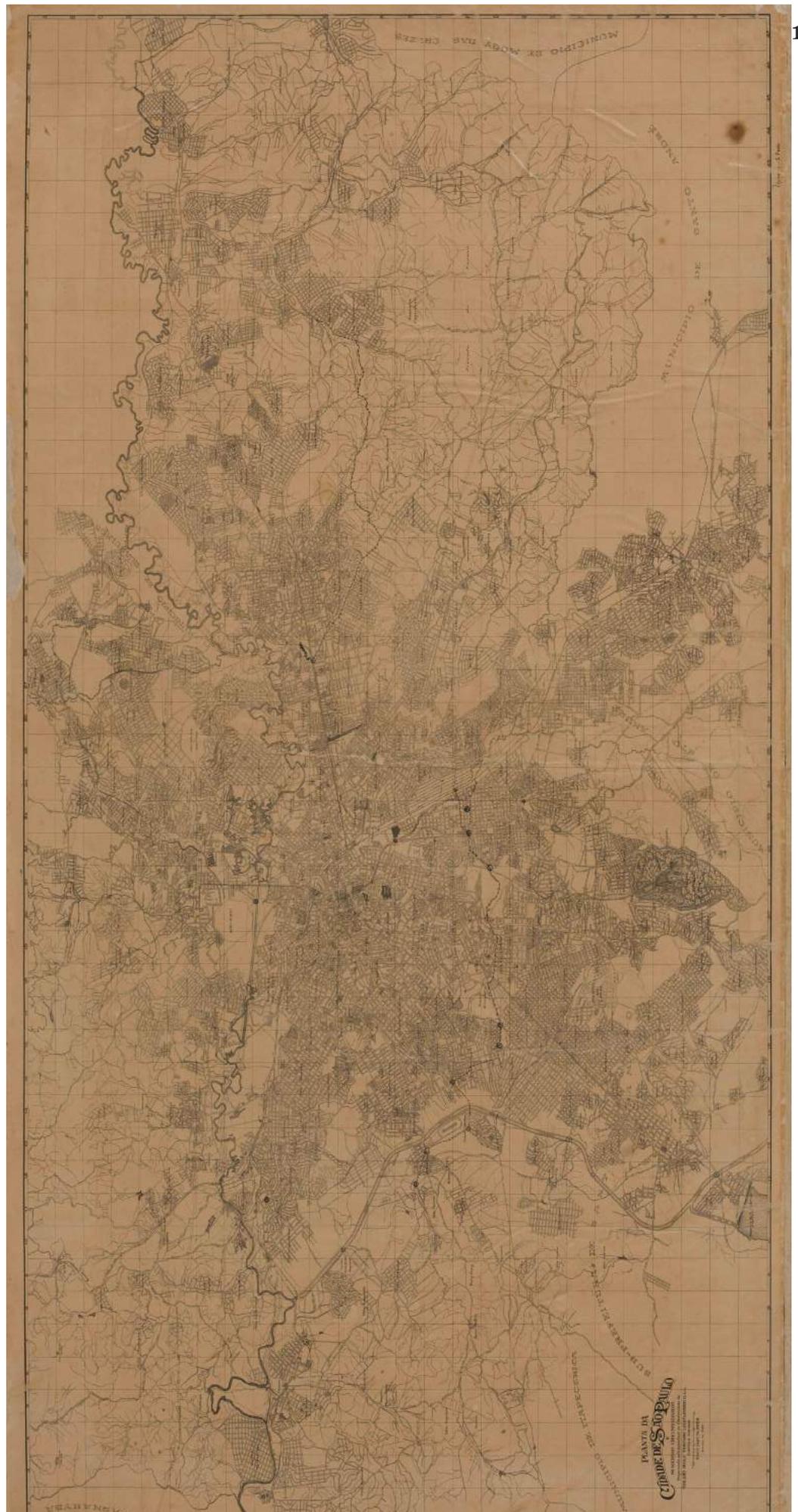


fig. 31 - Planta da Cidade de São Paulo 1943. Fonte: Arquivo Público do Estado



fig. 32 - Planta Viária da Aglomeração Paulistana, 1957.
Fonte: Arquivo Público do Estado

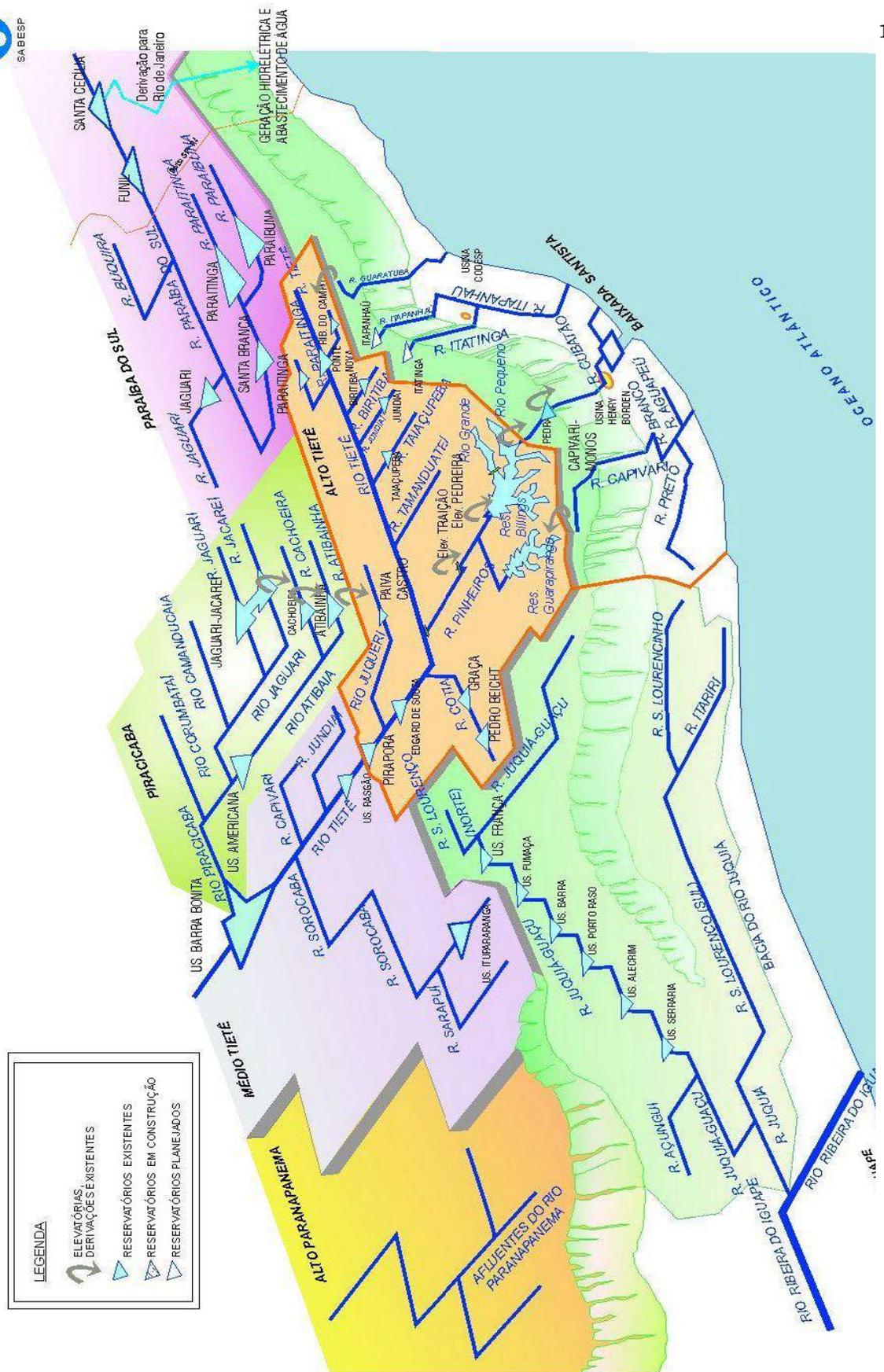


fig. 33 - Interconexões macrometropolitanas. Fonte: SABESP - PDAA, 2004

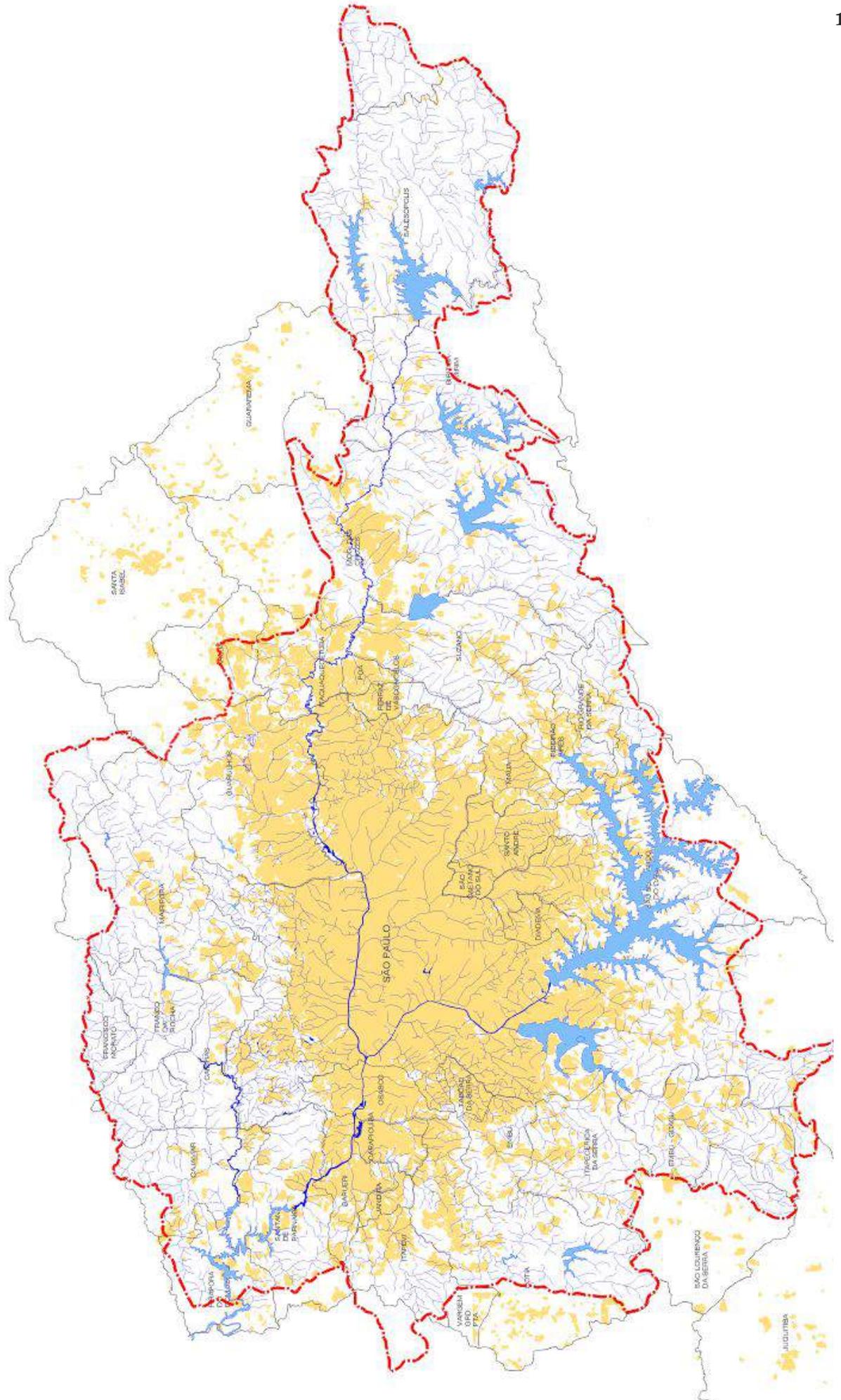


fig. 36 - Limites da BHAT e da RMSP. Fonte: SSE-SP DAEE PDMAT 2

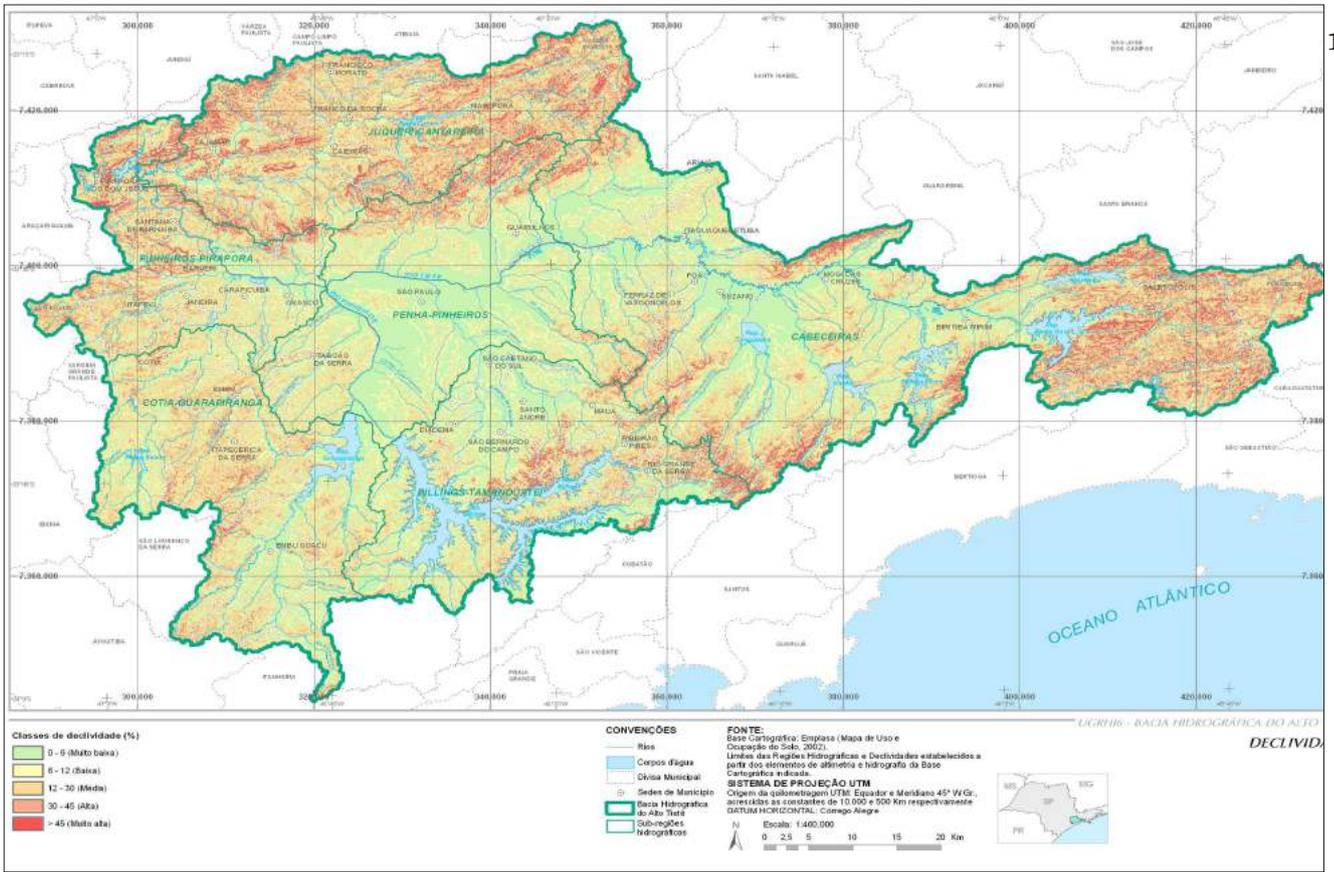


fig. 37 - Mapa de declividade da Bacia do Alto Tietê. Fonte: Plano de Bacia do Alto Tietê

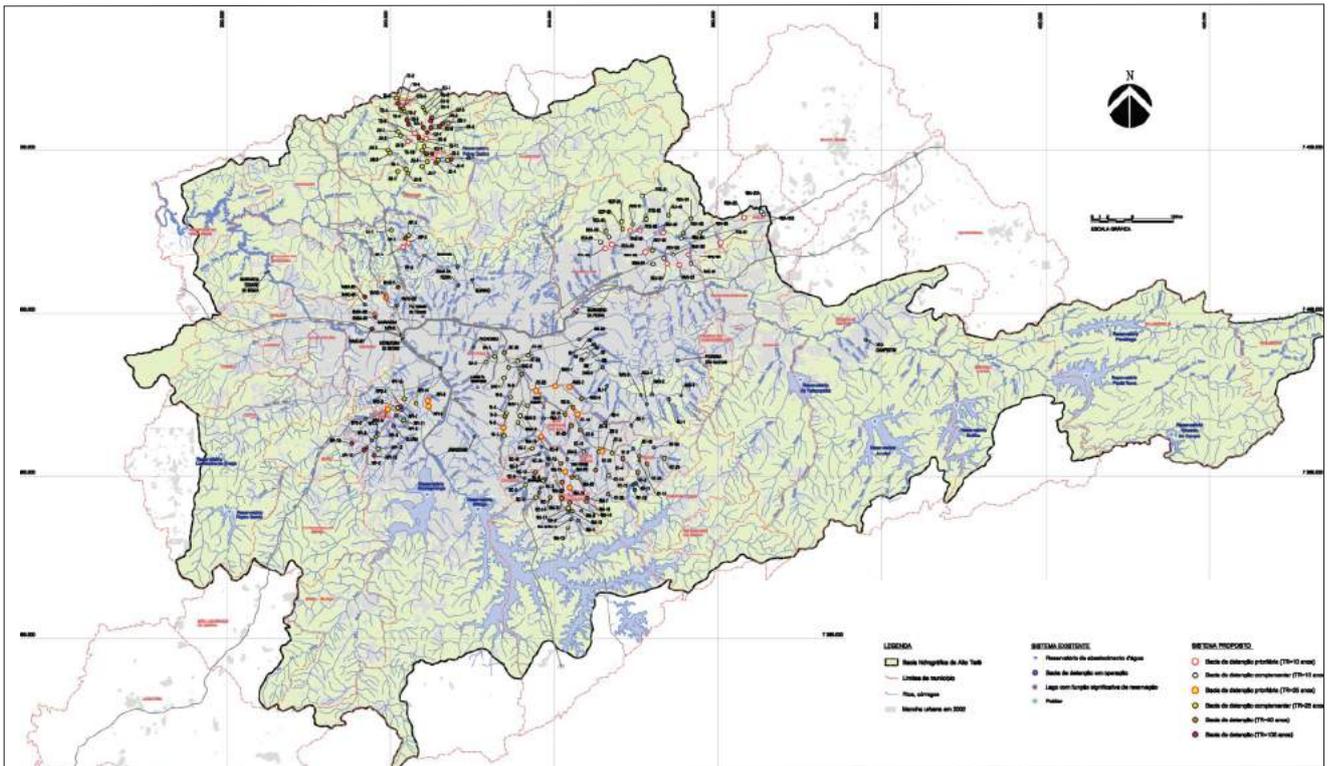


fig. 38 - Localização de reservatórios de detenção. Fonte: SSE-SP DAEE PDMAT 2

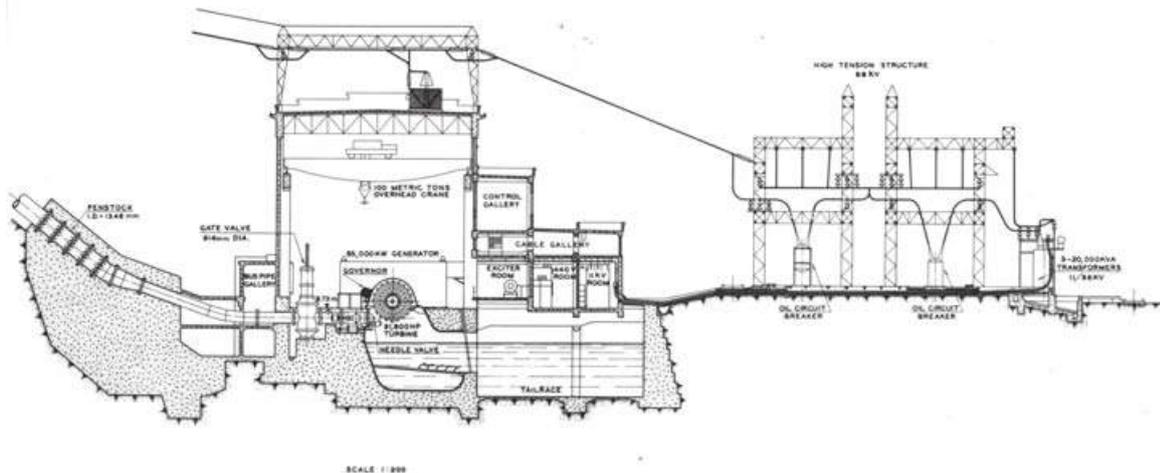


fig. 39 - Usina elevatória de Traição. Fonte: (Ackerman, 1953)

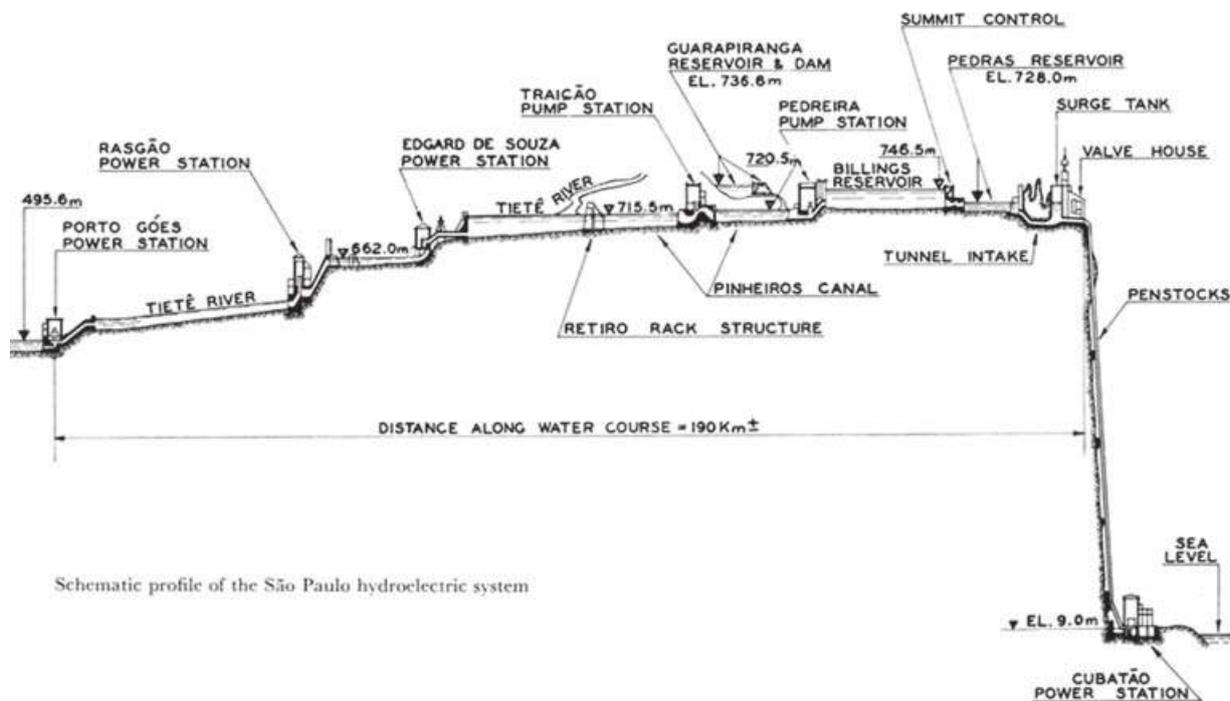


fig. 40 - Esquema do Sistema Hidroelétrico de São Paulo. Fonte: (Ackerman, 1953)

BACIA DO R. TIETÊ até PARNAHYBA

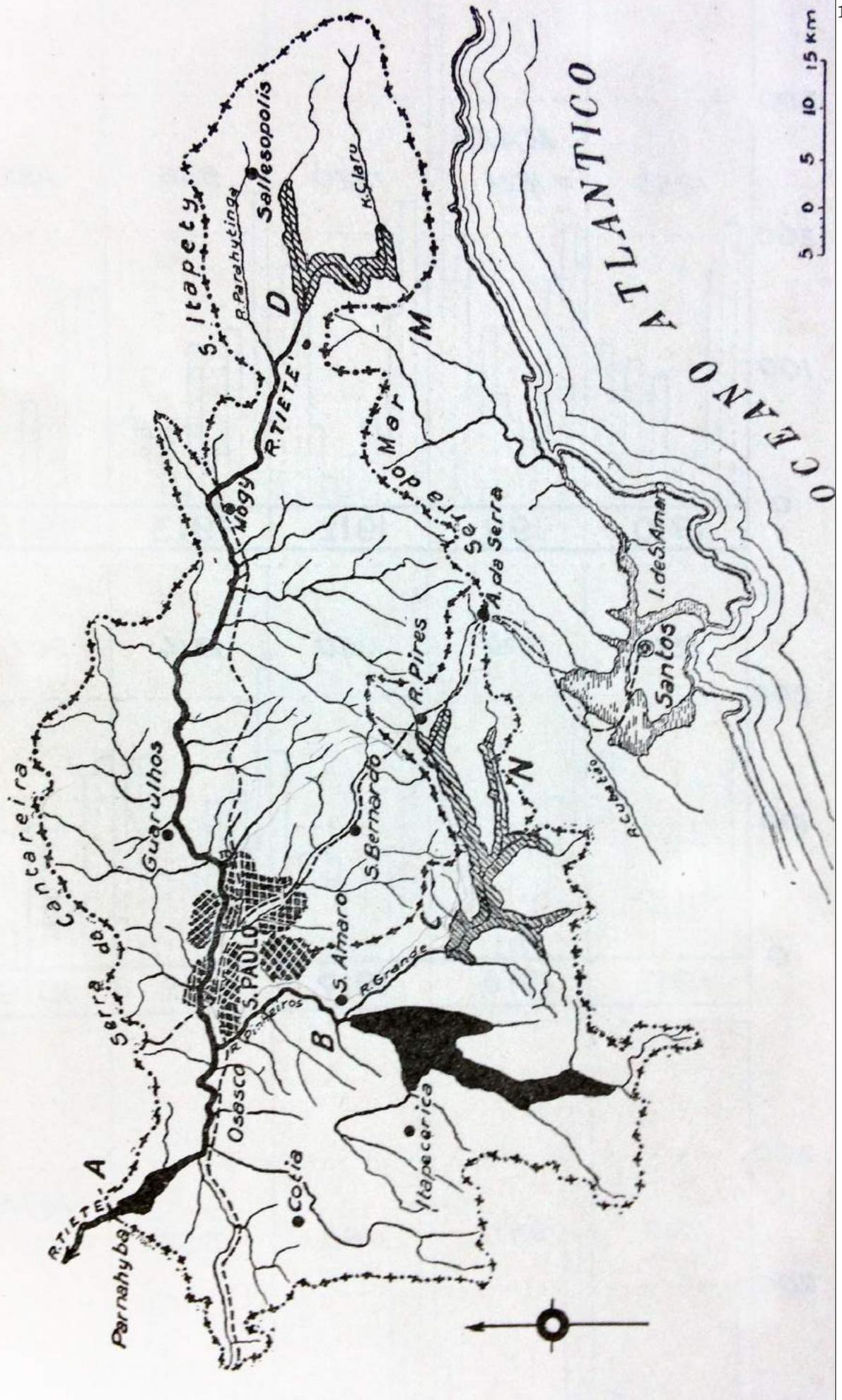
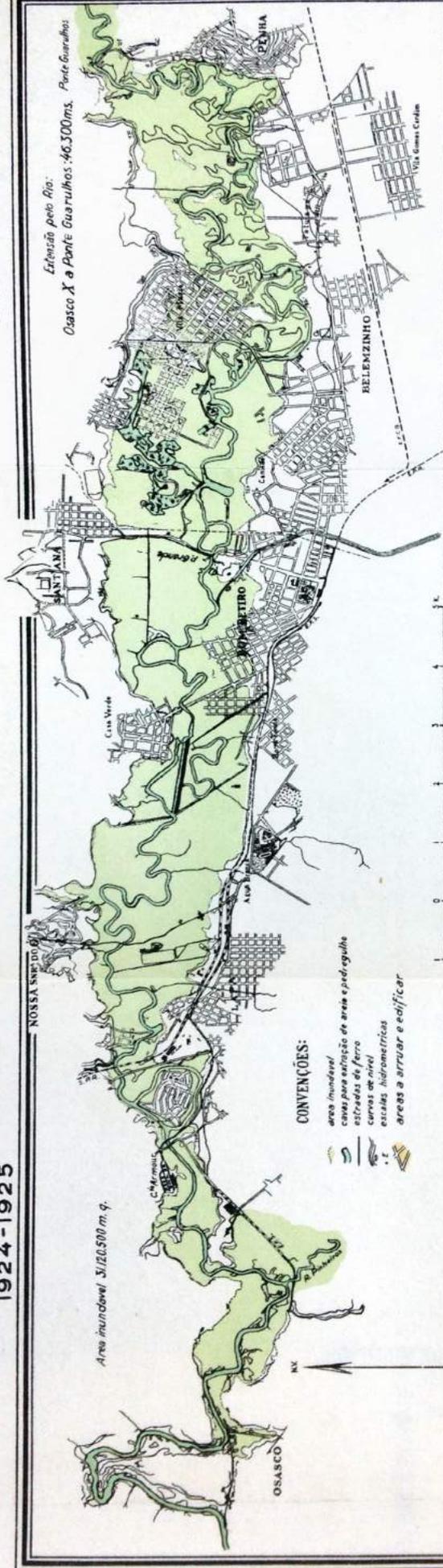


fig. 41 - Mapa da Bacia do Rio Tietê até Parnaíba. Fonte: (BRITO, 1925)

COMISSÃO DE MELHORAMENTOS DO RIO TIETE

1924 - 1925

Planta do Rio Tiete
entre Osasco e Penha



Projeto de melhoramentos entre Osasco e Penha

Extensão pelo Canal:
Osasco X a Ponte Guarulhos: 26.000ms.

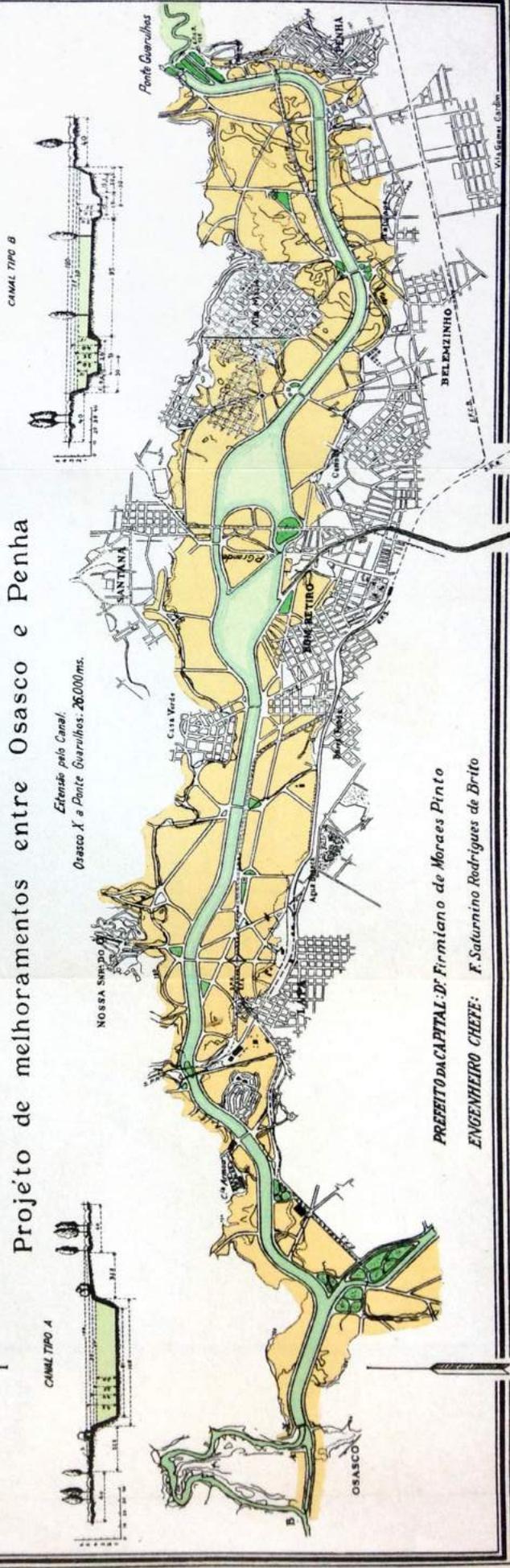


fig. 42 -Projeto de Melhoramentos entre Osasco e Penha, CMRT I
Fonte:(BRITO, 1925

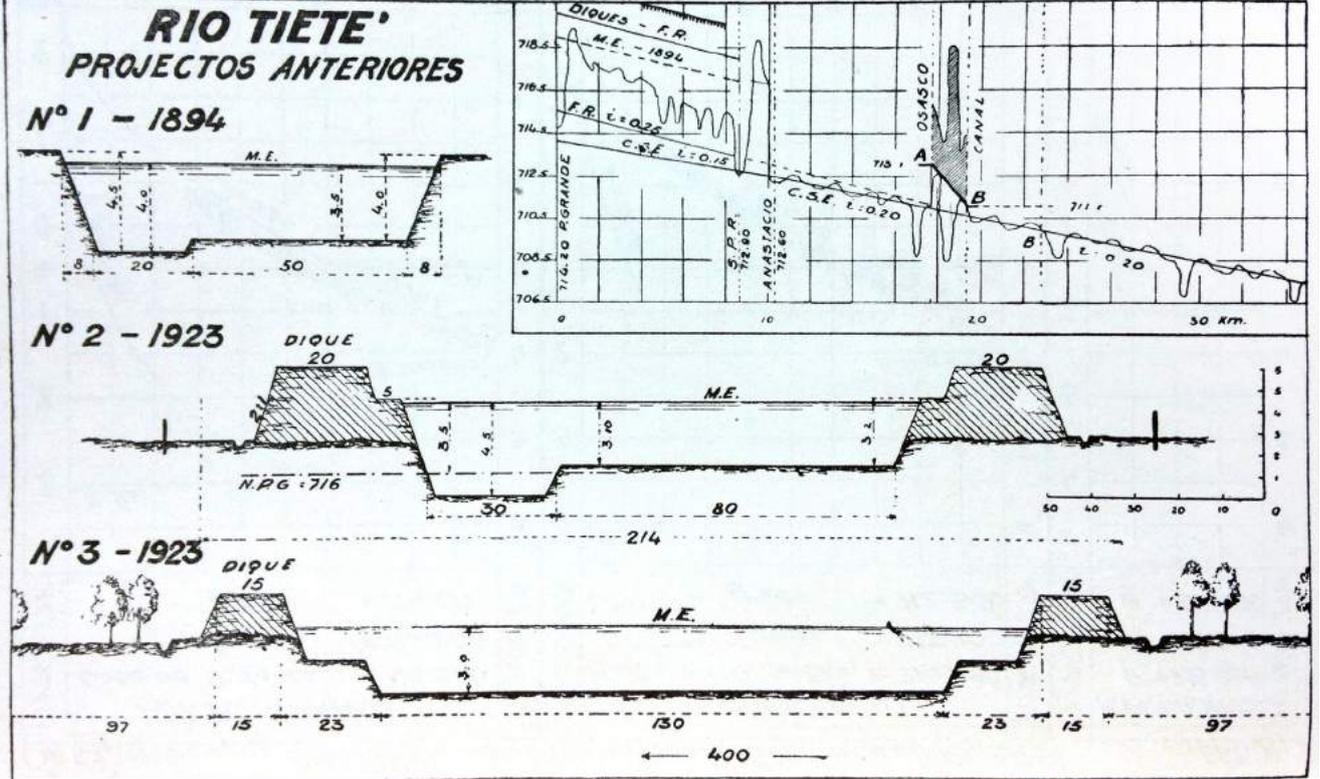


fig. 43 - Seções Transversais dos projetos de retificação do Tietê anteriores á CMRT

Fonte: (BRITO,1925)

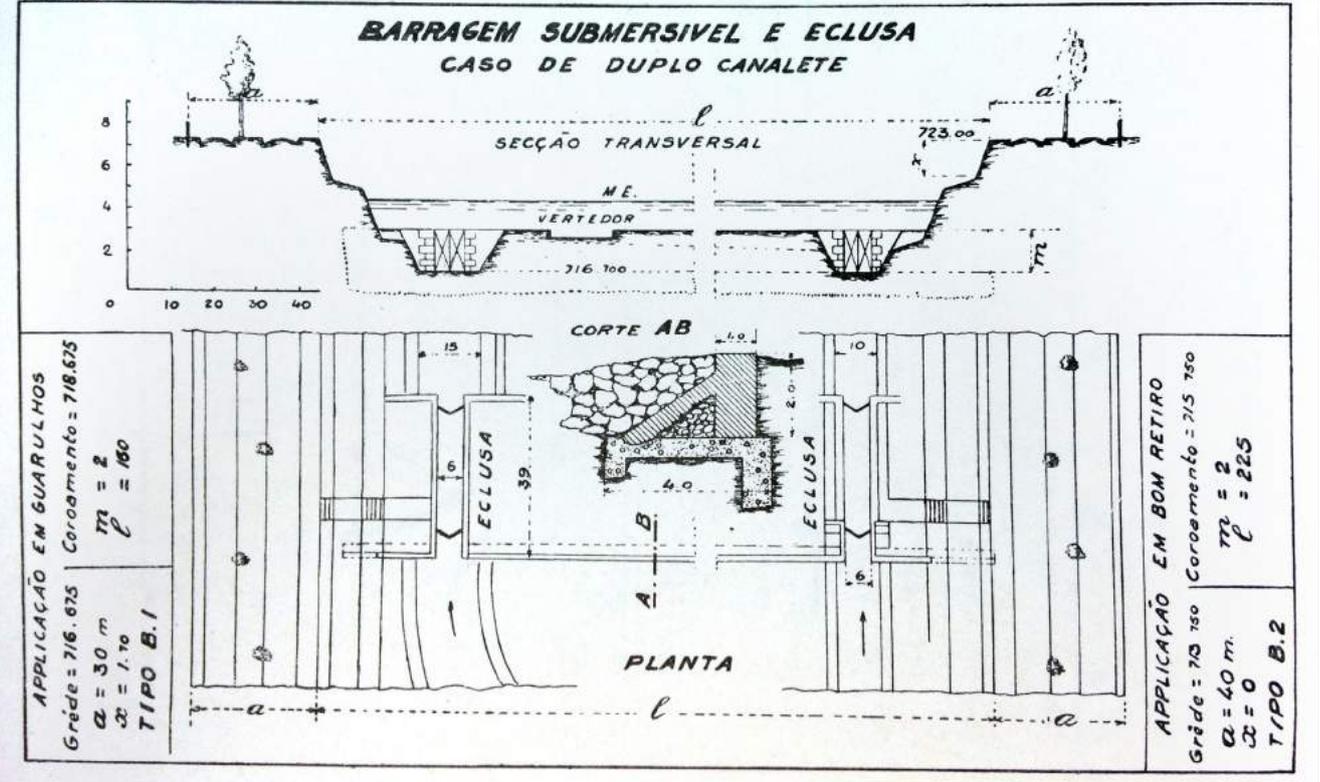


fig. 44 - Barragem submersível Fonte: (BRITO, 1925)

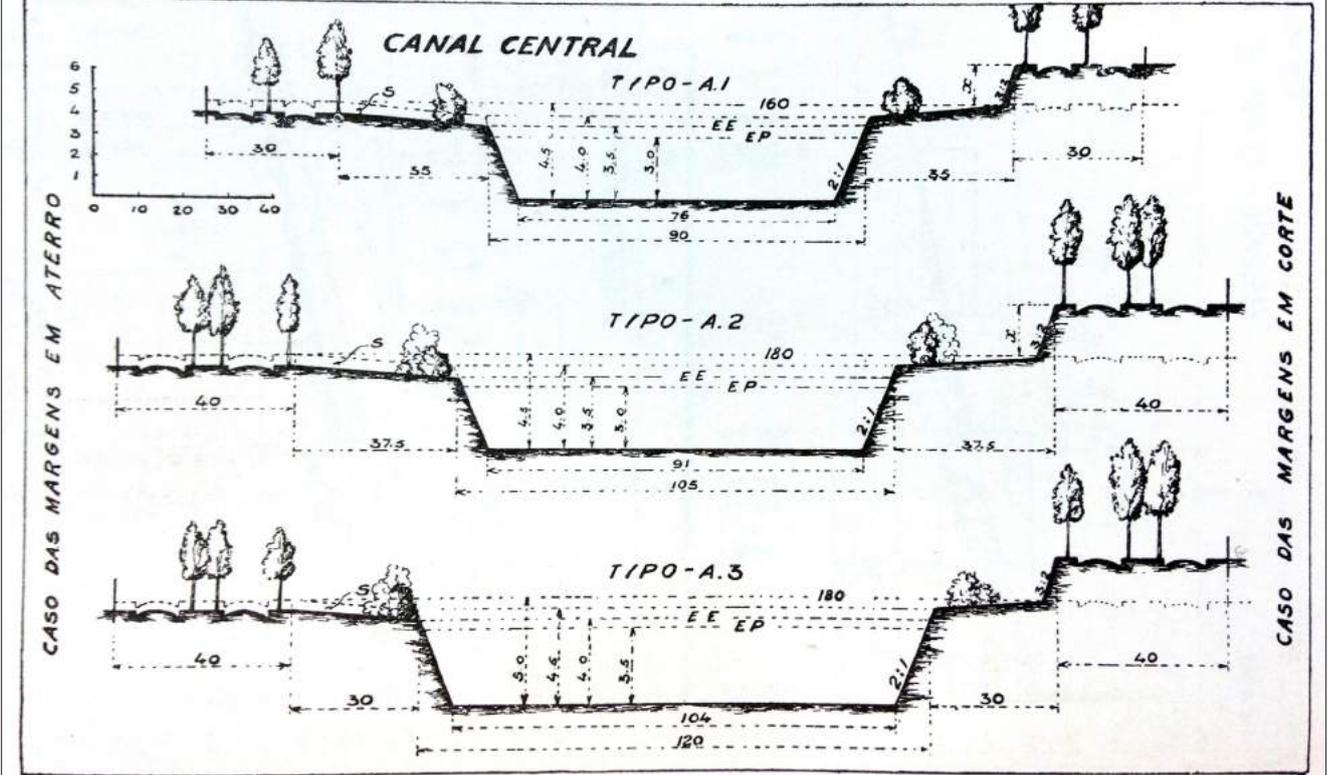


fig. 45 - Seções Transversais Tipo A, CMRT I Fonte: (BRITO, 1925)

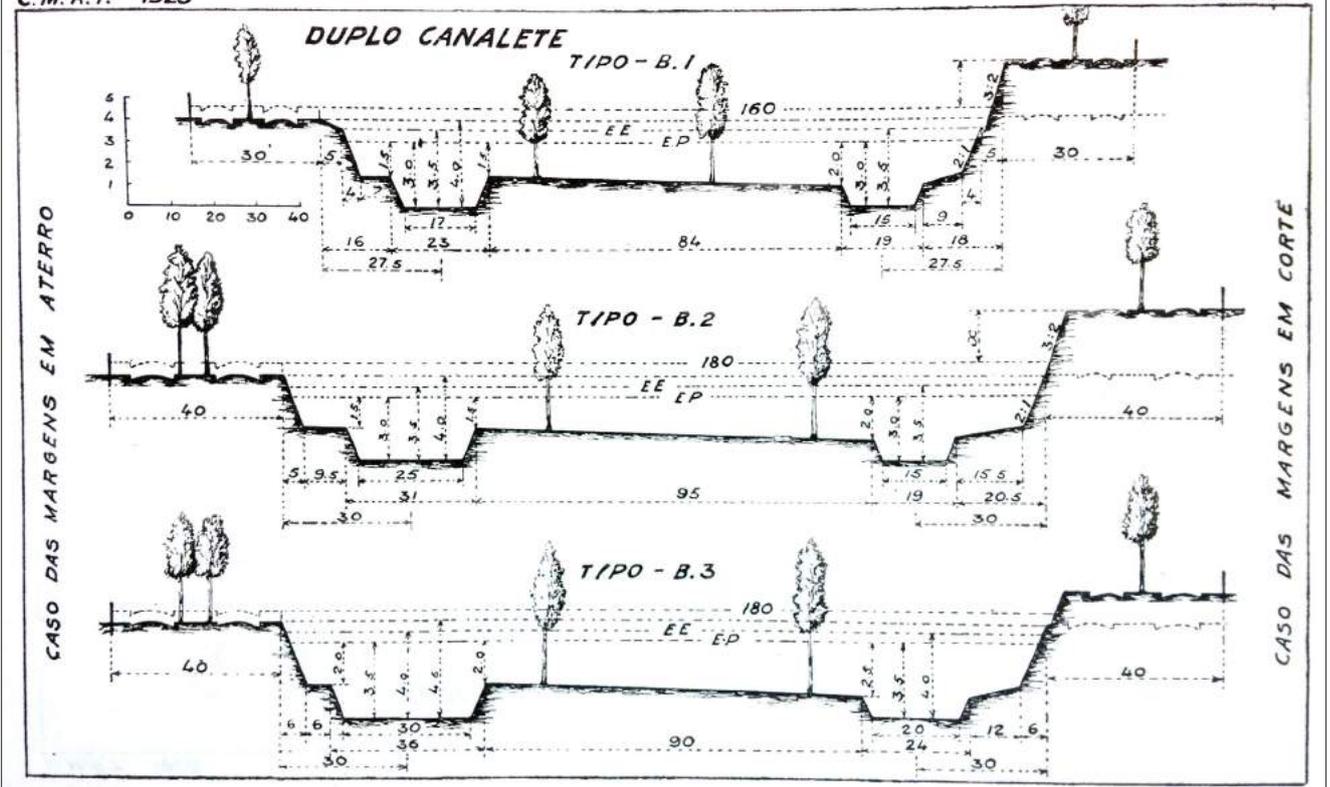
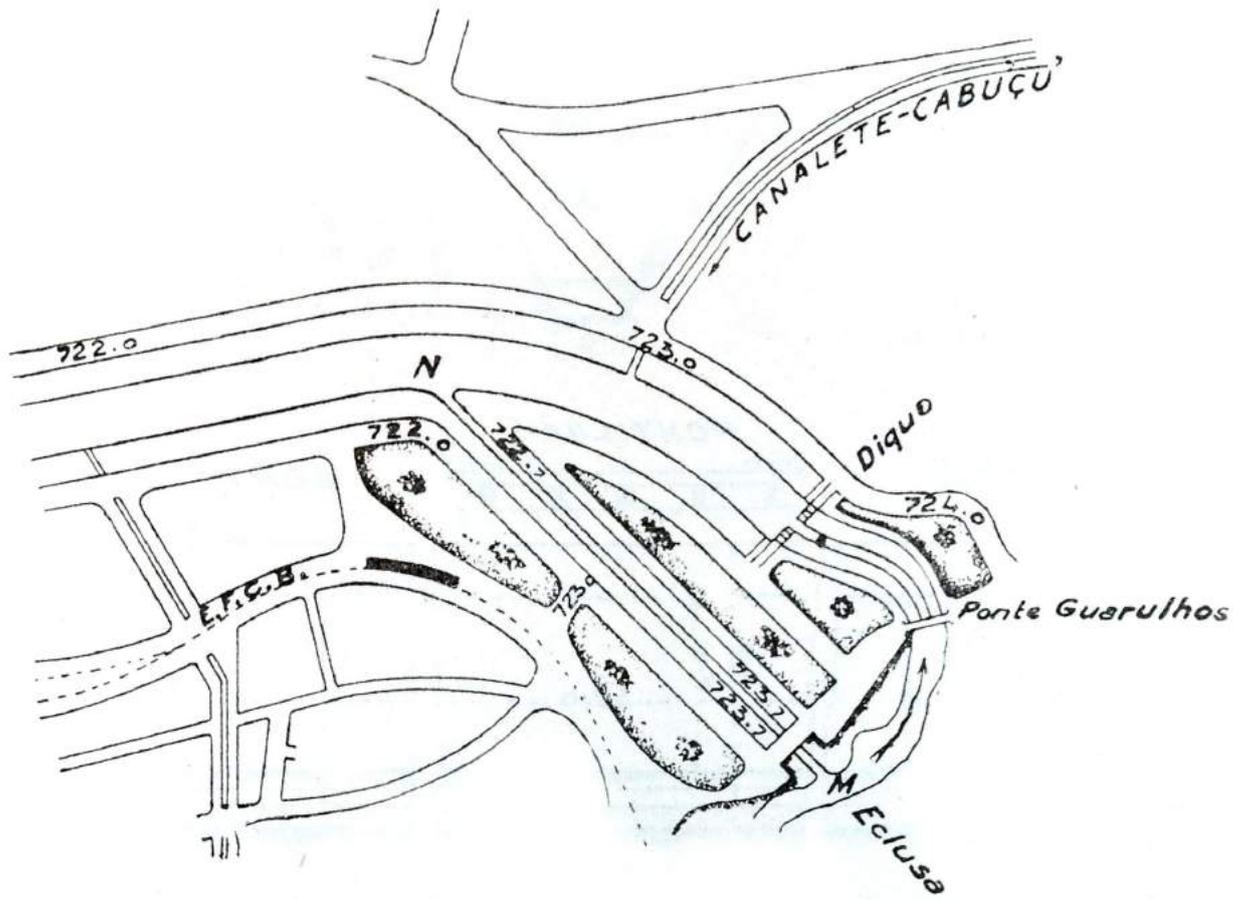


fig. 46 - Seções Transversais Tipo B, CMRT I Fonte: (BRITO, 1925)



TIPO B.1

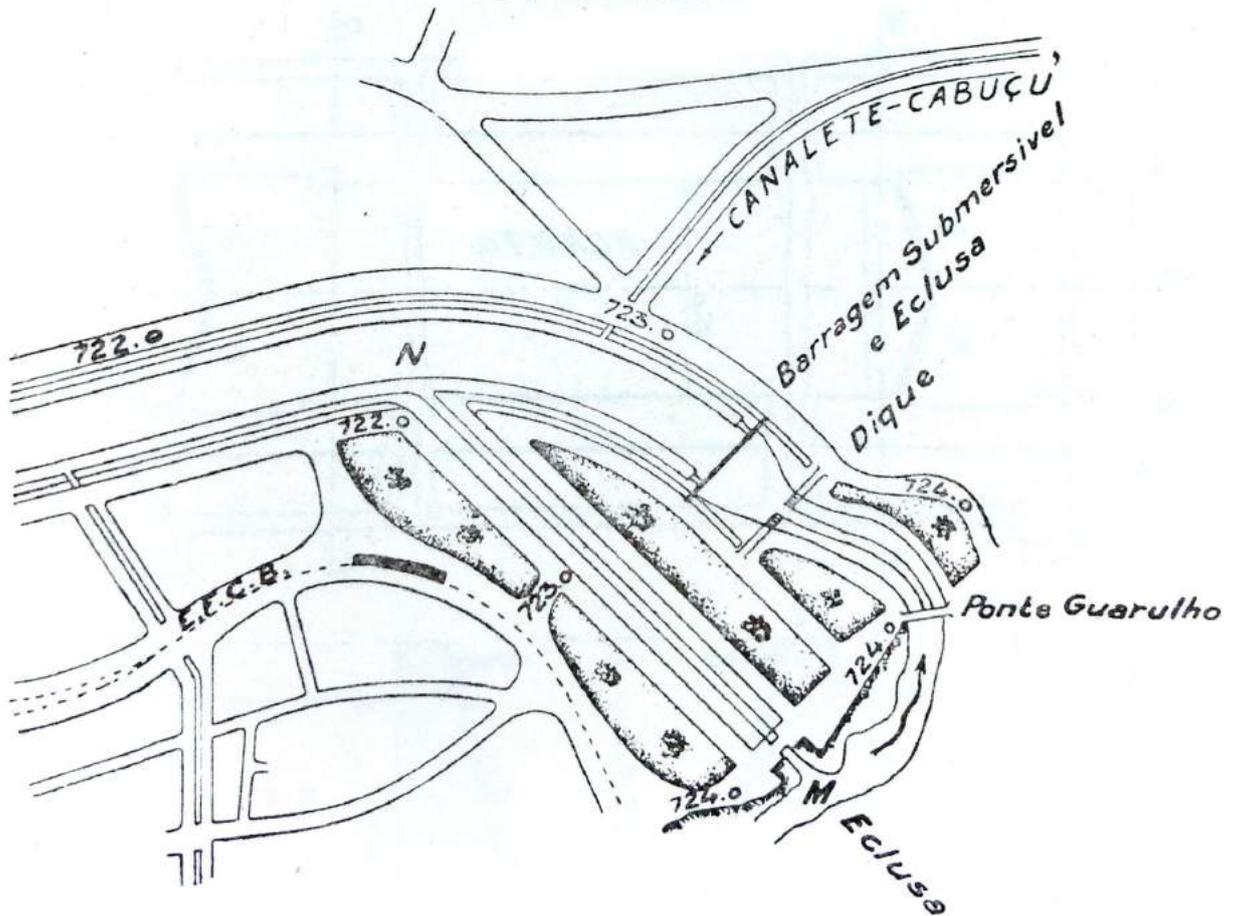


fig. 47- planta barragem da penha, CMRT I Fonte: (BRITO, 1925)

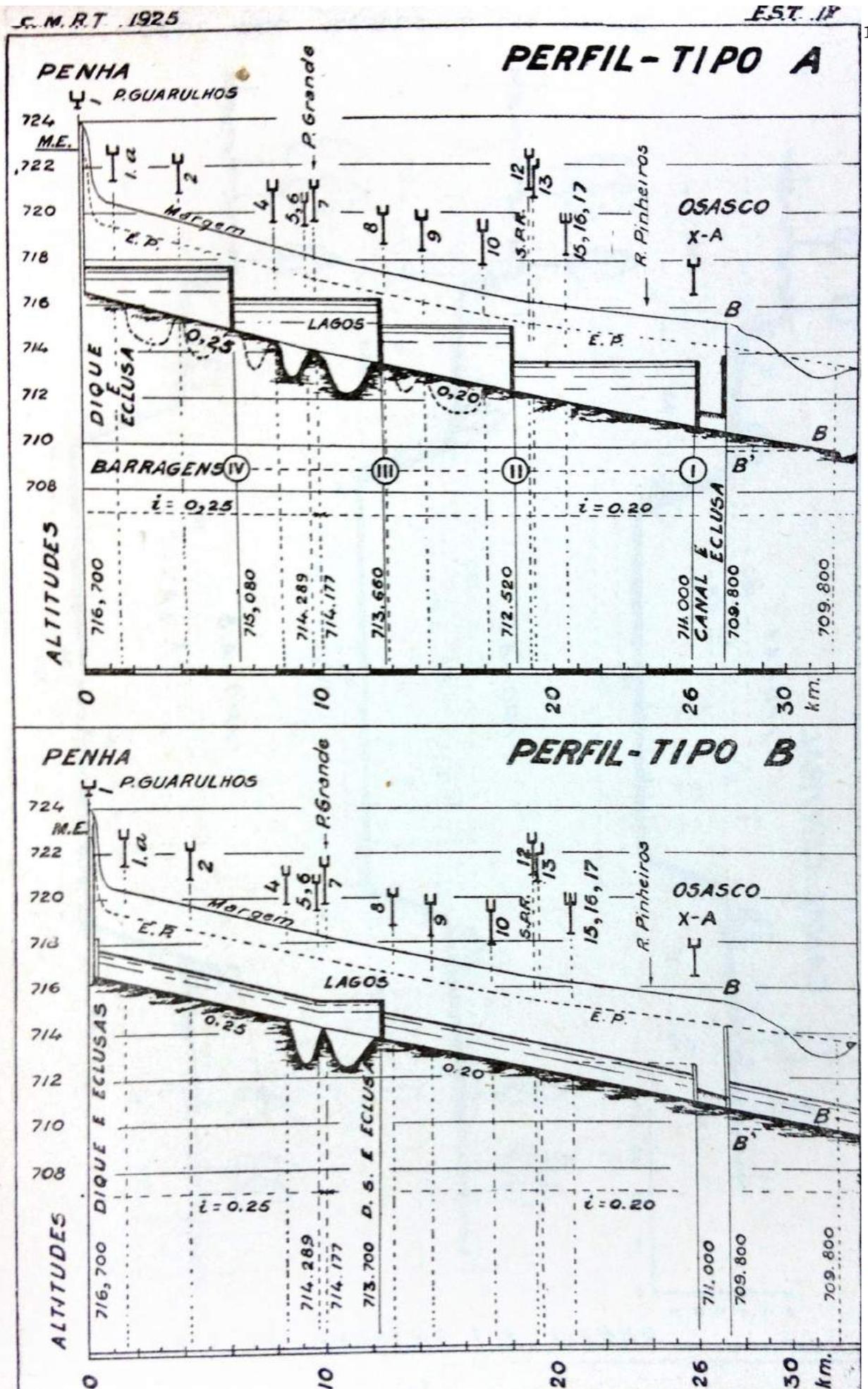


fig. 48 - perfis longitudinais do canal retificado Tipo A e B, CMRT I
Fonte: (BRITO, 1925)

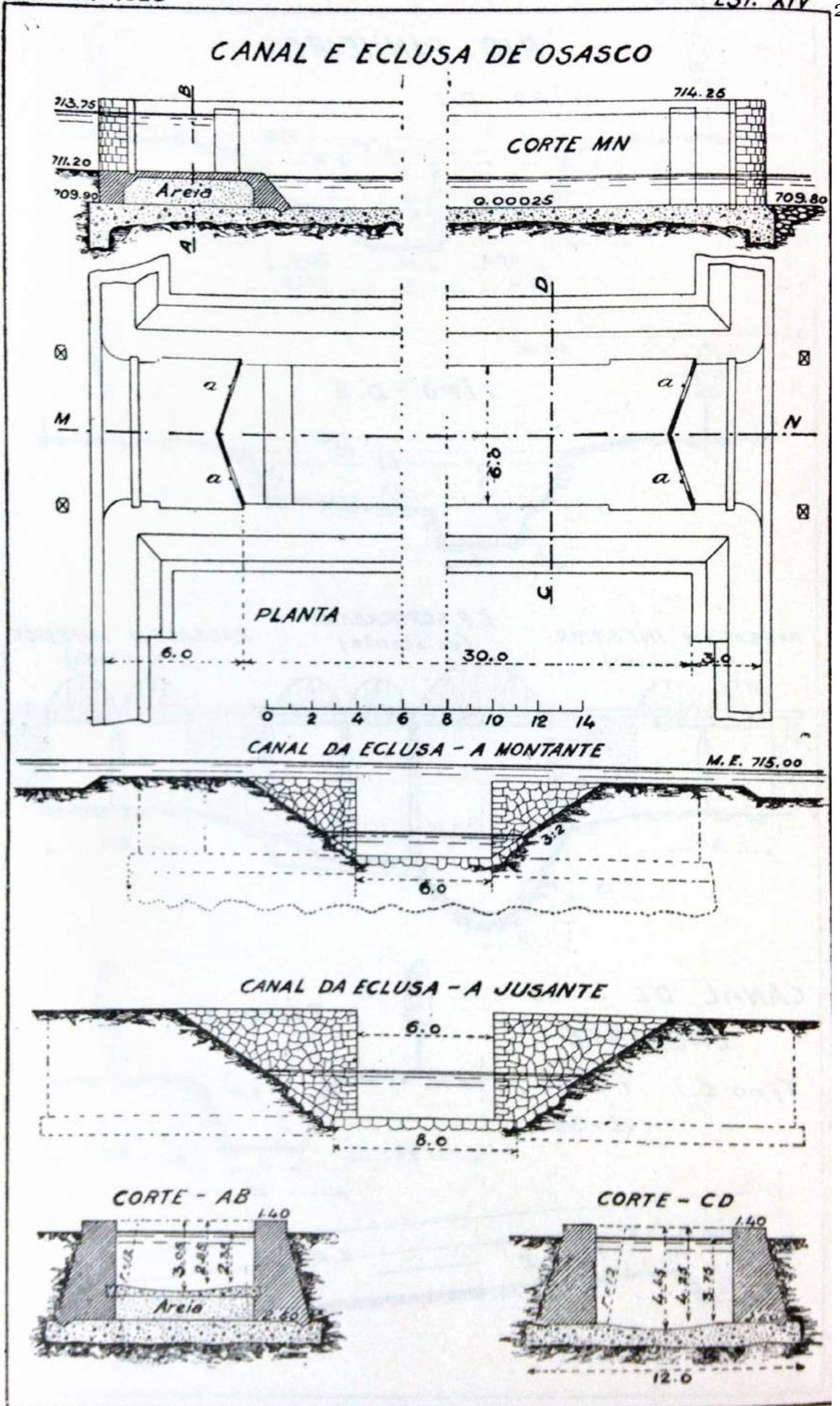


fig. 49 - Canal e eclusa de Osasco (cortes e plantas), CMRT I Fonte: (BRITO, 1925)

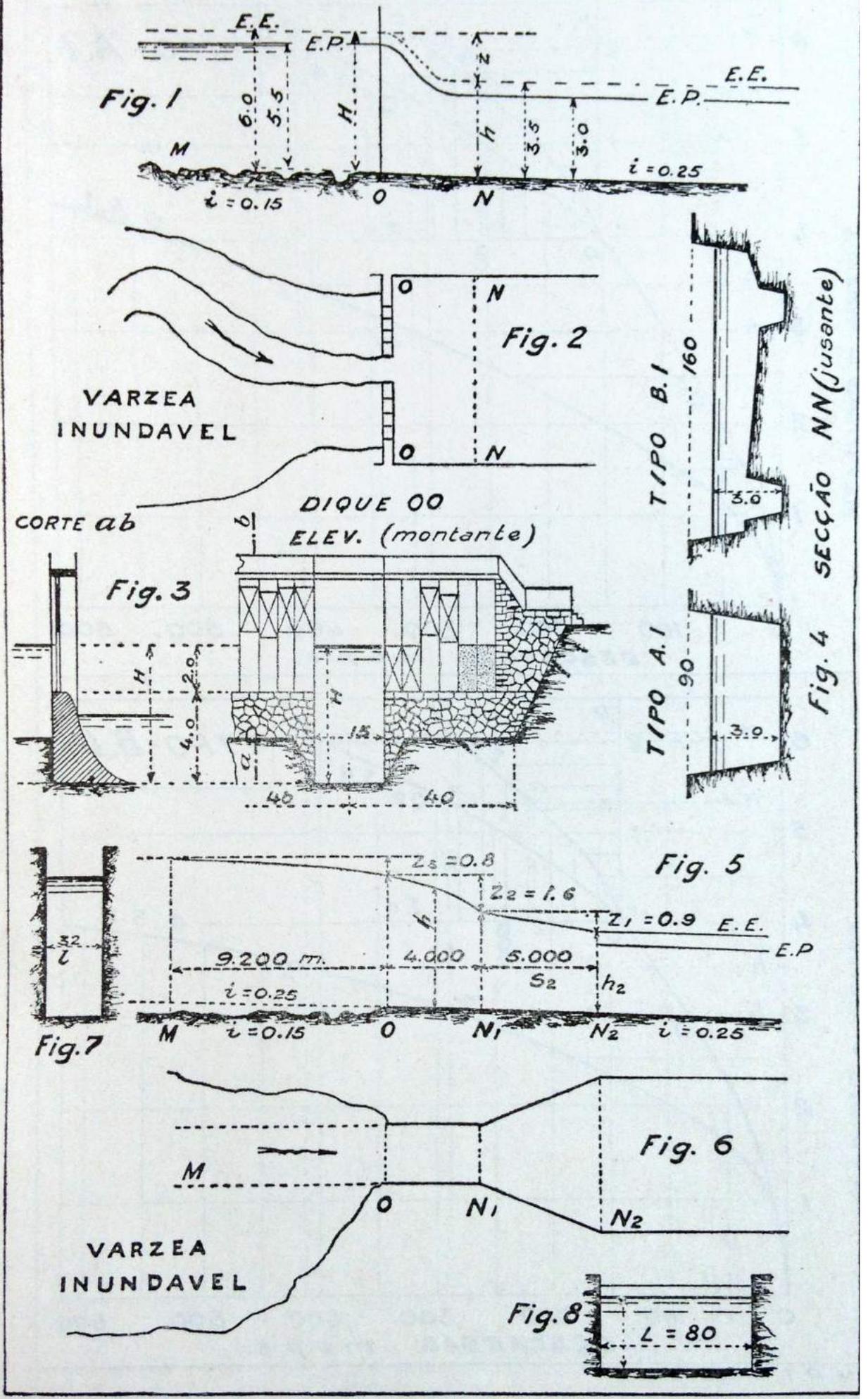


fig. 50 - dique com rasgão - Penha, CMRT I Fonte: (BRITO, 1925)

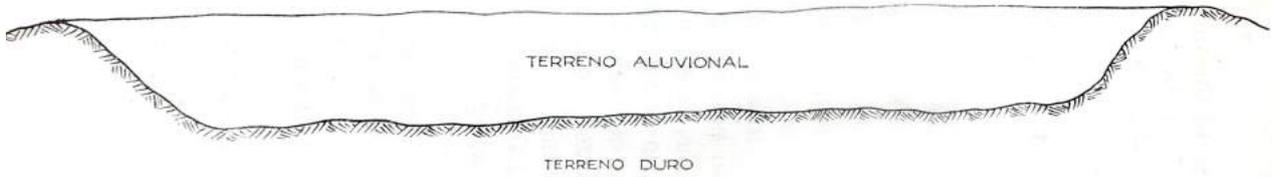


fig. 51 - trajeto meândrico natural do rio tietê Fonte: (SILVA, L. 1950)

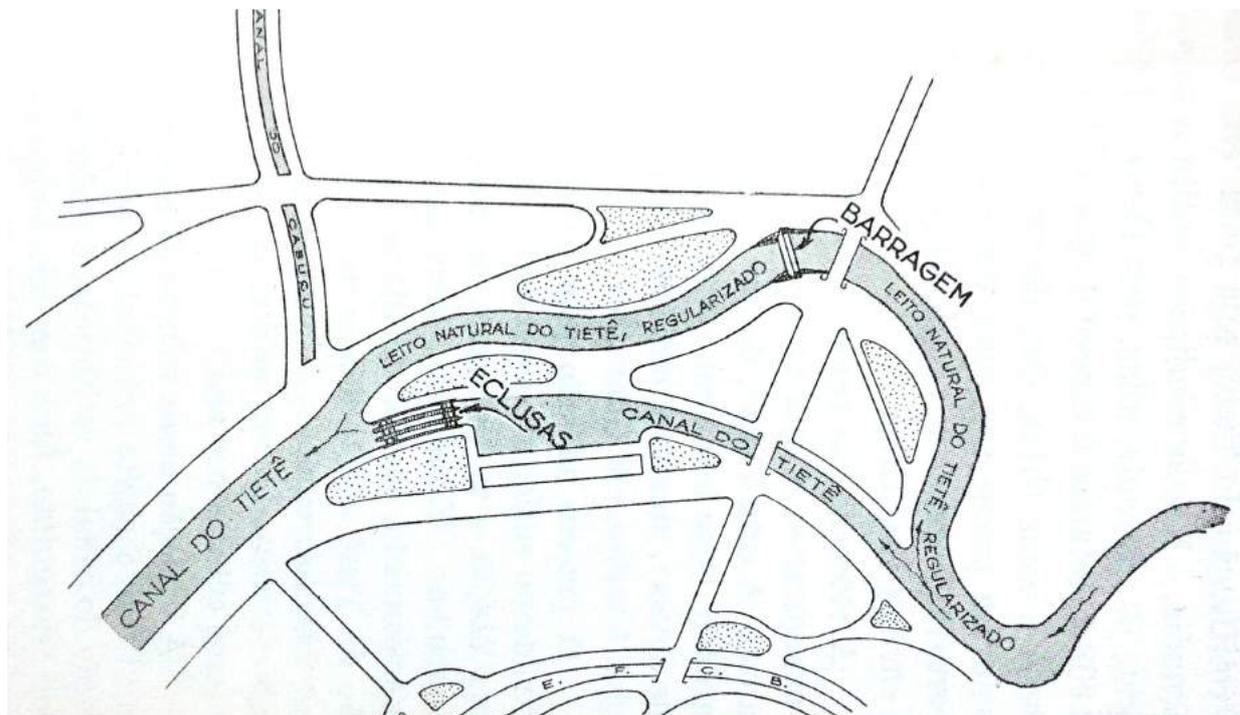


fig. 52 - Eclusa - barragem da Penha - Solução CMRT III Fonte: (SILVA, L. 1950)

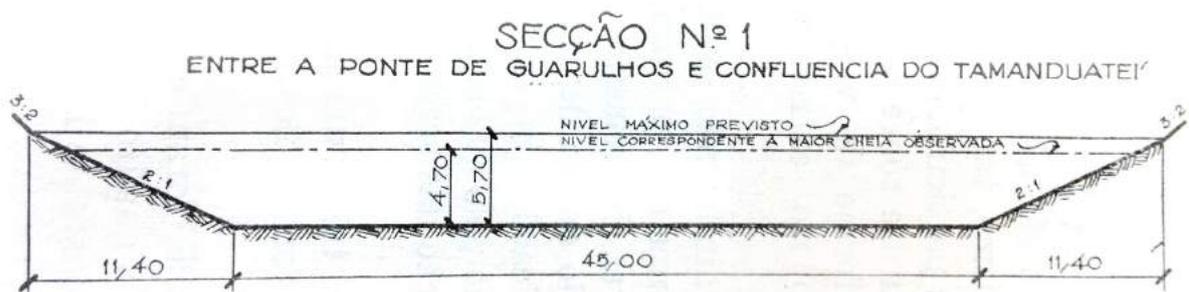


fig. 53 - Seção transversal Tietê, entre Guarulhos e Tamanduateí - Solução CMRT III Fonte: (SILVA, L. 1950)

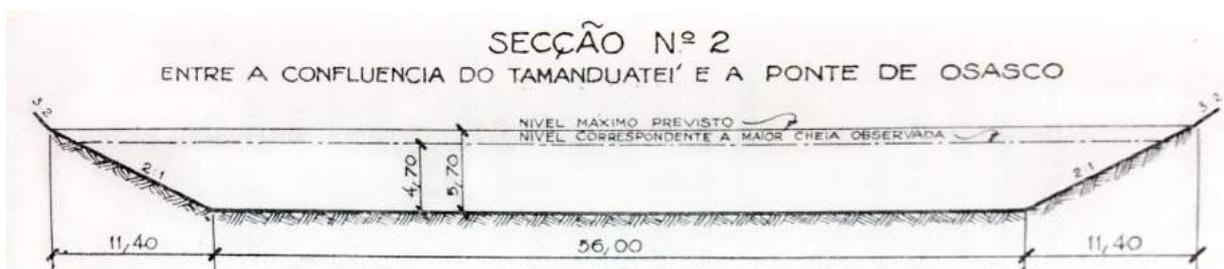


fig. 54 - Seção transversal Tietê, entre Tamanduateí e Osasco- Solução CMRT III Fonte: (SILVA, L. 1950)



fig. 56 - Foto do Rio Tietê pré-retificação. Fonte: Revista LIFE, 1947. foto Dmitri Kessel



fig. 57 - Barragem, do Guarapiranga Fonte: (FRANCO, 2005)

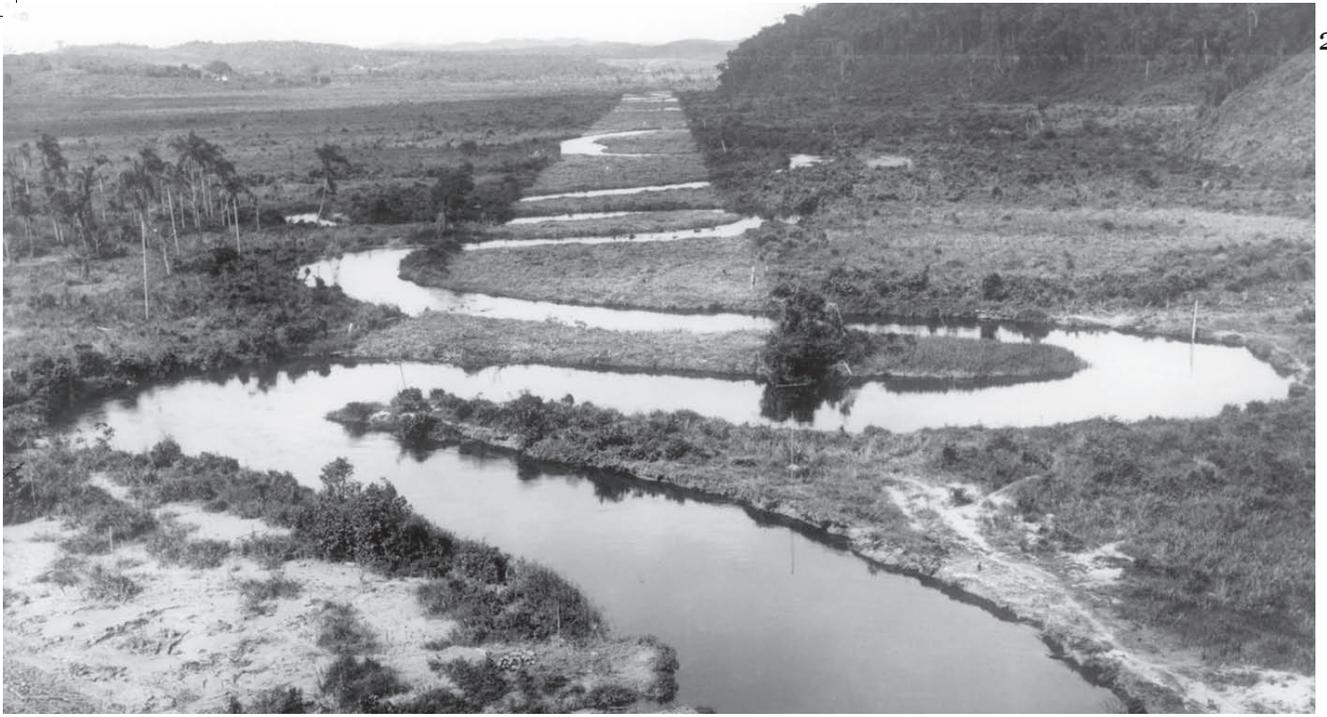


fig. 58 - retificação do canal do rio Pinheiros -1930 Fonte: Arquivo Eletropaulo



fig. 59 - retificação do canal do rio Pinheiros -1937 Fonte: Arquivo Eletropaulo

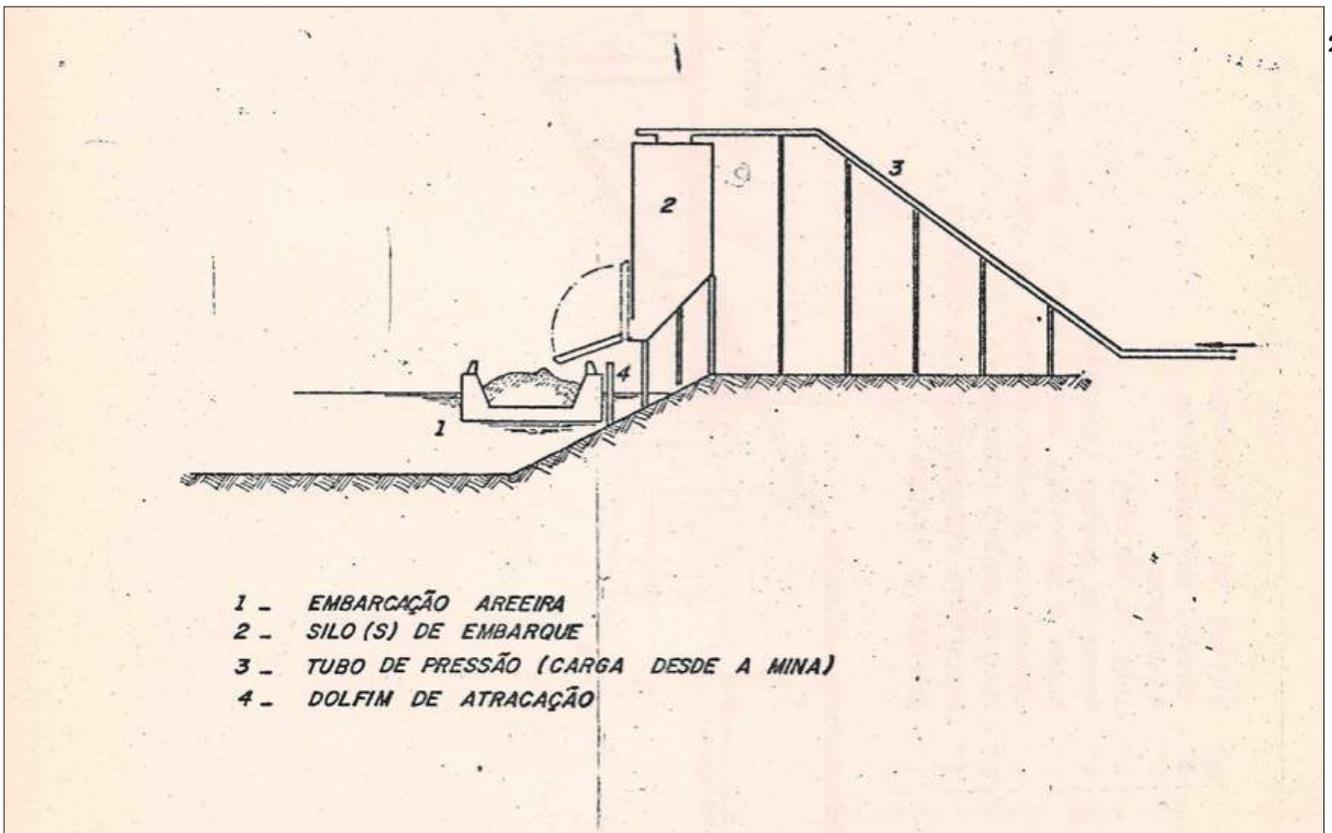


fig. 63 - Transbordo silo/Embarcação Areira - Anel Hidroviário de São Paulo, IPT, 1978. Fonte: IPT

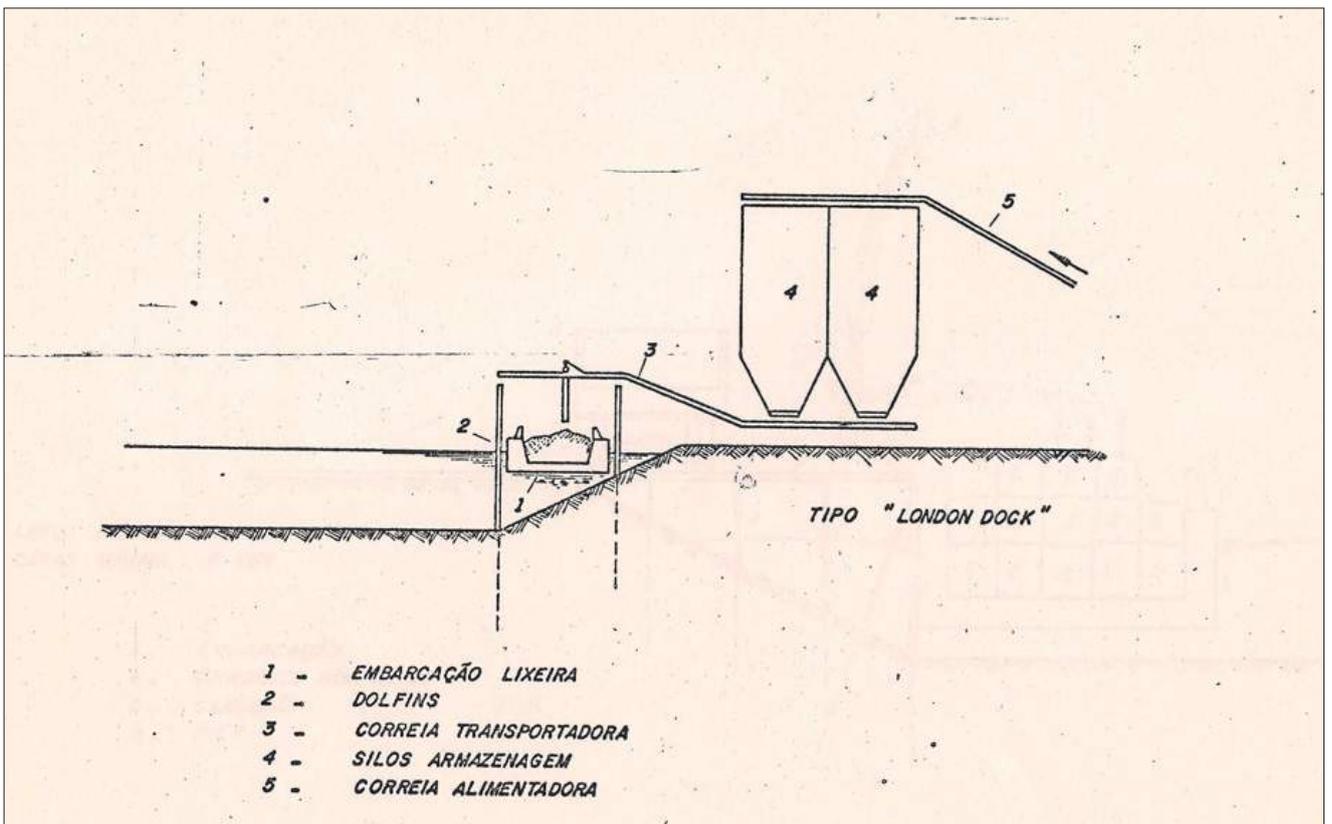


fig. 64 - Transbordo tipo "London Dock"/Embarcação lixeira - Anel Hidroviário de São Paulo, IPT, 1978. Fonte: IPT

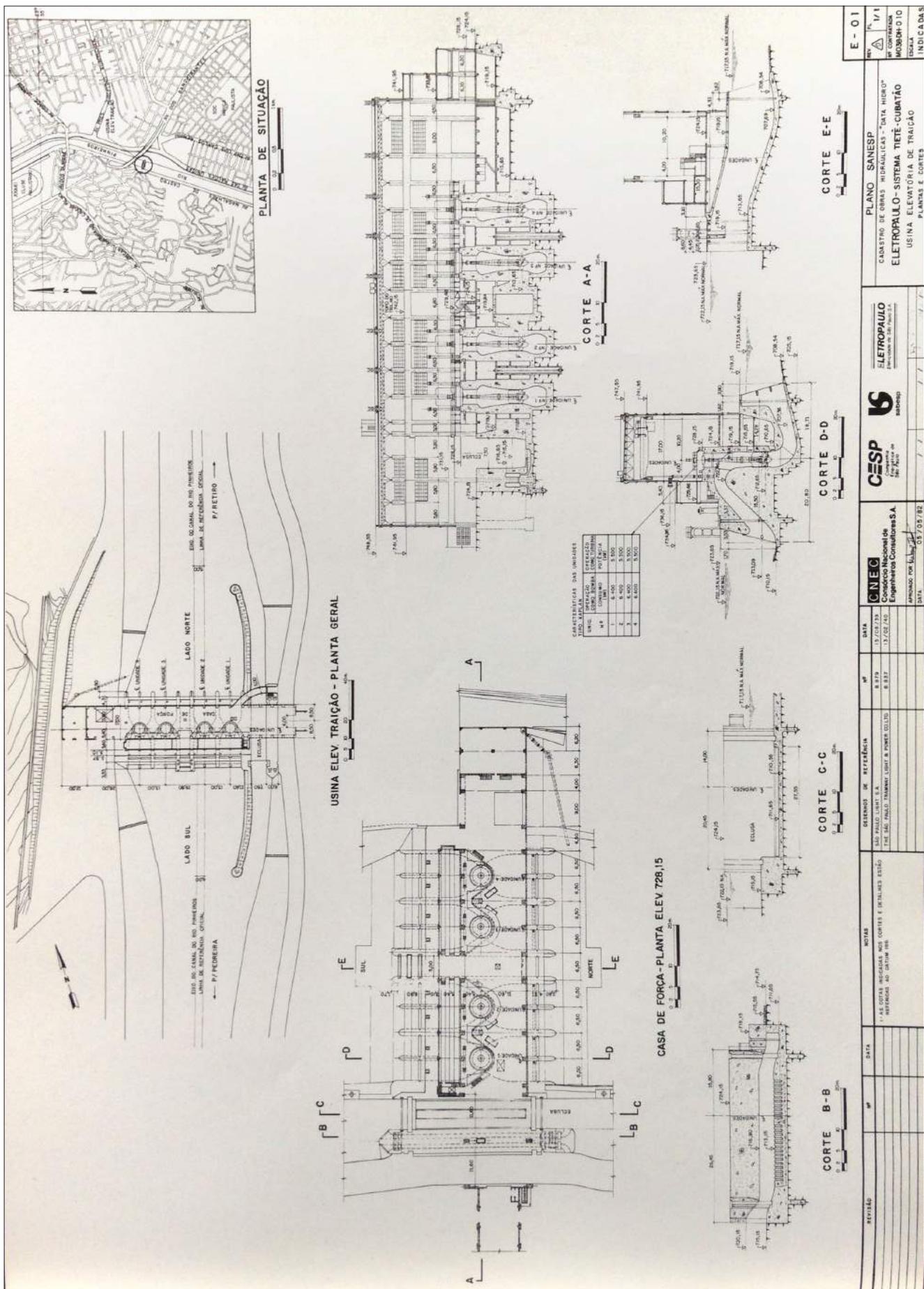
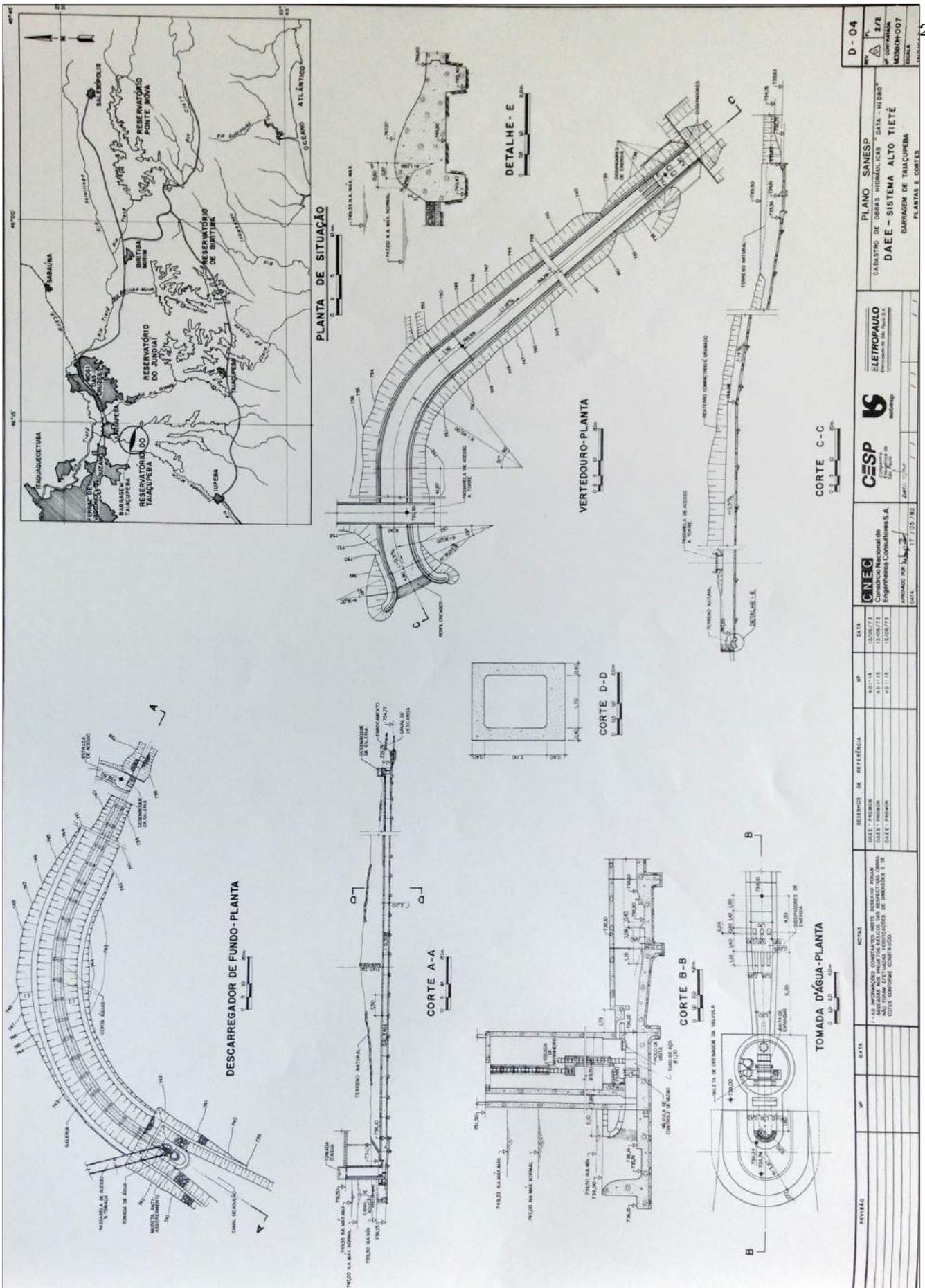


fig. 66 - Usina elevatória de Traição - Plantas e cortes. Fonte: (PLANO SANESP, 1983)



REVISÃO	Nº	DATA	NOTAS	SERVIÇOS DE REFERÊNCIA	Nº	DATA	CNEC	CESP	ELETROPOL	PLANO SANESP	D - 04
				DAE - FOMIN DAE - FOMIN DAE - FOMIN	85114 85113 85112	13/06/73 13/06/73 13/06/73	CONCEITO Nacional de Engenharia Consultores S.A. APROVADO POR NITRO 17/05/78 DATA	Proj. de Engenharia em Hidráulica			

fig. 70 - Barragem de Taiapuêba- Plantas e cortes . Fonte: (PLANO SANESP, 1983)



fig. 72 - Canal do Tietê junto a Edgard de Souza- Planta.
 Fonte: (PLANO SANESP, 1983)

NÚMERO MÉDIO DE ECLUSAGENS POR DIA E CAPACIDADE DE TRÁFEGO NAS ECLUSAS

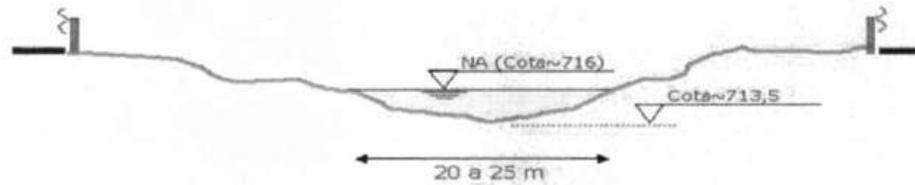
Nome	Localização	Tipo	Degnível Máximo (m)	Sem Economizadores			Com 3 Câmaras de Recuperação			Observações
				Tempo Médio do ench/min	Eclusagens por dia	Capacidade de Tráfego t/ano	Tempo Médio do ench/min	Eclusagens por dia	Capacidade de Tráfego t/ano	
Anhembi	Médio Superior Tietê	Tietê	8,00	6,8	48,5	21.400.000	11,2	39,9	17.600.000	
Sagueri	Médio Superior Tietê	Tietê	8,00	6,8	48,5	21.400.000	11,2	39,9	17.600.000	
Laranjal Paulista	Médio Superior Tietê	Tietê	14,00	9,1	43,6	19.200.000	13,4	36,7	16.200.000	
Tietê	Médio Superior Tietê	Tietê	15,50	9,1	42,9	18.900.000	13,6	36,5	16.100.000	
Porto Feliz	Médio Superior Tietê	Tietê	11,00	8,1	45,6	20.100.000	12,7	37,7	16.600.000	
Porto Góes	Médio Superior Tietê	Tietê	20,15	10,6	41,0	18.100.000	13,7	36,4	16.000.000	
Itu	Médio Superior Tietê	Tietê	29,85	12,0	38,8	17.100.000	12,0	38,7	17.000.000	
São Pedro	Médio Superior Tietê	Tietê	26,00	11,5	39,5	17.400.000	12,9	37,5	16.500.000	
Cabreúva	Médio Superior Tietê	Tietê	19,00	10,3	41,4	18.200.000	13,7	36,3	16.000.000	
Guaxetuba	Médio Superior Tietê	Tietê	18,00	10,1	41,8	18.400.000	13,7	36,3	16.000.000	
Pirajá II	Médio Superior Tietê	Tietê	12,00	8,4	44,9	19.800.000	13,0	37,3	16.400.000	
Pirajá I	Médio Superior Tietê	Tietê	16,00	9,6	42,6	18.800.000	13,7	36,4	16.000.000	
Resgão	Médio Superior Tietê	Tietê	22,15	10,9	40,4	17.800.000	13,5	36,7	16.200.000	
Pirapora (escada de 2 eclusas)	Alto Tietê	Tietê	36,00	10,1	41,8	18.400.000	13,7	36,3	16.000.000	Dois câmaras iguais
Edgard de Souza	Alto Tietê	Tietê	18,00	10,1	41,8	18.400.000	13,7	36,3	16.000.000	
Pedreira	Pinheiros	Pinheiros	27,00	11,6	28,3	1.033.000	12,7	27,5	-	
Guarapiranga	Canal Pinheiros	Pinheiros	16,50	9,8	29,8	1.088.000	13,7	26,7	-	
Traição	Canal Pinheiros	Pinheiros	7,50	6,5	33,0	1.204.000	-	-	-	Parcialmente construída
Retiro	Canal Pinheiros	Pinheiros	3,00	3,4	36,8	-	-	-	-	Utilização eventual da eclusa apenas por ocasião de cheias no rio Tietê
Vila Guilherme	Alto Tietê	Tietê	3,70	4,0	56,0	24.700.000	-	-	-	Barragem móvel
Penha	Alto Tietê	Tietê	5,50	5,3	52,1	23.000.000	-	-	-	Barragem móvel
São Miguel	Alto Tietê	Tietê	4,87	4,9	53,3	23.500.000	-	-	-	Barragem móvel
Itaquaquecetuba	Alto Tietê	Tietê	4,00	4,3	55,2	24.300.000	-	-	-	Barragem móvel
Brás Cubas	Alto Tietê	Tietê	4,20	4,4	54,7	24.100.000	-	-	-	Barragem móvel

fig. 75 - Número médio de eclusagens por dia e capacidade de tráfego nas eclusas. Fonte: (PLANO SANESP, 1983)

Nome	Localização	Tipo	Consumo de Água (m ³ /s)		Observações
			Sem Recuperador m ³ /s	Com 3 Câmaras Recuperadoras m ³ /s	
Anhembi	Tietê - Médio Superior	Tietê	2,68	1,23	
Sagueri	Tietê - Médio Superior	Tietê	2,68	1,23	
Laranjal Paulista	Tietê - Médio Superior	Tietê	4,21	1,81	
Tietê	Tietê - Médio Superior	Tietê	4,59	1,97	
Porto Feliz	Tietê - Médio Superior	Tietê	3,46	1,52	
Porto Góes	Tietê - Médio Superior	Tietê	5,70	2,39	
Itu	Tietê - Médio Superior	Tietê	7,89	3,31	
São Pedro	Tietê - Médio Superior	Tietê	7,09	2,98	
Cabreúva	Tietê - Médio Superior	Tietê	5,43	2,28	
Guaxetuba	Tietê - Médio Superior	Tietê	5,19	2,18	
Pirajá II	Tietê - Médio Superior	Tietê	3,72	1,64	
Pirajá I	Tietê - Médio Superior	Tietê	4,67	2,01	
Resgão	Tietê - Médio Superior	Tietê	6,18	2,60	
Pirapora (escada de 2 eclusas)	Tietê - Médio Superior	Tietê	5,19	2,18	Em cada uma das 2 eclusas iguais
Edgard de Souza	Tietê - Médio Superior	Tietê	5,19	2,18	
Pedreira	Canal Pinheiros	Pinheiros	0,67	-	
Guarapiranga	Canal Pinheiros	Pinheiros	0,43	-	
Traição	Canal Pinheiros	Pinheiros	0,22	-	
Retiro	Canal Pinheiros	Pinheiros	-	-	
Vila Guilherme	Alto Tietê	Tietê	1,02	-	
Penha	Alto Tietê	Tietê	1,41	-	
São Miguel	Alto Tietê	Tietê	1,81	-	
Itaquaquecetuba	Alto Tietê	Tietê	1,09	-	
Brás Cubas	Alto Tietê	Tietê	1,13	-	

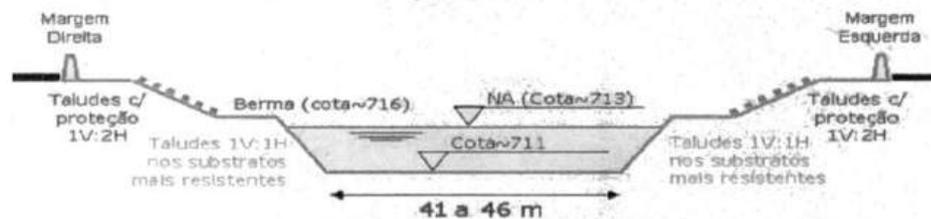
fig. 76 - Consumo de água nas eclusas. Fonte: (PLANO SANESP, 1983)

Configuração Atual do Canal



- Cota média do fundo do canal na cota 713,5 m
- Nível d'água operacional médio na cota 716 m em 95% do tempo
- Inviabilidade de navegação
- Período de recorrência de cheias de 2 anos

Configuração Final Projetada



- Cota média do fundo do canal na cota 711 m
- Rebaixamento de 2,5 m ao longo de toda a calha
- Nível d'água operacional médio na cota 713 m em 95% do tempo
- Viabilidade de navegação
- Período de recorrência de cheias de 100 anos

fig. 77 - Projeto de ampliação da calha do Tietê Fonte: DAEE - PDMAT 2

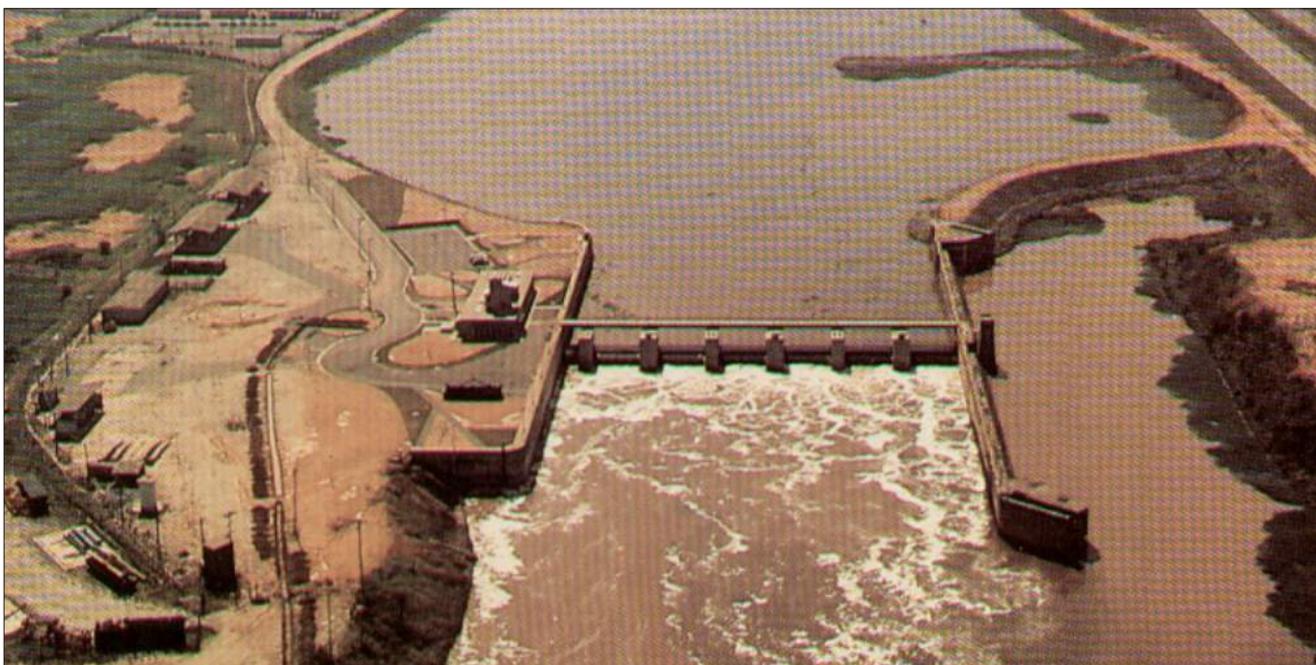


fig. 78 - Barragem da Penha, destaque para local de implementação da eclusa.
 Fonte: (FAT, 2004)



fig. 79 e 80- Barragens de Traição e Pedreira (destaque para os acessos às camaradas eclusas). Fonte: (FAT, 2004)

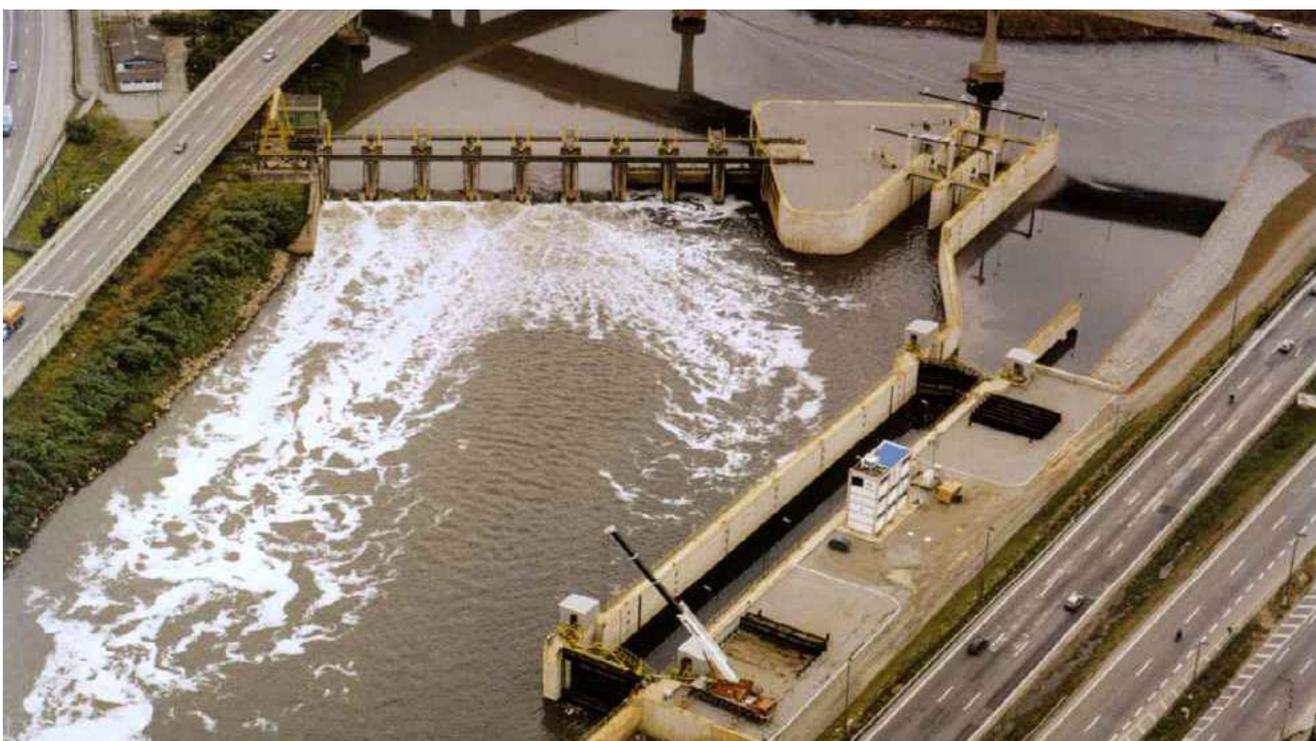


fig. 81 - Barragem móvel do cebolão com eclusa. Fonte: (FAT, 2004)

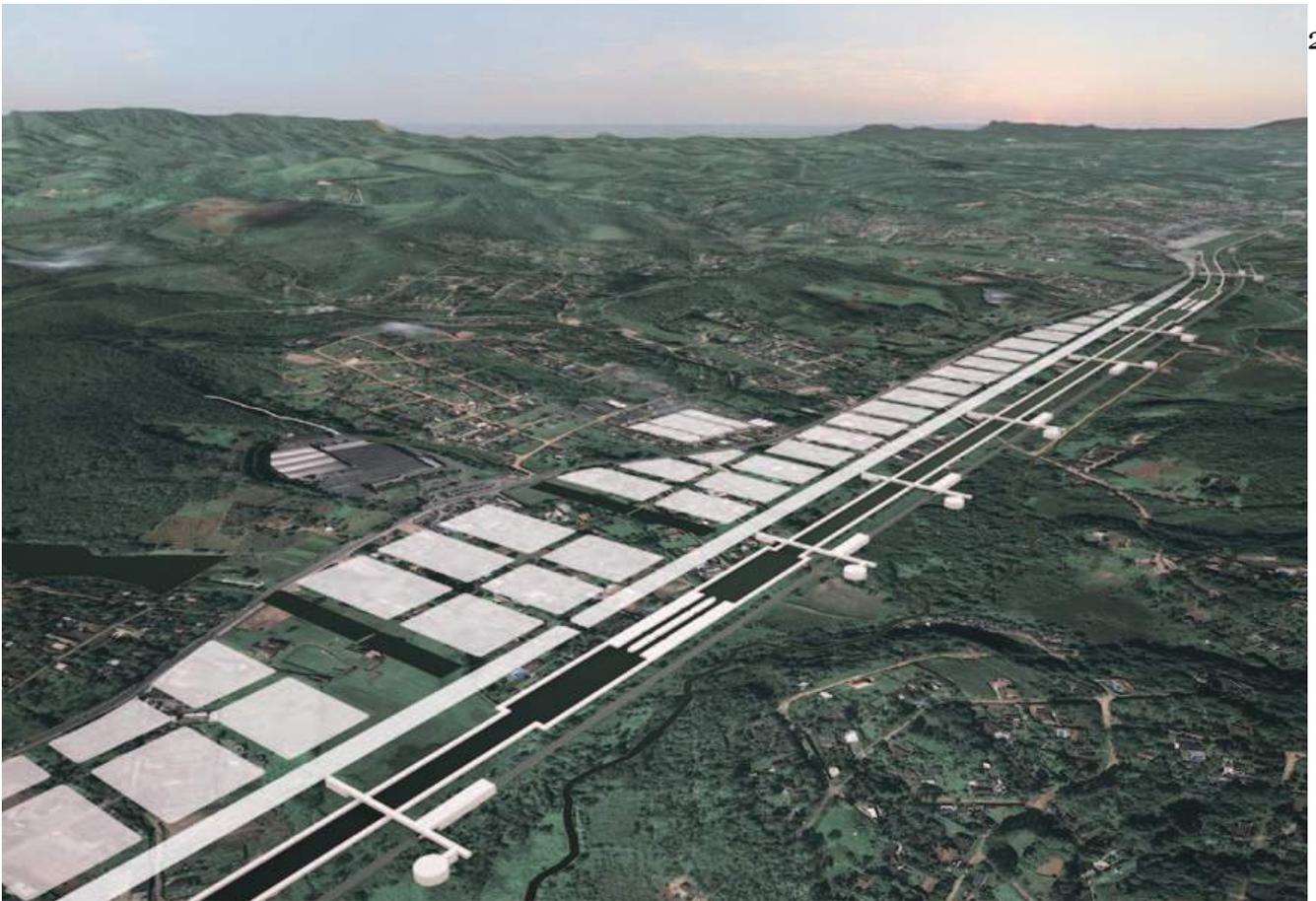


fig. 82 - Cidade -Canal Billings Taiaçupeba, escada de eclusas.
Fonte: (GMF, 2011)



fig. 83- Porto autônomo de Liège, dársena com acesso sob viaduto.
Fonte: (GMF, 2011)

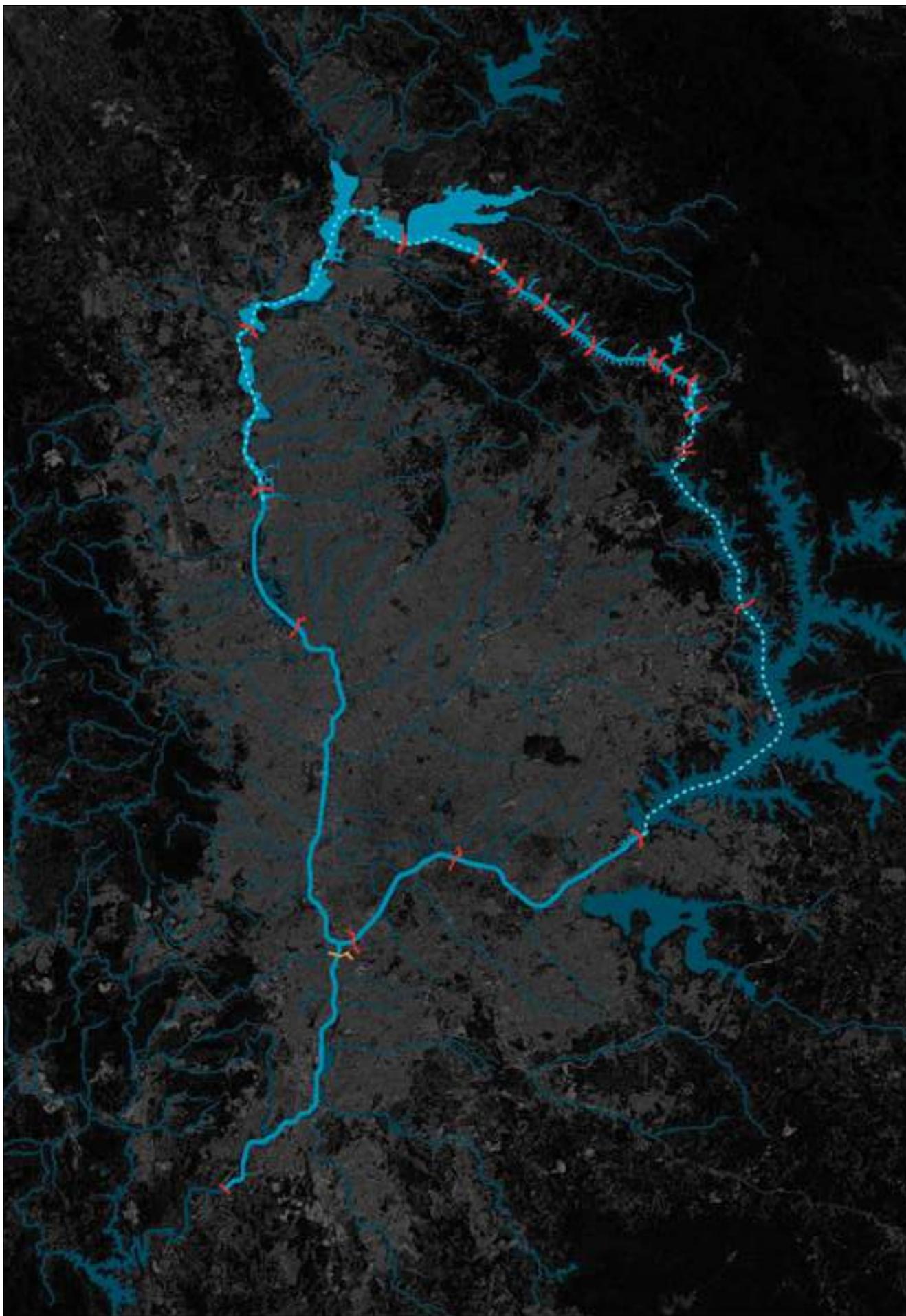


fig. 84 - Mapa do hidroanel metropolitano (DH 034/2010) . Fonte:(GMF, 2011)

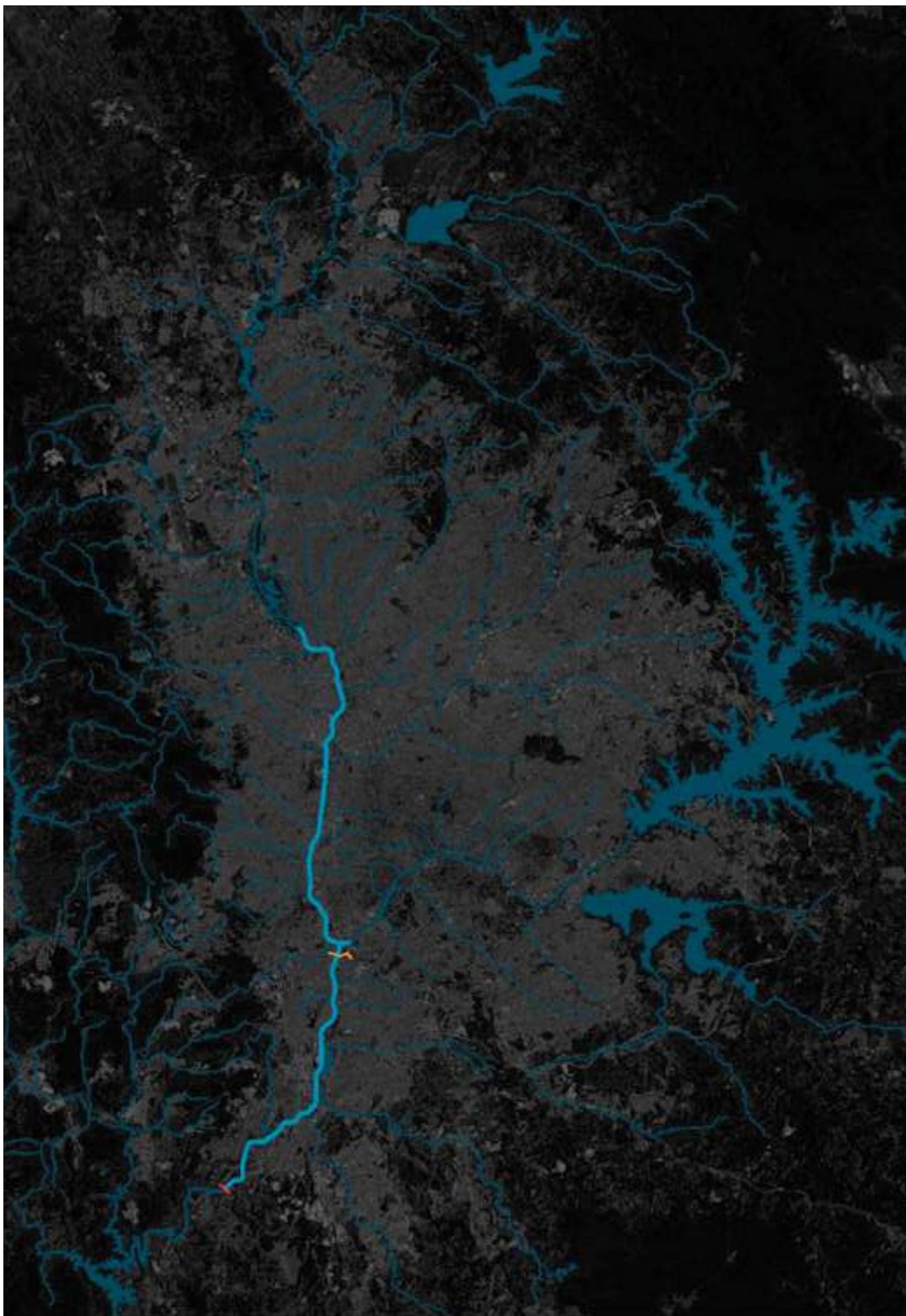


fig. 85 - Trecho atualmente navegável - entre Edgard de Souza e a Penha (2014) Fonte: (GMF, 2011)

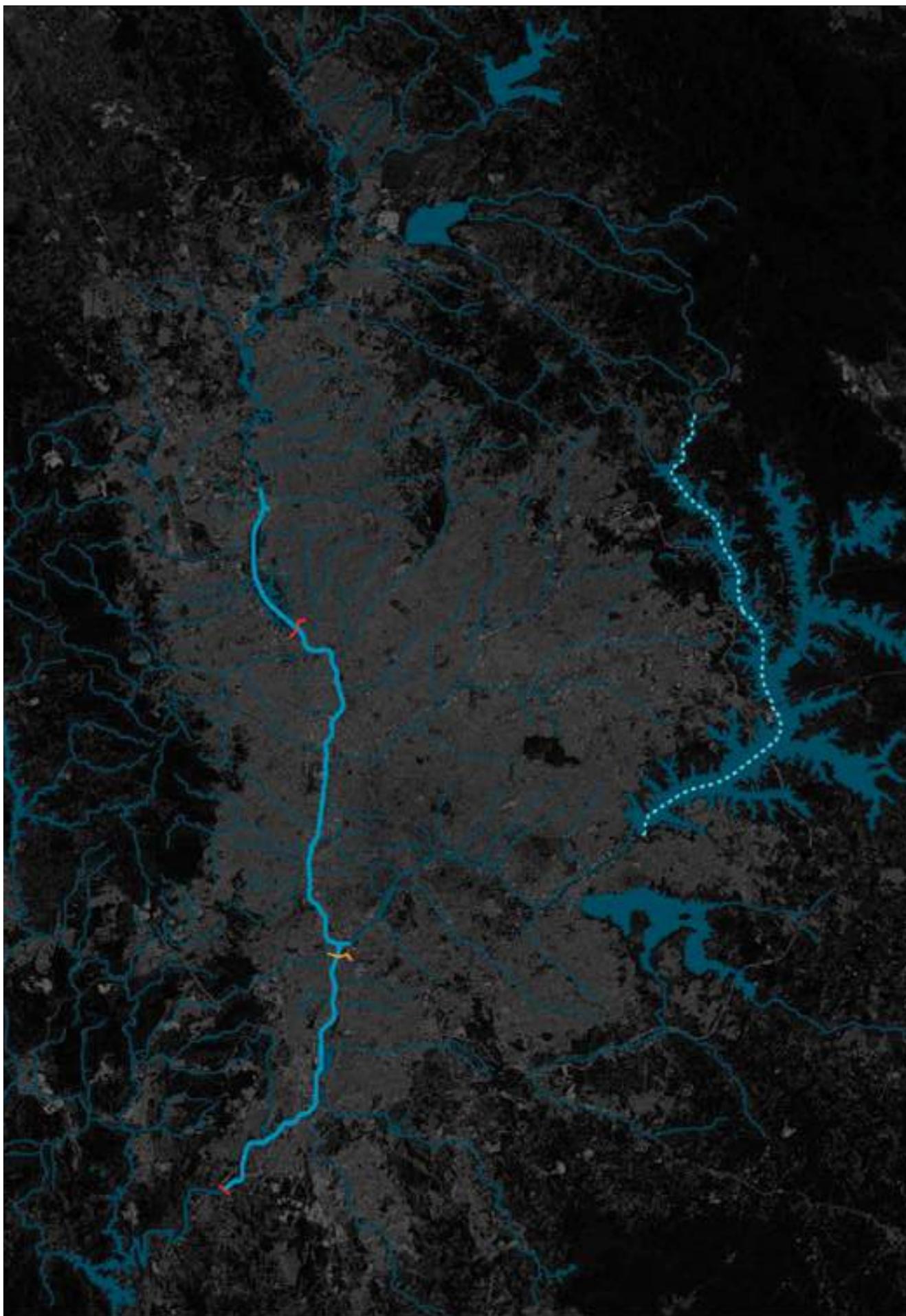


fig. 86 - Trecho navegável com a conclusão da eclusa da Penha.
Fonte: (GMF, 2011)



- | | | |
|--|---|--|
| 1 Eclusa de Retiro (E_pin 1) | 11 Tri-porto Anchieta (Tr 3) | 19 Lagos de Alimentação do Canal Lateral do Estiva |
| 2 Eclusa de Traição (E_pin 2) | 12 Trans-portos - 13 | 20 Canal Estiva |
| 3 Eclusa da Penha (E_tie 2) | 13 Eco-portos - 57 | 21 Quatro Eclusas do Canal Estiva (E_est 1 A 4) |
| 4 Tri-porto de Carapicuíba (Tr 1) | 14 Eclusa de Pedreira (E_bil 1) | 22 Canal de Partilha (Taiapuèba-mirim - Estiva) |
| 5 Alça Ferroviária de Cargas | 15 Eclusa Barragem de Taiapuèba (E_tai 1) | 23 Túnel Canal |
| 6 Eclusa de São Miguel (E_tie 3) | 16 Lagos de Alimentação do Canal Lateral do Córrego Taiapuèba-mirim | 24 Trans-porto Estiva (Tp 10) |
| 7 Eclusa de Itaquaquecetuba (E_tie 4) | 17 Canal Taiapuèba-mirim | |
| 8 Eclusa Dique Anchieta (E_bil 2) | 18 Seis Eclusas do Canal Taiapuèba-mirim | |
| 9 Eclusa Dique do Rio Grande (E_bil 3) | | |
| 10 Tri-porto Itaquaquecetuba (Tr 2) | | |

fig. 87 - Diagrama do Hidroanel com a localização das eclusa e triportos.

Fonte: (GMF, 2011)

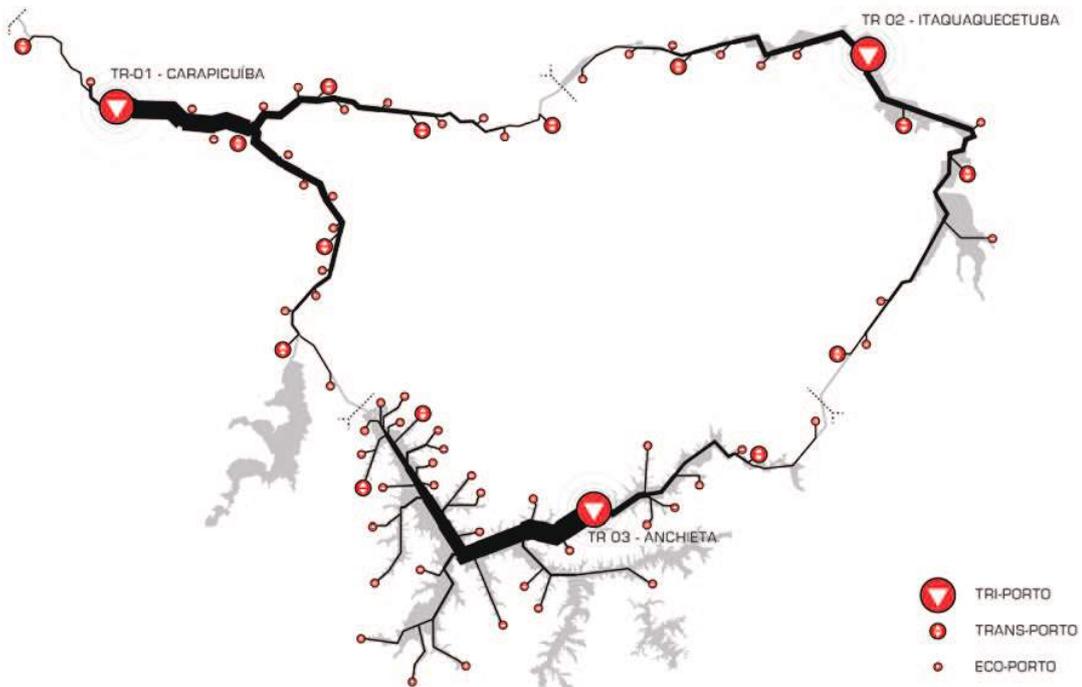


fig. 88 - Diagrama do Hidroanel captação de lixo e entulho.

Fonte: (GMF, 2011)

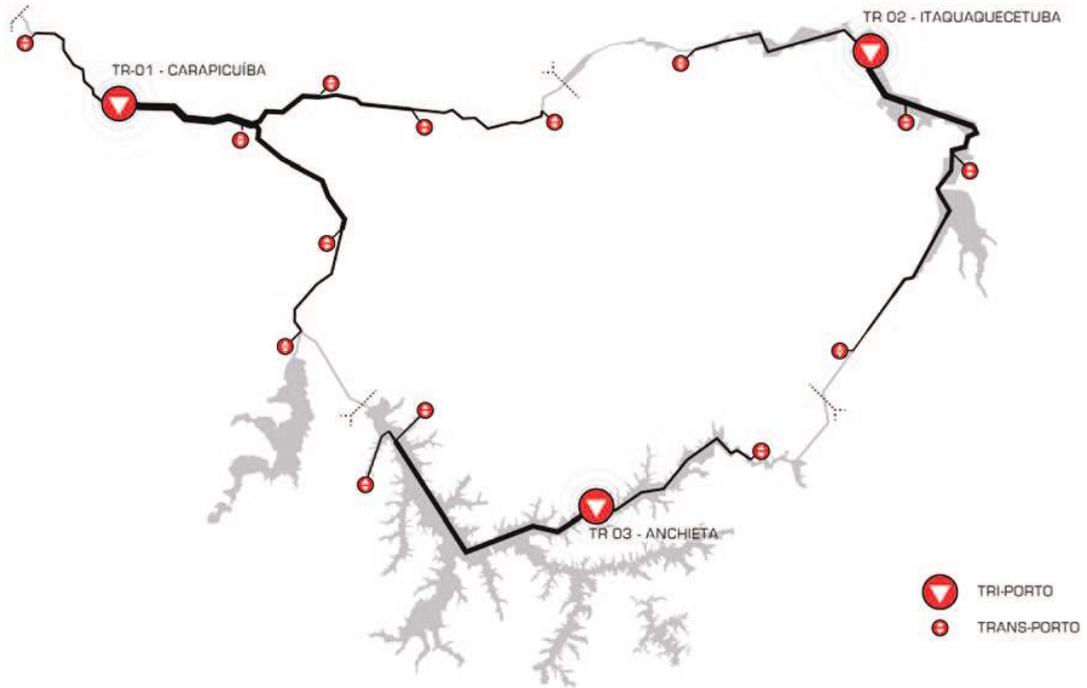


fig. 89 - Diagrama do Hidroanel captação de terra. Fonte: (GMF, 2011)

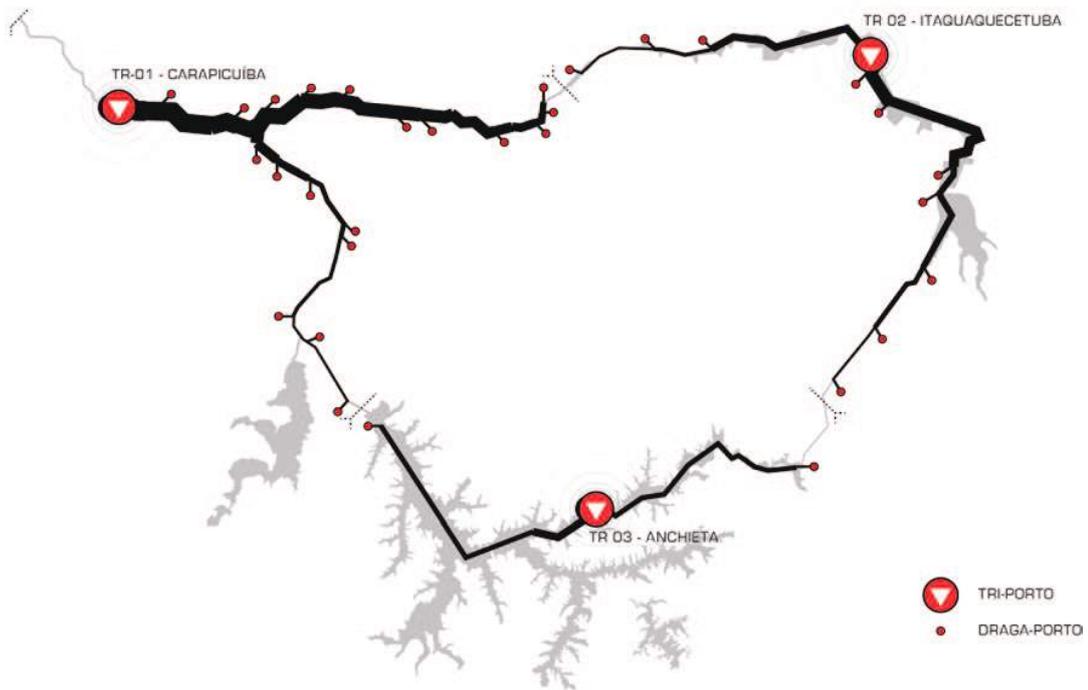


fig. 90 - Diagrama do Hidroanel captação lodo e dragagem
Fonte: (GMF, 2011)

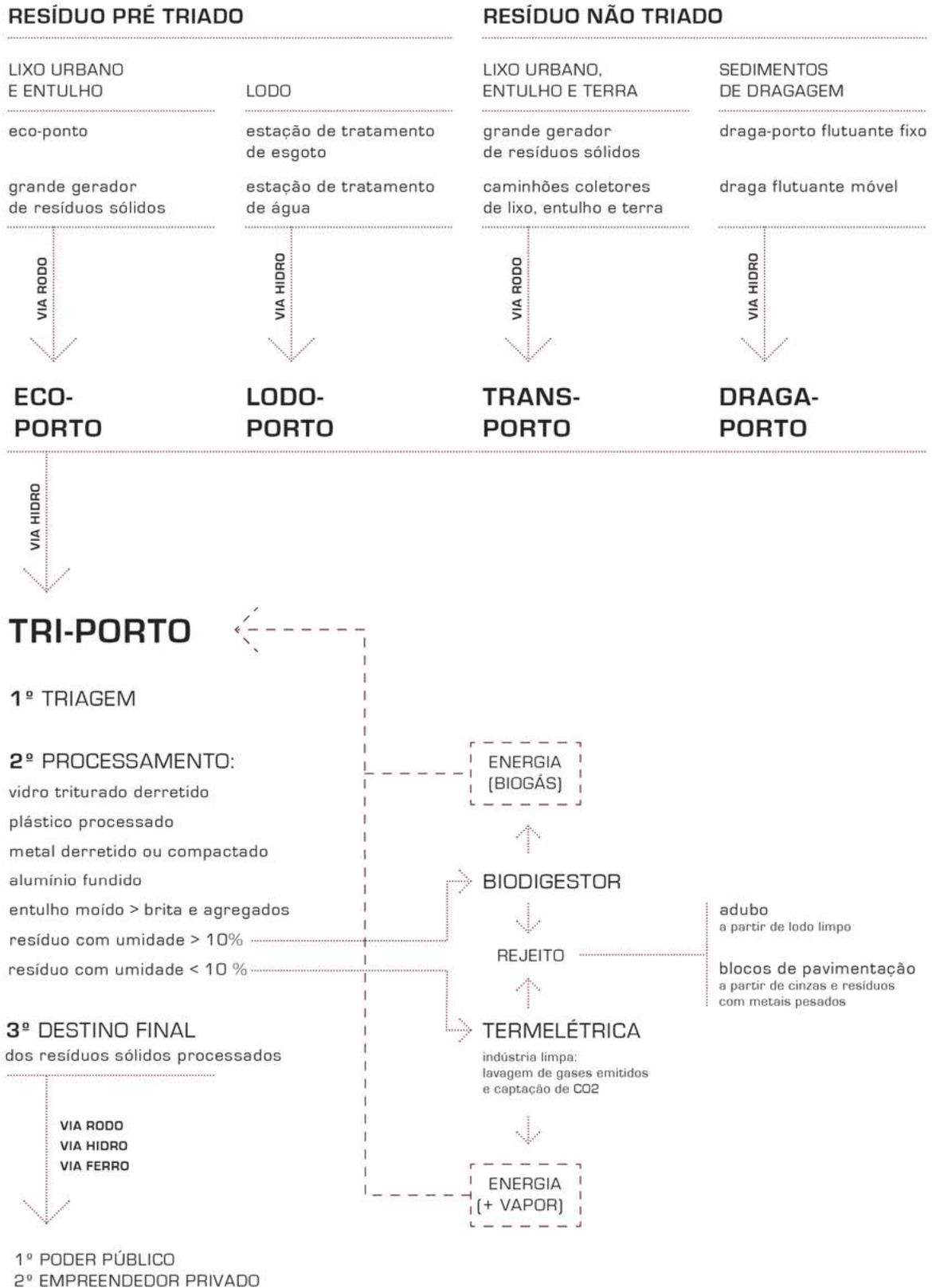


fig. 91 - Diagrama de circuito das cargas

Fonte: (GMF, 2011)

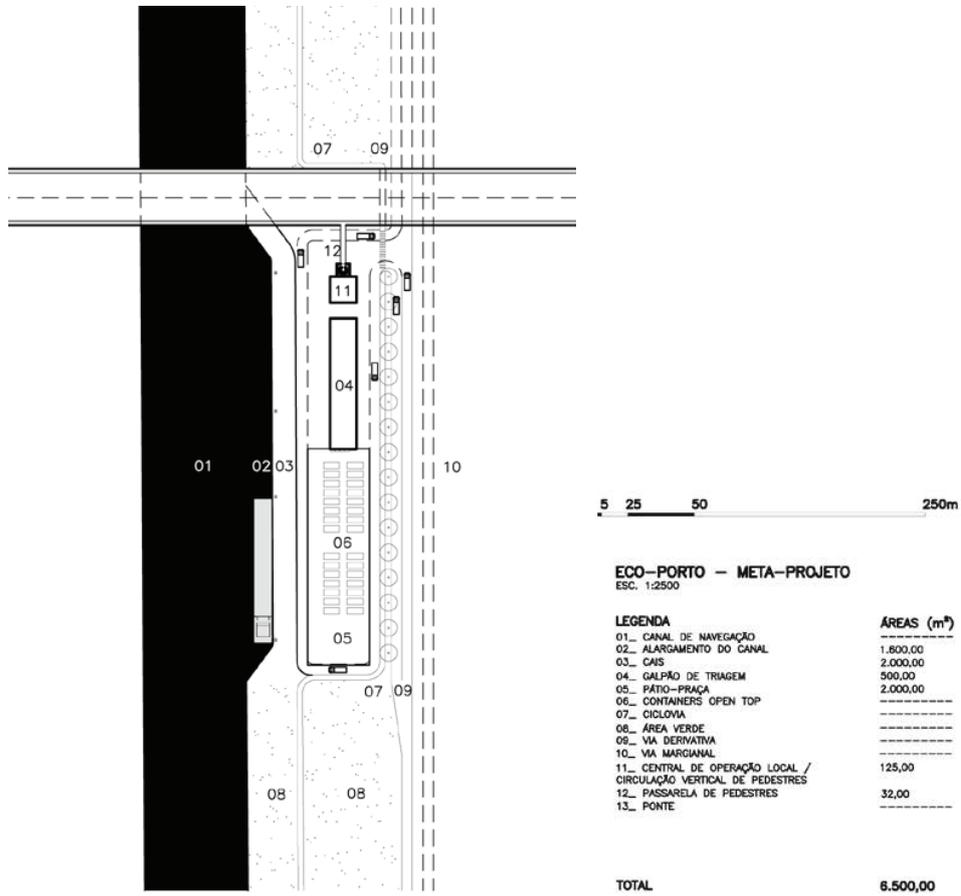


fig. 92 - esquema do ecoporto o junto às marginais Fonte: (GMF, 2011)

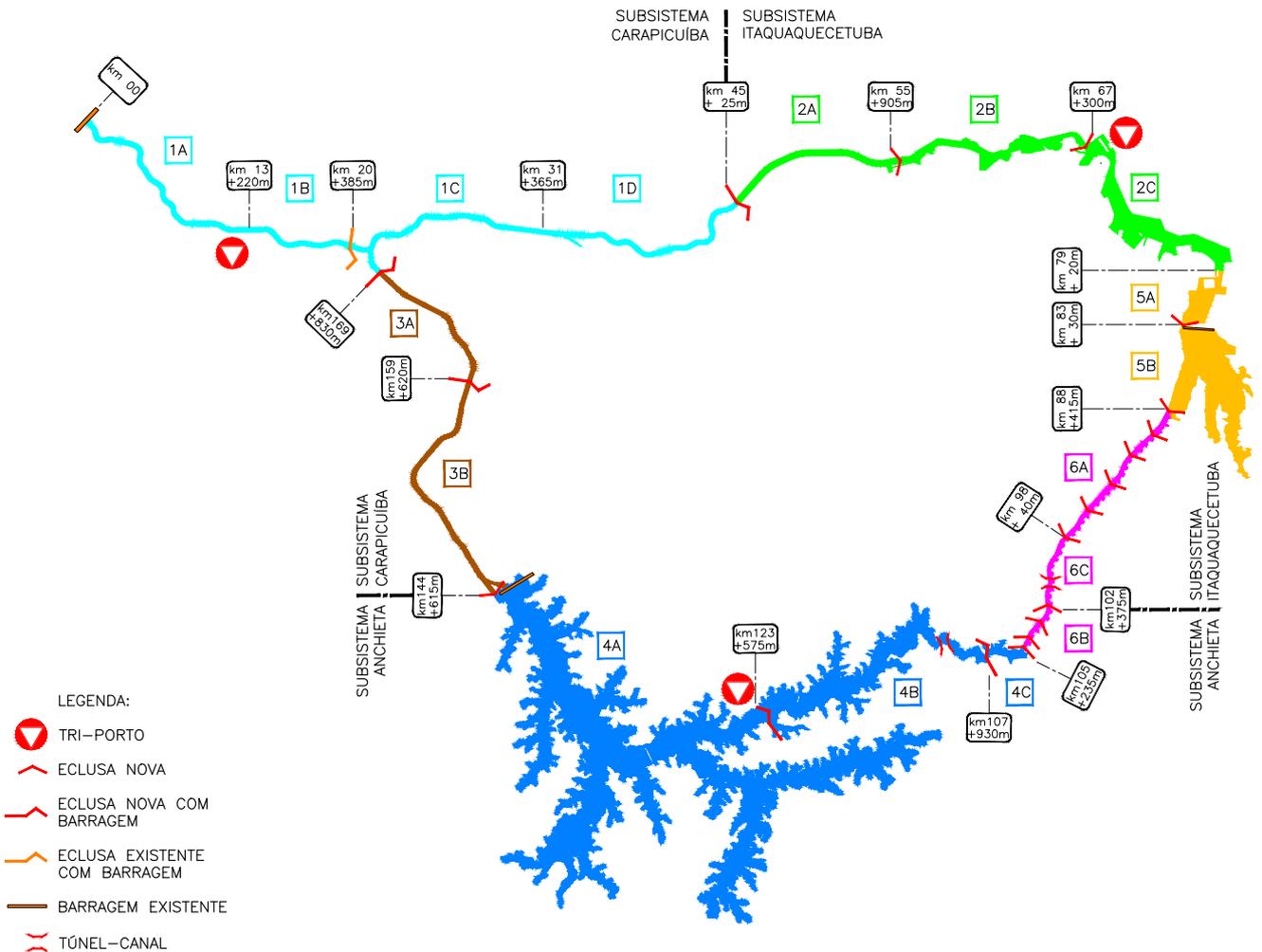


fig. 93 - Mapa dos trechos hidroviários Fonte: (GMF, 2011)

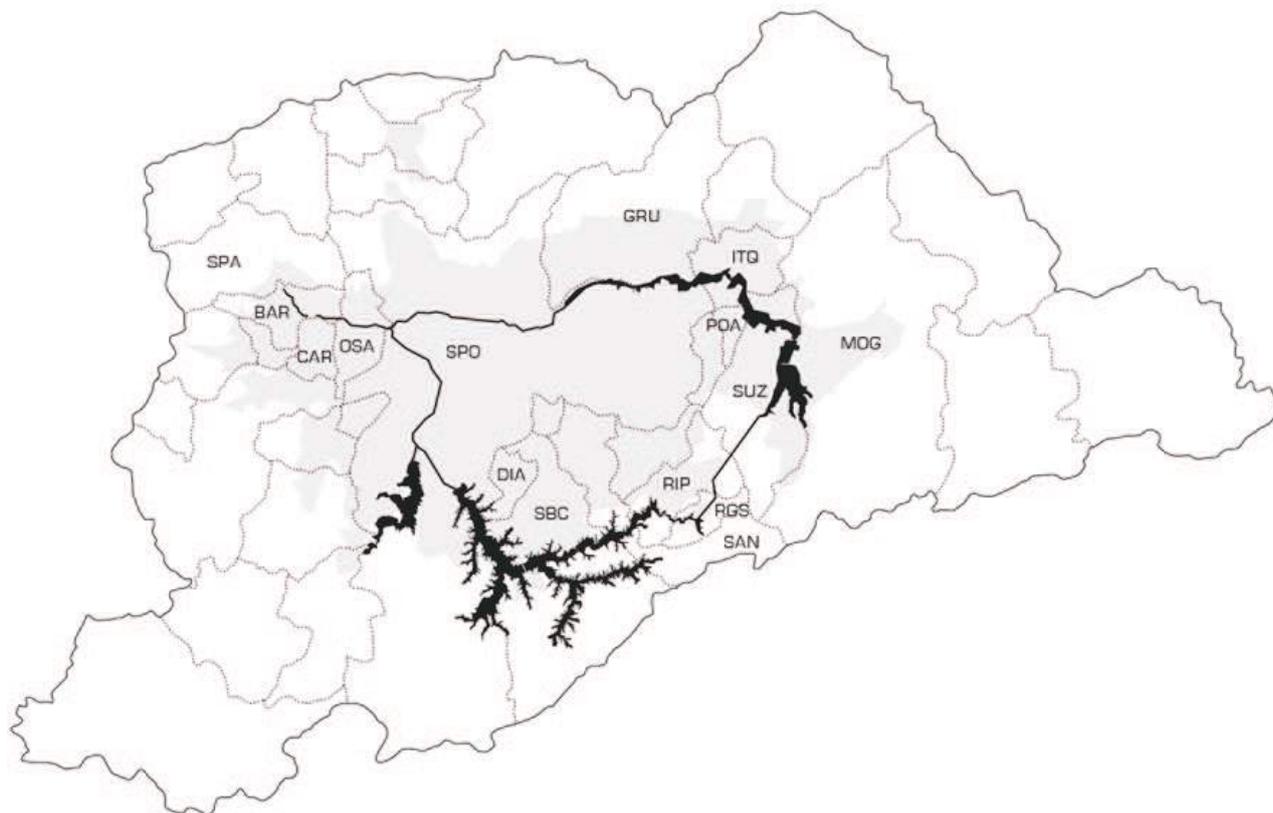


fig. 93 - Municípios da RMSP banhados pelo Hidroanel Fonte: (GMF, 2011)

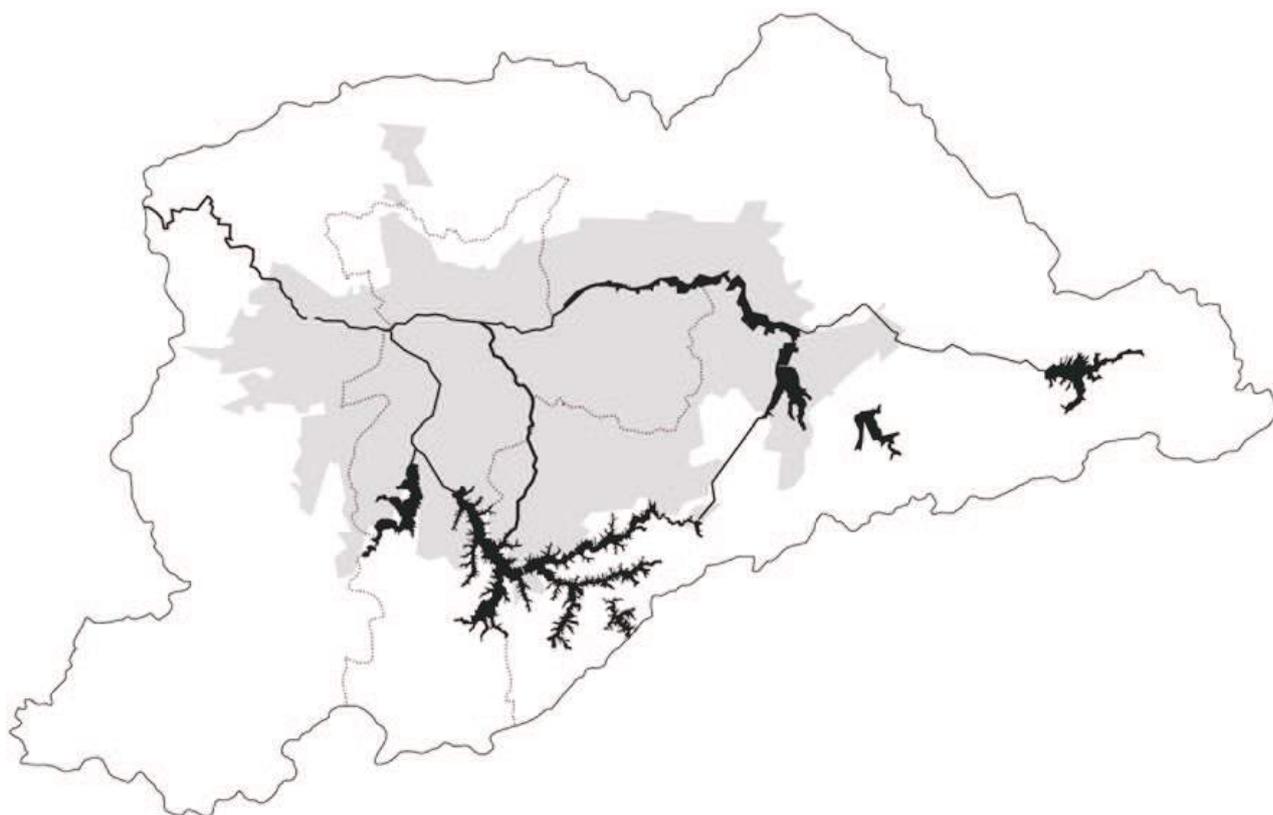


fig. 94 - Perspectivas de expansão da rede hidroviária - conexão Tamanduateí-Billings e Guarapiranga
 Fonte: (GMF, 2011)

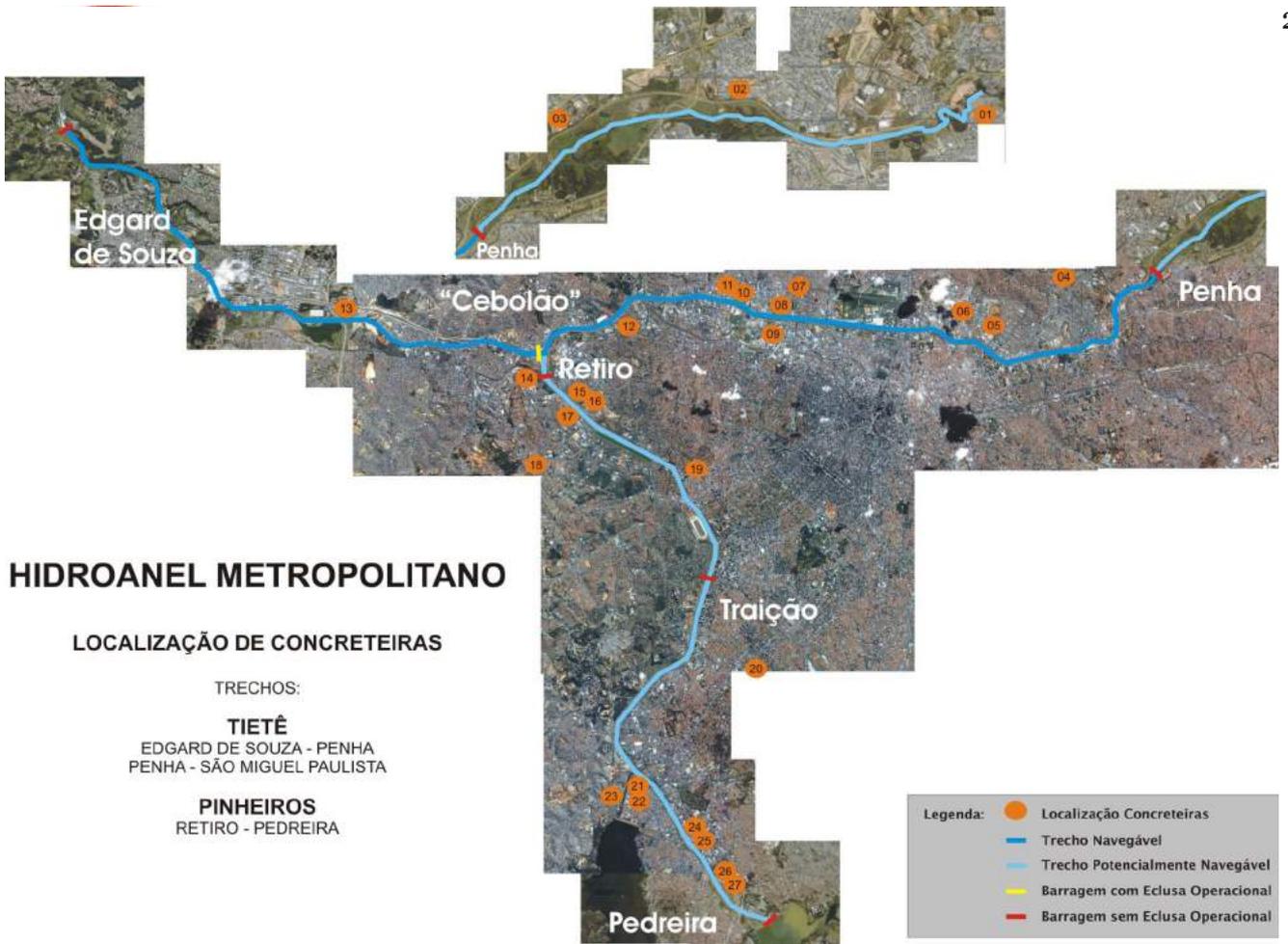


fig. 95 - Concreteira e a hidrovía. Fonte: PETCOM



fig. 96 - Estações intermodais nas margens do Sena, Paris. Fonte: GMF

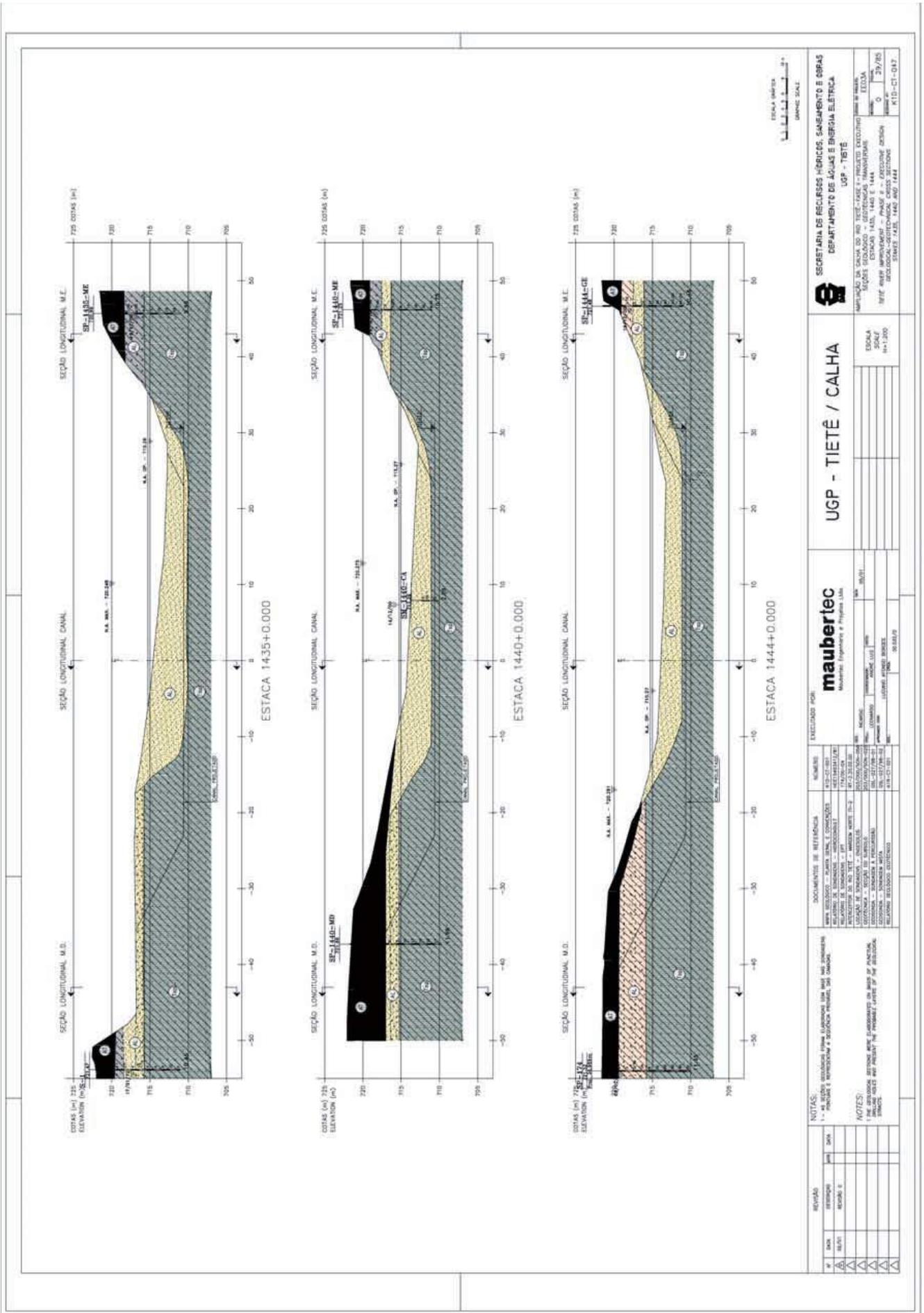


fig. 97 - Projeto de rabaixamento da calha do rio Tietê - 2001
 Fonte: DAEE- MALBERTEC

maubertec Máquinas, Equipamentos e Projetos Ltda.		EXECUÇÃO POR:	
UGP - TIETÊ / CALHA		UGP - TIETÊ	
SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA		MAPA DE COTA DO RIO TIETÊ - FASE 1 - PROJETO EXECUTIVO SEÇÃO LONGITUDINAL M.D. E M.E. - ESTACIONAMENTO TIETÊ - FASE 1 - PROJETO EXECUTIVO	
ESCALA: 1:200		DATA: 29/05	
PROJETO: 1435+0.000		ESTUDO: 1435+0.000	
PROJETO: 1440+0.000		ESTUDO: 1440+0.000	
PROJETO: 1444+0.000		ESTUDO: 1444+0.000	

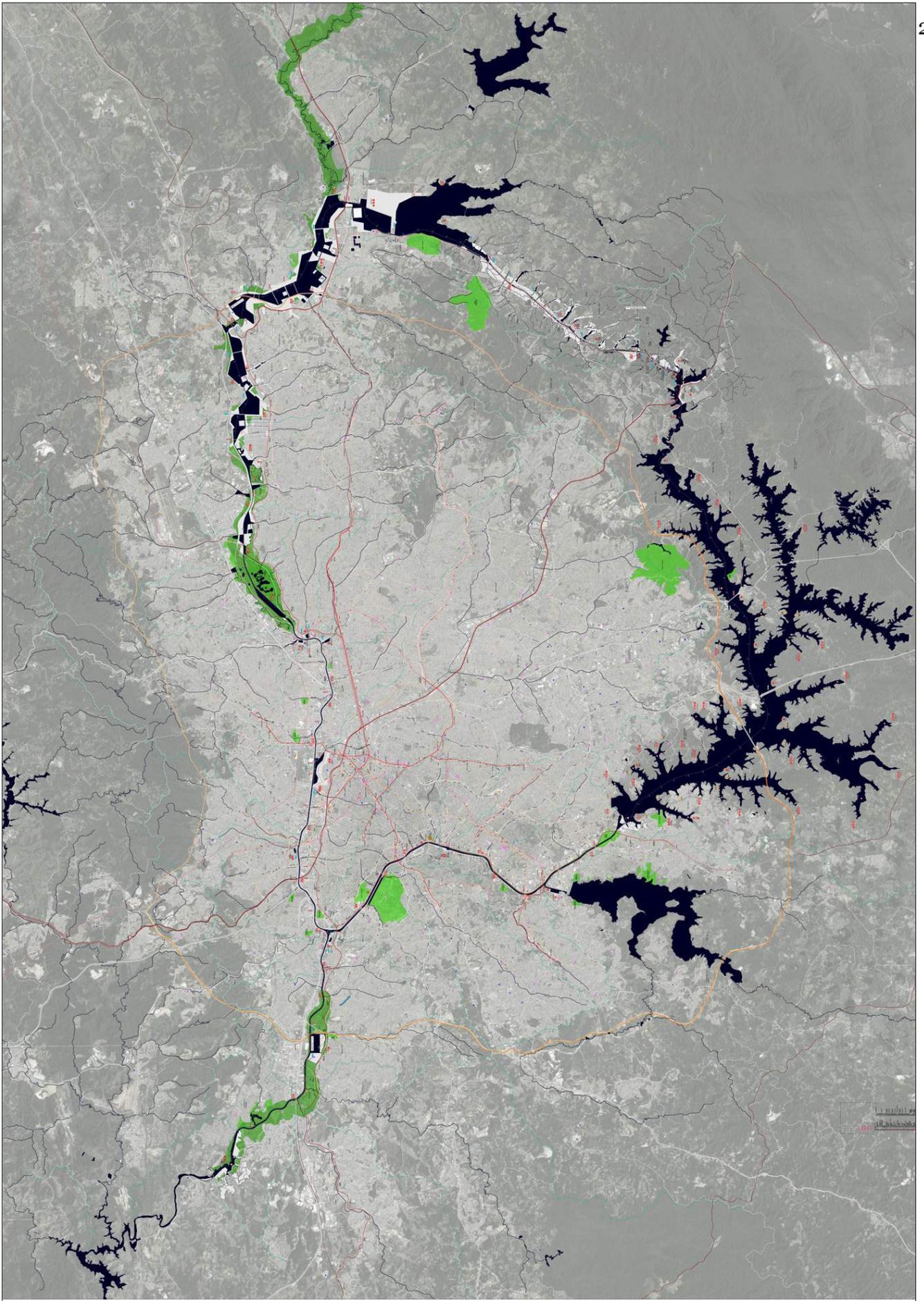


fig. 98 - Hidroanel. Fonte: GMF

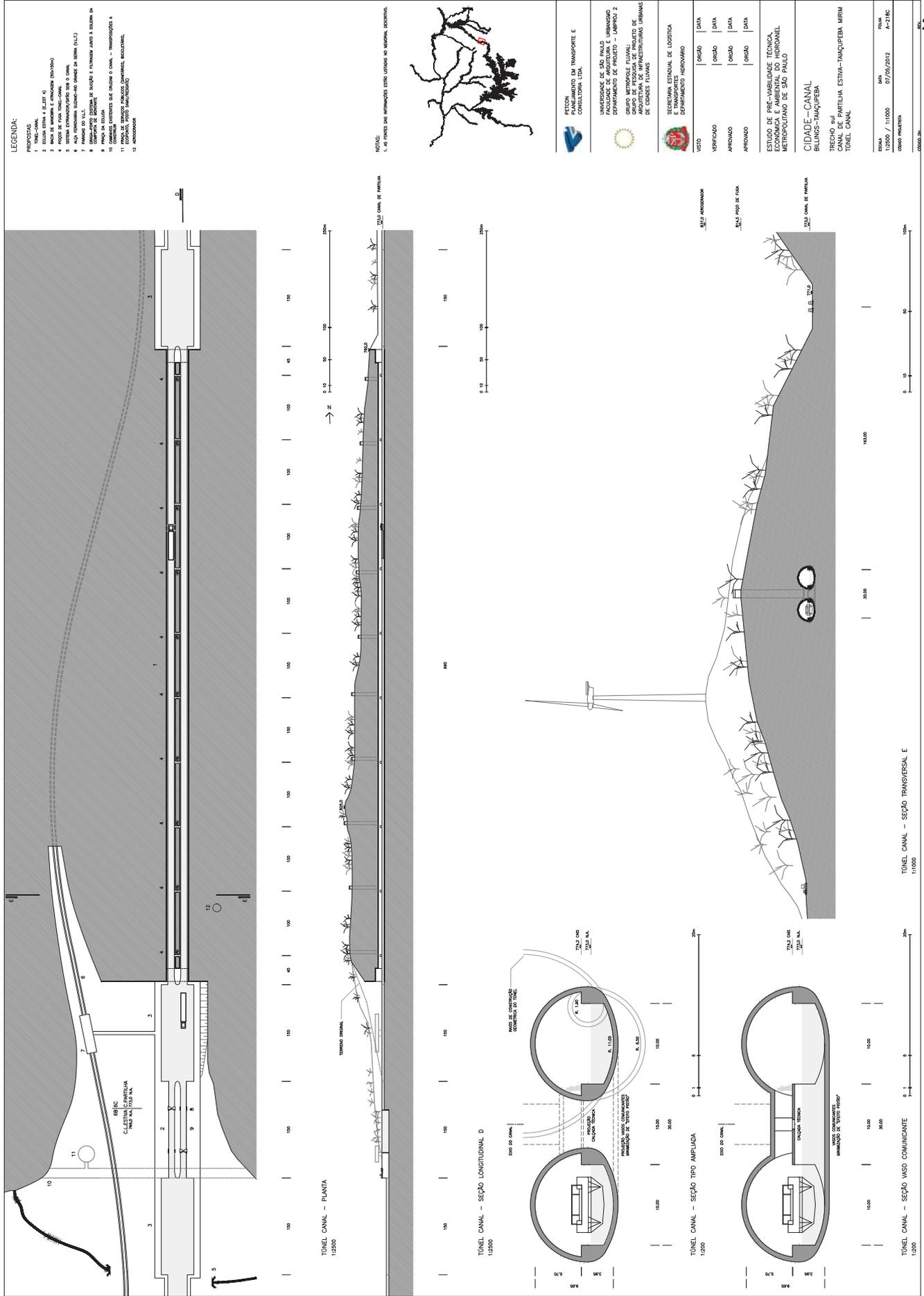


fig. 101- Canal de partilha Estiva - Taiaçupeba Mirim - Corte. Fonte: GMF

LEGENDA:

- PROPOSTAS
 1. CANAL NAVEGAVEL (P. 14)
 2. BARRAGEM TRAIÇÃO (P. 14)
 3. DRENO DO TRAIÇÃO (P. 14)
 4. DRENO DO BROOKLIN (P. 14)

DIRETRIZES DO PROJETO

1. REFORMA DO CANAL NAVEGAVEL
 2. BARRAGEM TRAIÇÃO
 3. DRENO DO TRAIÇÃO
 4. DRENO DO BROOKLIN
 5. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
 6. PROJETO DE ARQUITETURA
 7. PROJETO DE EXECUÇÃO
 8. PROJETO DE MANUTENÇÃO
 9. PROJETO DE OPERAÇÃO
 10. PROJETO DE FISCALIZAÇÃO
 11. PROJETO DE LICITACÃO
 12. PROJETO DE CONTRATAÇÃO
 13. PROJETO DE EXECUÇÃO
 14. PROJETO DE MANUTENÇÃO

EXISTENTE

1. CANAL NAVEGAVEL
 2. BARRAGEM TRAIÇÃO
 3. DRENO DO TRAIÇÃO
 4. DRENO DO BROOKLIN
 5. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL
 6. PROJETO DE ARQUITETURA
 7. PROJETO DE EXECUÇÃO
 8. PROJETO DE MANUTENÇÃO
 9. PROJETO DE OPERAÇÃO
 10. PROJETO DE FISCALIZAÇÃO
 11. PROJETO DE LICITACÃO
 12. PROJETO DE CONTRATAÇÃO
 13. PROJETO DE EXECUÇÃO
 14. PROJETO DE MANUTENÇÃO

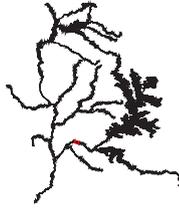
ÁREA NAVEGAVEL PROPOSTA:

1,7m

ÁREA DE INTERFERÊNCIA:

2,0m

NOTAS:
 1. AS ÁREAS DE INTERFERÊNCIA ESTÃO LIMITADAS AO NÍVEL MÁXIMO DE ENCHIMENTO DA BARRAGEM TRAIÇÃO, DE ACORDO COM O PROJETO DE BARRAGEM TRAIÇÃO, DE ACORDO COM O PROJETO DE BARRAGEM TRAIÇÃO, DE ACORDO COM O PROJETO DE BARRAGEM TRAIÇÃO.



PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

GRUPO METROPOLITANO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

SECRETARIA MUNICIPAL DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

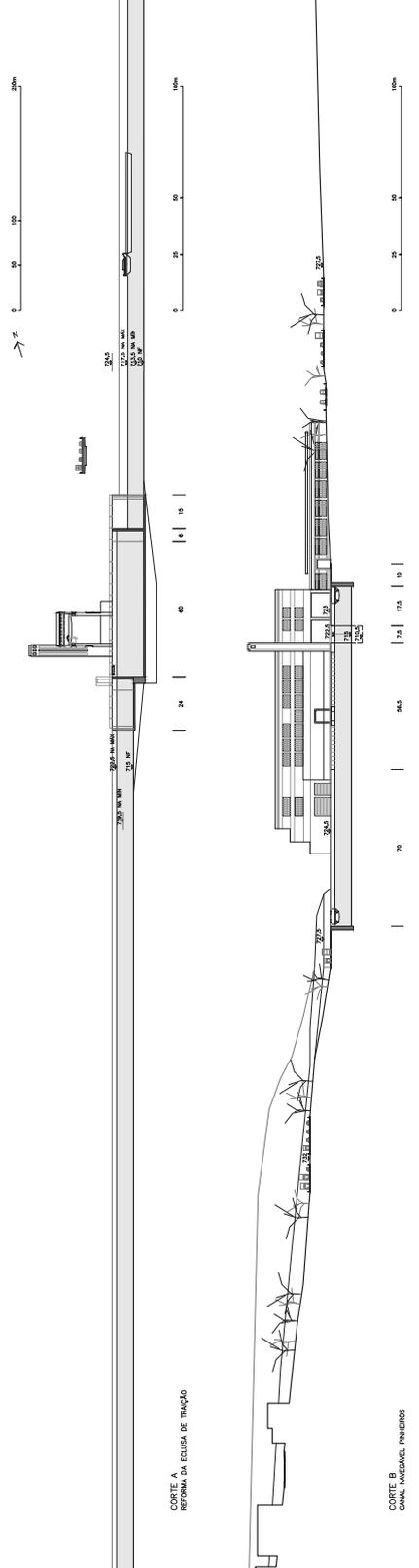


fig. 105 - Planta - reforma da eclusa existente de Traição. Fonte: GMF

LEGENDA:

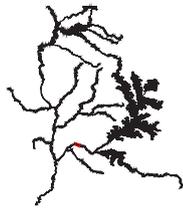
- PROPOSTAS**
1. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 01
 2. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 02
 3. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 03
 4. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 04
 5. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 05
 6. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 06
 7. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 07
 8. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 08
 9. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 09
 10. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 10
 11. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 11
 12. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 12
 13. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 13
 14. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 14
 15. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 15
 16. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 16
 17. CANAL DE SAÍDA DO LAGO 17
- EXISTENTE**
1. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 2. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 3. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 4. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 5. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 6. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 7. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 8. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 9. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 10. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 11. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 12. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 13. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 14. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 15. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 16. CANAL DE SAÍDA DO LAGO
 17. CANAL DE SAÍDA DO LAGO

ÁREA ALAGADA PROPOSTA:

ÁREA DE INTERVENÇÃO:

NOTAS:

1. AS ÁREAS ALAGADAS ESTÃO LIMITADAS ÀS ÁREAS DE INTERVENÇÃO.
2. O CONTÚO DE INTERVENÇÃO DEVE SER AVALIADO E APROVADO PELA COMISSÃO DE INTERVENÇÃO DO LAGO DE SAÍDA DO LAGO.



REDAÇÃO: PLANEJAMENTO DA TRANSPORTES E CONSULTORIA LTDA.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE PROJETO - LÁBORIO 2

GRUPO METROPOLITANO DE URBANISMO
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURAS URBANAS
DE CANAIS FLUVIAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LORETO
E TRANSPORTES E CONSULTORIA LTDA
DEPARTAMENTO DE PROJETO

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA
ECONOMIA E AMBIENTAL
METROPOLITANO DE SÃO PAULO

CANAL NAVEGÁVEL PINHEIROS
BARRAGEM / ECLUSA DE TRAIÇÃO
PLANTA - ECLUSA DE TRAIÇÃO
CORTE A - LONGITUDINAL ECLUSA DE TRAIÇÃO
CORTE B - TRANSVERSAL CANAL NAVEGÁVEL
PINHEIROS

VERSO	ORÇADO	DATA
VERIFICADO	ORÇADO	DATA
APROVADO	ORÇADO	DATA

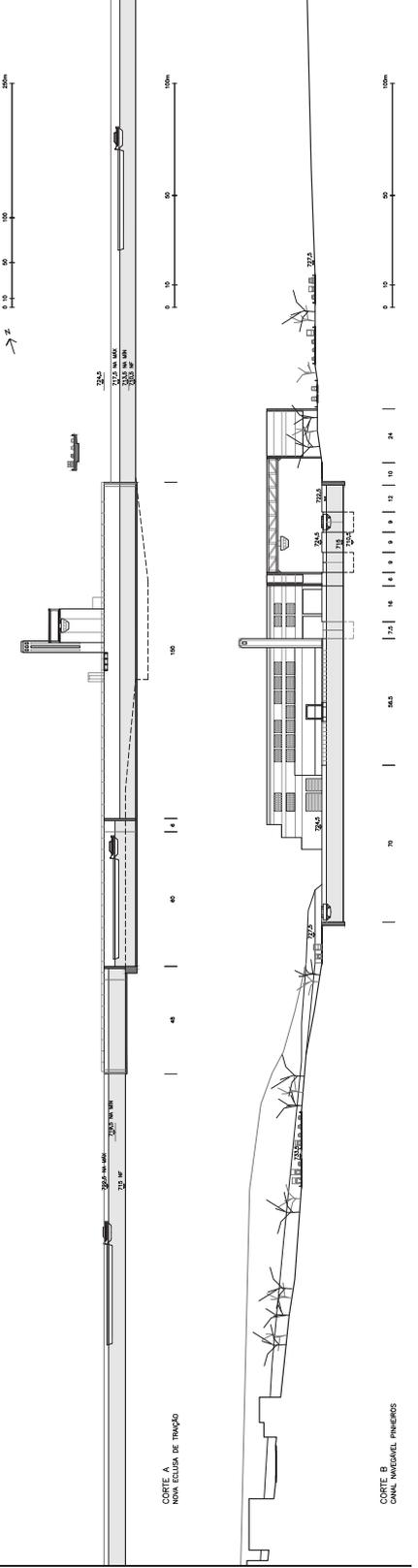


fig. 106 - Eclusa de Traição. Fonte: GMF

LEGENDA:

- 1 PROPOSTA
- 2 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 3 PARQUE LITORAL LITORAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 4 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 5 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 6 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 7 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 8 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 9 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 10 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 11 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 12 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 13 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 14 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 15 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 16 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA
- 17 CANAL LATERAL DA ECLUSA DE PEDREIRA

ÁREA ALIADA PROPOSTA:
Km

ÁREA DE INTERVENÇÃO:
Km

NOTAS:
1. AS FORTES DAS INFORMAÇÕES ESTÃO LISTADAS NO MANUAL DESCRITIVO.



REGIÃO PLANALTO DO TRANSPORTE E CONSULTORIA LTDA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE PROJETO - LÁBIOS 2
GRUPO METROPOLITANO LITORAL - INSTITUTO DE ARQUITETURA DE INFRAESTRUTURAS URBANAS DE CIDADES LITORANAS

SECRETARIA REGIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES DO PARANÁ
DEPARTAMENTO HIEROMAR

VERSO	ORÇADO	DATA
VERIFICADO	ORÇADO	DATA
APROVADO	ORÇADO	DATA
APROVADO	ORÇADO	DATA

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL DO PROJETO METROPOLITANO DE SÃO PAULO

CANAL NAVEGÁVEL BILLINGS
BARRAGEM / ECLUSA DE PEDREIRA
CANAL LATERAL / ECLUSA DE PEDREIRA
PORTO DE TRAVESSIA LACUSTRE BILLINGS
ECO-PORTO BILLINGS

15000
14000
13000

07/09/2012
A-211

GRUPO IM

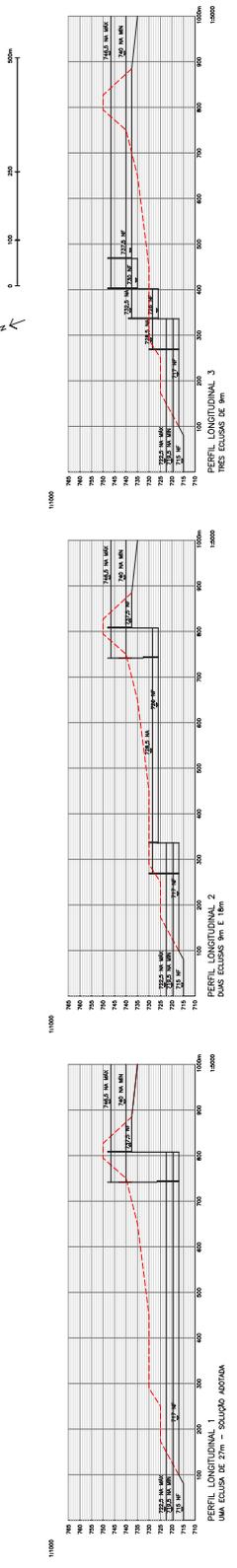
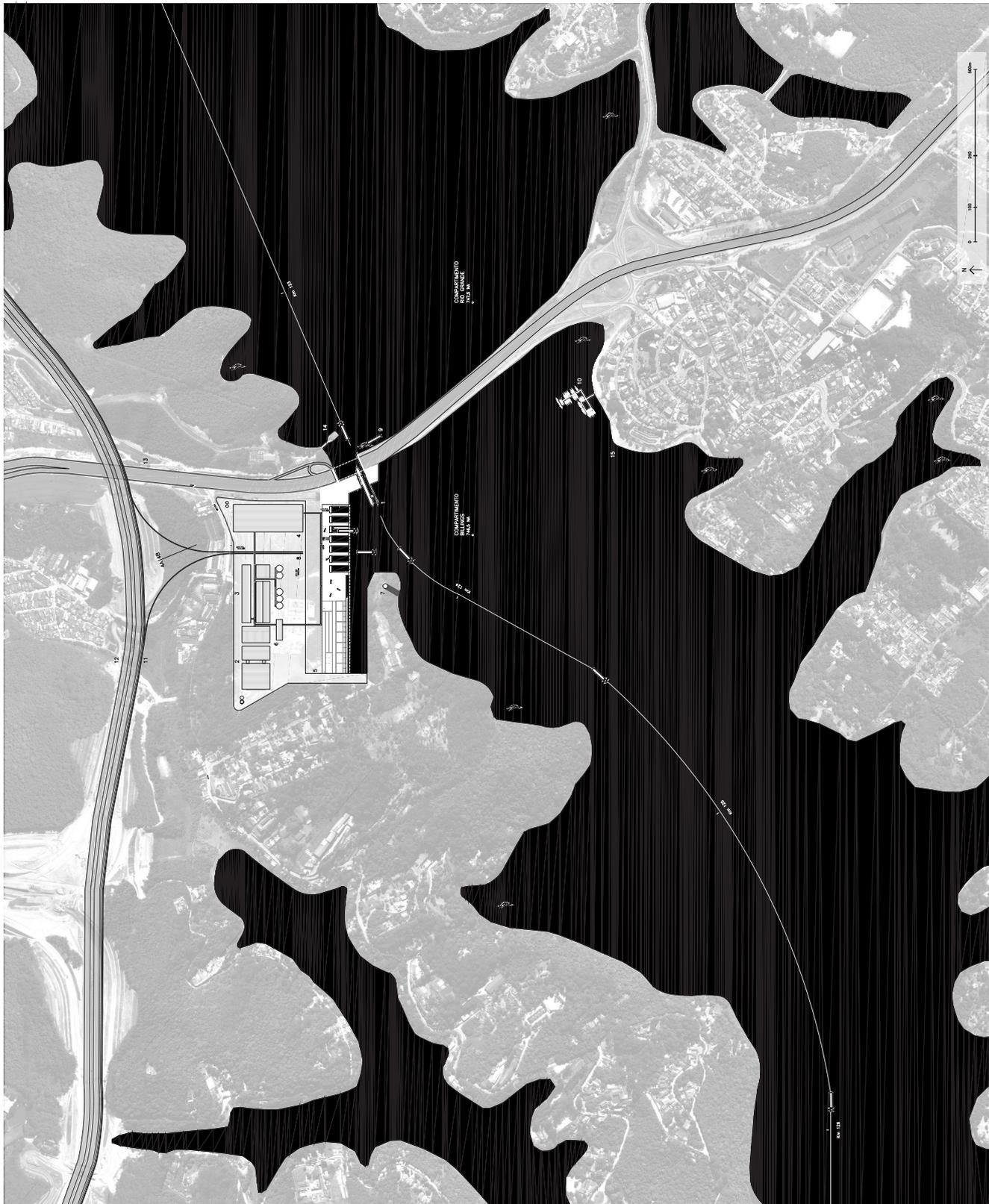


fig. 107 - Canal navegável Billings - Eclusa de Pedreira. Fonte: GMF



LEGENDA:

- PROPOSTAS**
- 1. ESCOLA MARIANA (L. 2)
 - 2. ESCOLA MARIANA (L. 1)
 - 3. ESCOLA MARIANA (L. 0)
 - 4. ESCOLA MARIANA (L. 1)
 - 5. ESCOLA MARIANA (L. 2)
 - 6. ESCOLA MARIANA (L. 3)
 - 7. ESCOLA MARIANA (L. 4)
 - 8. ESCOLA MARIANA (L. 5)
 - 9. ESCOLA MARIANA (L. 6)
 - 10. ESCOLA MARIANA (L. 7)
 - 11. ESCOLA MARIANA (L. 8)
 - 12. ESCOLA MARIANA (L. 9)
 - 13. ESCOLA MARIANA (L. 10)
 - 14. ESCOLA MARIANA (L. 11)
 - 15. ESCOLA MARIANA (L. 12)
- DIRETIZES PODER PÚBLICO**
- 1. ESCOLA MARIANA (L. 2)
 - 2. ESCOLA MARIANA (L. 1)
 - 3. ESCOLA MARIANA (L. 0)
 - 4. ESCOLA MARIANA (L. 1)
 - 5. ESCOLA MARIANA (L. 2)
 - 6. ESCOLA MARIANA (L. 3)
 - 7. ESCOLA MARIANA (L. 4)
 - 8. ESCOLA MARIANA (L. 5)
 - 9. ESCOLA MARIANA (L. 6)
 - 10. ESCOLA MARIANA (L. 7)
 - 11. ESCOLA MARIANA (L. 8)
 - 12. ESCOLA MARIANA (L. 9)
 - 13. ESCOLA MARIANA (L. 10)
 - 14. ESCOLA MARIANA (L. 11)
 - 15. ESCOLA MARIANA (L. 12)

EXISTENTE

- 1. ESCOLA MARIANA (L. 2)
- 2. ESCOLA MARIANA (L. 1)
- 3. ESCOLA MARIANA (L. 0)
- 4. ESCOLA MARIANA (L. 1)
- 5. ESCOLA MARIANA (L. 2)
- 6. ESCOLA MARIANA (L. 3)
- 7. ESCOLA MARIANA (L. 4)
- 8. ESCOLA MARIANA (L. 5)
- 9. ESCOLA MARIANA (L. 6)
- 10. ESCOLA MARIANA (L. 7)
- 11. ESCOLA MARIANA (L. 8)
- 12. ESCOLA MARIANA (L. 9)
- 13. ESCOLA MARIANA (L. 10)
- 14. ESCOLA MARIANA (L. 11)
- 15. ESCOLA MARIANA (L. 12)

ÁREA ALUGADA PROPOSTA:

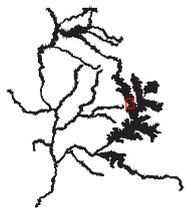
- 1. ESCOLA MARIANA (L. 2)
- 2. ESCOLA MARIANA (L. 1)
- 3. ESCOLA MARIANA (L. 0)
- 4. ESCOLA MARIANA (L. 1)
- 5. ESCOLA MARIANA (L. 2)
- 6. ESCOLA MARIANA (L. 3)
- 7. ESCOLA MARIANA (L. 4)
- 8. ESCOLA MARIANA (L. 5)
- 9. ESCOLA MARIANA (L. 6)
- 10. ESCOLA MARIANA (L. 7)
- 11. ESCOLA MARIANA (L. 8)
- 12. ESCOLA MARIANA (L. 9)
- 13. ESCOLA MARIANA (L. 10)
- 14. ESCOLA MARIANA (L. 11)
- 15. ESCOLA MARIANA (L. 12)

ÁREA DE INTERVENÇÃO:

- 1. ESCOLA MARIANA (L. 2)
- 2. ESCOLA MARIANA (L. 1)
- 3. ESCOLA MARIANA (L. 0)
- 4. ESCOLA MARIANA (L. 1)
- 5. ESCOLA MARIANA (L. 2)
- 6. ESCOLA MARIANA (L. 3)
- 7. ESCOLA MARIANA (L. 4)
- 8. ESCOLA MARIANA (L. 5)
- 9. ESCOLA MARIANA (L. 6)
- 10. ESCOLA MARIANA (L. 7)
- 11. ESCOLA MARIANA (L. 8)
- 12. ESCOLA MARIANA (L. 9)
- 13. ESCOLA MARIANA (L. 10)
- 14. ESCOLA MARIANA (L. 11)
- 15. ESCOLA MARIANA (L. 12)

NOTAS:

- 1. AS FONTES DAS INFORMAÇÕES ESTÃO LISTADAS NA LEGENDA DESTACADA.



RETON PLANEJAMENTO DA TRANSPORTES E CONSULTORIA LTDA.
 INGENHARIA DE CIVIL
 FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
 DEPARTAMENTO DE PROJETO - LÁBROR 2
 GRUPO METROPOLITANO DE ARQUITETURA E URBANISMO
 DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURAS URBANAS
 DE CARIACAS TUMAS



VISTO	ORGÃO	DATA
VERIFICADO	ORGÃO	DATA
APROVADO	ORGÃO	DATA

SECRETARIA MUNICIPAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES DE LAGOA ANCHIETA
 METROPOLITANO DE SÃO PAULO

LAGO NAVEGÁVEL BILLINGS
 ECLUSA BILLINGS 7 DOZE ANCHIETA
 TRI-PORTO ANCHIETA

PROJETO	DATA	PROJETA
15000	07/09/2012	AC-12

COORDENADOR: [nome]

fig. 108 - Tri-porto Anchieta. Fonte: GMF



fig.111 - Eclusa de São Miguel Paulista. Fonte: GMF



fig. 112 - Barragem/Eclusa do Cebolão. Fonte: GMF



fig.113 - Tri-porto de Itaquaquecetuba, Fonte: GMF



fig. 114 - Tri-porto de Carapicuíba. Fonte: GMF



fig. 115 - Tri-porto Anchieta. Fonte: GMF