

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Politécnica**  
**Departamento de Engenharia Hidráulica e**  
**Sanitária**

*PHD2537 – Água em Ambientes Urbanos*  
*Seminário – Plano Diretor de Macro-Drenagem na Região*  
*Metropolitana de São Paulo*

Prof. Dr. Rubem La Laina Porto  
Prof. Dr. Kamel Zahed Filho  
Profa. Dra. Monica Porto  
Prof. Dr. Luís Antonio Villlaça de Garcia

Grupo:  
José Armando Andrade Guarita Filho  
Marcello Cherem  
Raffael Elias Vaz da Silva  
Ricardo Curvello Dalmaso

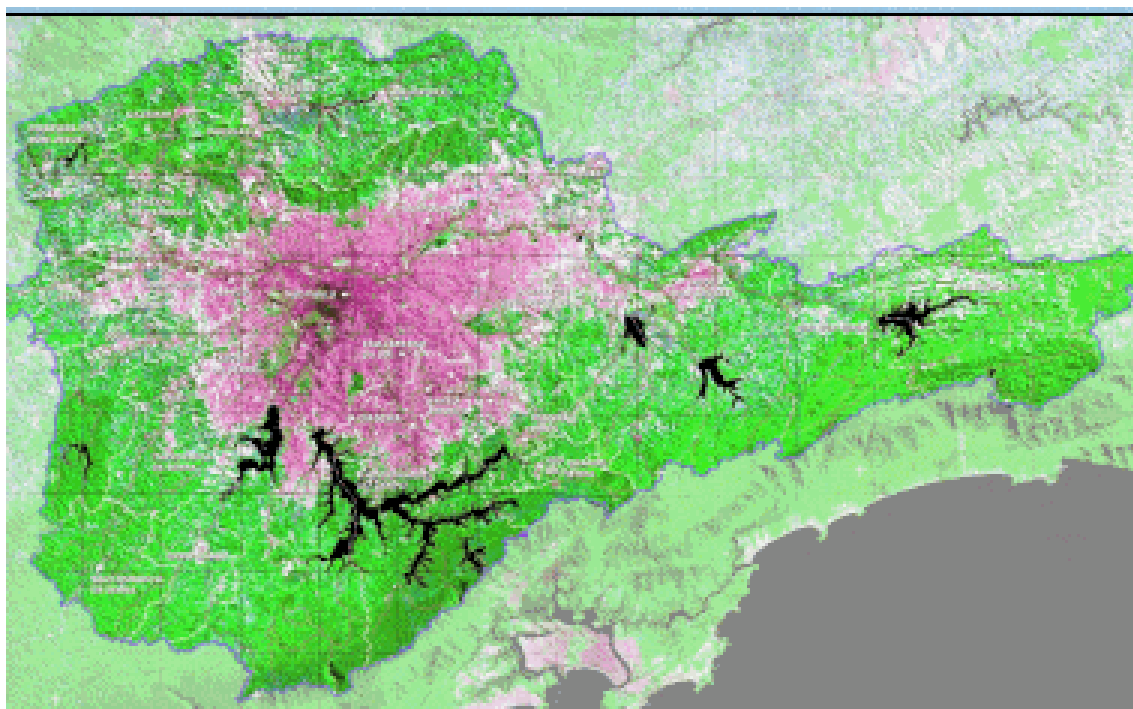
# Índice

1. Introdução.....	1
2. Bacia Superior do Ribeirão dos Meninos.....	4
3. Bacia do Rio Pirajussara.....	7
4. Calha do Rio Tietê entre a Barragem da Penha e Edgard de Souza.....	11
5. Bacia do Rio Aricanduva.....	15
6. Bibliografia.....	18

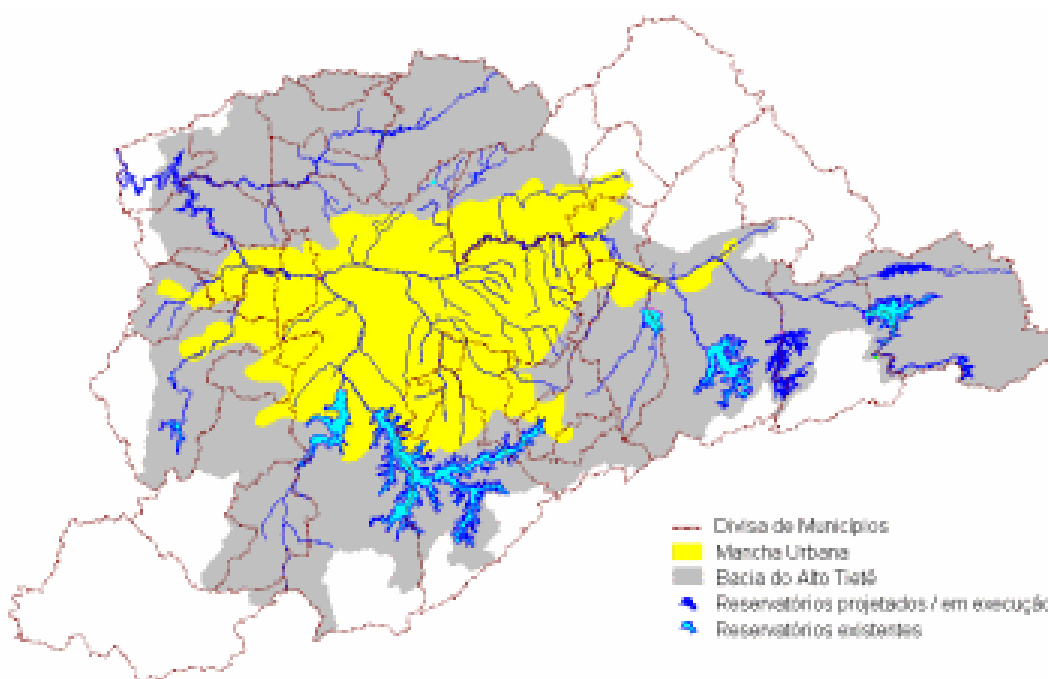
# 1. Introdução

A Região Metropolitana de São Paulo é a região formada pela cidade de São Paulo e os municípios ao seu redor que sofrem influência da metrópole, totalizando 39 municípios. Nesta região, a principal bacia hidrográfica é a “Bacia Hidrográfica do Alto Tietê”, mas existem também algumas áreas da RMSP que fazem parte de outras bacias hidrográficas menores. Estas regiões, porém, são muito menores do que a anterior e sendo assim o estudo do Plano Diretor de Macro-Drenagem da RMSP vai restringir-se ao estudo da Bacia do Alto Tietê.

A figura a seguir é uma foto feita por satélite da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.



A figura a seguir mostra a Região Metropolitana de São Paulo e a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

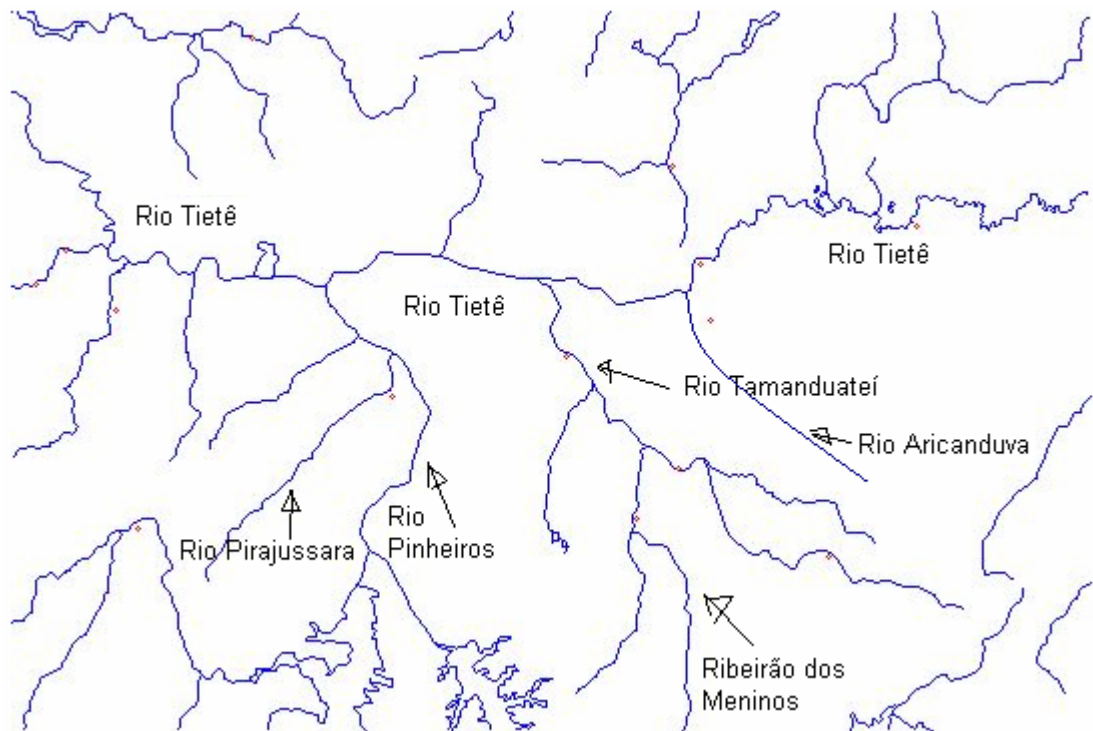


Para um estudo mais detalhado, o Plano diretor de Macro-Drenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê foi dividido em algumas áreas de estudo. Dentre estas áreas serão analisadas com maior profundidade as seguintes:

- Bacia Superior do Ribeirão dos Meninos;
- Bacia do Rio Pirajussara;
- Calha do Rio Tietê entre a Barragem da Penha e Edgard de Souza;
- Bacia do Rio Aricanduva.

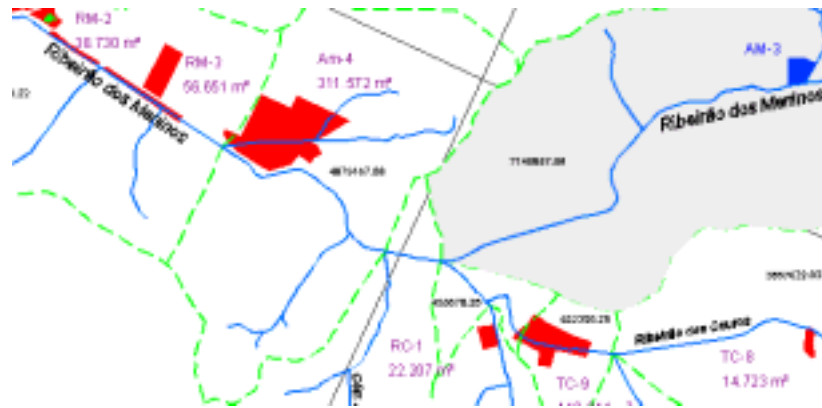
O principal objetivo do Plano diretor de Macro-Drenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê é a redução da vazão no Rio Tietê já que as descargas previstas no seu projeto de ampliação se constituirão em verdadeiras restrições de vazão a quaisquer aportes oriundos de futuros projetos de canalizações elaborados ou em elaboração nos diversos órgãos públicos. Entende-se que não haverá mais espaço físico e nem recursos adicionais para outras obras de ampliação da calha do rio Tietê que não sejam as que se encontram em andamento.

O esquema com a localização das áreas estudadas é o seguinte:

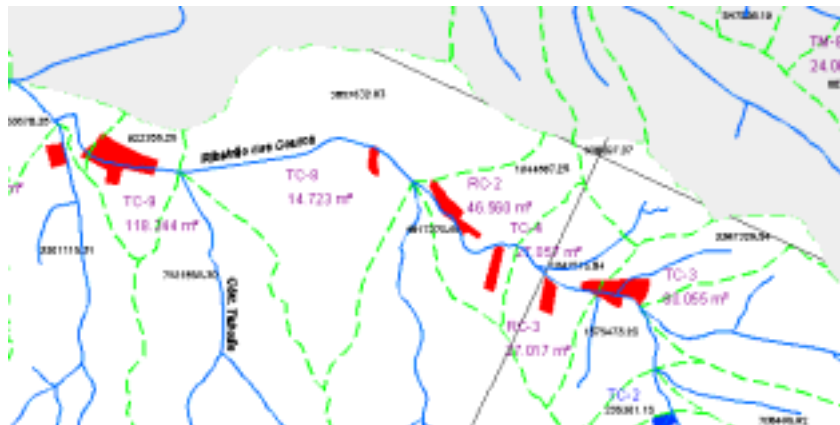




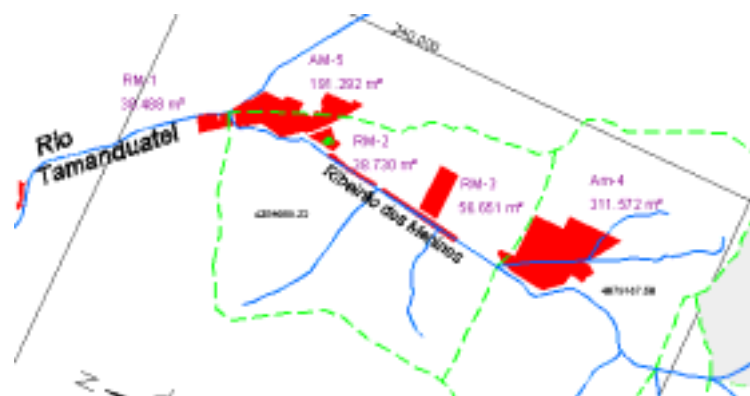
- Confluência com o Ribeirão dos Couros:



- Bacia do Ribeirão dos Couros:



- Desemboque no Rio Tamanduateí:



## **SOLUÇÃO GERAL RECOMENDADA**

Com base no diagnóstico aqui apresentado, o PDMAT recomenda uma série de ações estruturais e não estruturais para a bacia superior do ribeirão dos Meninos, descritas a seguir.

Como ação estrutural, necessita-se de um sistema de bacias de detenção e outras intervenções menores na calha do curso superior do ribeirão dos Meninos para assegurar o bom funcionamento hidráulico do sistema.

Restrição: vazão de 110 m<sup>3</sup>/s, a 150 m<sup>3</sup>/s na sua junção com o ribeirão dos Couros (TR = 25 anos).

Implantação do sistema de bacias de detenção, composto de 9 (nove) reservatórios, na seguinte ordem:

### **1ª. etapa (7 reservatórios no início do Ribeirão)**

Reservatórios construídos / em construção: TM-5, TM-6, TM-7 e AM-3

Reservatórios TM-2+TM-3, TM-4 e TM-8

O conjunto formado pelos reservatórios TM-2 + TM-3, TM-4, TM-5, TM-6, TM-7, TM-8 e AM-3 atende o período de retorno de 10 anos.

### **2ª. etapa – TR = 25 anos (9 reservatórios)**

Inclusão de bacias de detenção localizadas nas áreas RM-4 + RM-5 e RM-6, em complemento ao conjunto de 7 reservatórios da etapa anterior.

Esta configuração final reduzirá a vazão de projeto, de 324 m<sup>3</sup>/s (natural) para 114 m<sup>3</sup>/s, na recorrência de 25 anos.

### **3ª. etapa – TR = 100 anos**

Para atender esta condição, duas alternativas poderiam ser adotadas para se definir um conjunto de obras complementares:

#### *a) alternativa 1*

Duplicação de galeria sob a Av. Brig. Faria Lima (capacidade adicional de 110 m<sup>3</sup>/s) e ampliação da calha do Meninos e Chrysler, na região das nascentes.

#### *b) alternativa 2*

Em substituição à duplicação da galeria indicada na alternativa 1, que parece ser de difícil implantação, devido ao espaço físico disponível, poder-se-ia se considerar um túnel de reversão para o reservatório Billings, conforme concebido em 1993 pelo DAEE, composto de apenas duas captações, com capacidade para esgotar os excessos de TR = 100 anos.



### 3. Bacia do Rio Pirajussara

O sistema de drenagem hoje existente na bacia do rio Pirajussara pode ser considerado bastante precário. Esta precariedade traduz-se pela baixa capacidade de escoamento da galeria sob a Av. Eliseu de Almeida que tem condições de atender apenas uma chuva de 38 mm durante duas horas, situação esta associada a um período de retorno não superior a 2 anos.

Por estas razões, entende-se que a bacia do rio Pirajussara merece um enfoque especial das autoridades públicas municipais ou estaduais, no sentido de viabilizar as soluções de mais curto prazo para minimizar as inundações causadas pelos eventos hidrológicos mais frequentes.



Foto 1 - Nível atingido pela inundação de 01/01/99 na esquina da Av. Dr. João Guimarães e Rua Padre Correia de Almeida (a montante da Rodovia Régis Bittencourt).



Foto 2 - Nível atingido na inundação de 01/01/99 no rio Pirajussara, na esquina da Rua Alves dos Santos com a Estrada do Campo Limpo.

## **ASPECTOS HIDRÁULICOS RESTRITIVOS**

Os principais pontos de restrição se encontram no rio Pirajussara, ribeirão Poá e em alguns pequenos afluentes. Observou-se que, além da capacidade das calhas, o que restringe o escoamento das águas durante eventos chuvosos de maior intensidade são a má conservação das margens, assoreamento, lixo e entulhos lançados nos canais. Verifica-se também, trechos nos quais a vegetação ribeirinha avança sobre o canal.

## **SOLUÇÕES PROPOSTAS**

Em função dos graves problemas de inundações existentes na bacia do Pirajussara, os órgãos públicos estaduais e municipais responsáveis, de forma independente, têm desenvolvido uma série de projetos, ao longo dos últimos anos, que carecem de uma análise mais ampla e global.

No passado, para combater inundações, os projetos de drenagem urbana costumavam se limitar às chamadas obras de melhoria hidráulica dos canais. Quase sempre, visavam o aumento da sua capacidade de descarga, às custas de aumentos de velocidade, seja por incrementos de declividade, ou por adoção de um revestimento mais liso.

Nos últimos anos, após o sucesso da implantação do "piscinão" do Pacaembu, tem-se aceitado melhor a idéia de implantar reservatórios de amortecimento de cheias que permitem controlar as descargas e retardar a chegada dos picos de vazão para jusante. Conceitualmente, os reservatórios de contenção de cheias atuam no sentido de compensar os citados aspectos negativos da urbanização, com o objetivo de resgatar ou devolver, mesmo que parcialmente, as condições naturais equivalentes de uma determinada bacia hidrográfica.

Especificamente para a bacia do rio Pirajussara, o presente Plano Diretor conceitua e analisa duas alternativas para implantação de obras de combate às cheias nessa bacia, com base em estudos preliminares desenvolvidos pelo DAEE e pela PMSP, através do GEPROCAV.

## **Alternativa 1 - Solução em Túnel de Derivação**

Esta alternativa foi estudada pela PMSP e foi preconizada com a finalidade básica de aliviar as condições hidráulicas de funcionamento da galeria de concreto existente sob a Av. Eliseu de Almeida, com emboque situado imediatamente a jusante da confluência do rio Pirajussara com o ribeirão Poá. Esta galeria tem uma capacidade de descarga estimada em torno de 88 m<sup>3</sup>/s. O túnel de derivação foi projetado, com uma extensão aproximada de 5 km, para desviar uma vazão máxima de 180 m<sup>3</sup>/s para o Canal Pinheiros Superior. À época dos estudos, estes valores de projeto estavam associados a um período de retorno de 25 anos.

Um tal tipo de solução não pode ter apenas o enfoque localizado de proteger e aliviar a galeria existente a jusante. Apenas uma análise geral dos custos de sua implantação e dos benefícios totais correspondentes, advindos da diminuição dos danos de inundações, pode dar ao poder público a idéia da viabilidade de tal projeto.

Para permitir análises comparativas de custo-benefício com outras alternativas devem ser incorporadas as obras de melhoria e de reforços das canalizações também para o trecho superior da bacia, a montante do emboque do referido túnel. A configuração desta Alternativa 1, com túnel de derivação, deverá contar ainda com a implantação de dois reservatórios de retenção na parte de montante da bacia do rio Pirajussara, que se encontram em estágio avançado de licitação das obras pelo DAEE.

Portanto, de acordo com os objetivos fixados para a obtenção dos benefícios pretendidos, deverá resultar um custo de implantação para esta alternativa de obras de combate às inundações na bacia do rio Pirajussara, aqui denominada de Alternativa 1, o qual deverá ser comparado com o custo de implantação da Alternativa 2, a seguir conceituada.

## **Alternativa 2 - Com Reservatórios de Amortecimento de Cheias**

Esta alternativa consta de um sistema composto de 16 reservatórios de contenção de cheias, sendo 12 no rio Pirajussara e 4 na bacia do ribeirão Poá e mais trechos de canalização entre reservatórios, de forma a controlar inundações na bacia como um todo sem necessidade de construir o túnel de derivação da Alternativa 1. Este sistema inclui os dois reservatórios que estão sendo licitados pelo DAEE citados para a Alternativa 1.

A análise comparativa tem as seguintes premissas e expectativas:

- Uma vez providenciadas todas as obras de melhoria e reforços das canalizações existentes no trecho de montante da bacia do Pirajussara, as 2 alternativas deverão se equivar, funcionando adequadamente para vazões de até 25 anos de período de retorno;
- Na Alternativa 1, as vazões escoadas deverão ser de maior magnitude ao longo dos diversos trechos da bacia e escoando com maior rapidez, em relação à Alternativa 2; este comportamento deve-se ao amortecimento, em cada reservatório, do hidrograma parcial de vazões em cada sub-bacia considerada;
- Na Alternativa 1, junto ao emboque da galeria sob a Av. Eliseu de Almeida, a vazão remanescente será equivalente à diferença entre a vazão total afluente (com amortecimento em apenas dois reservatórios) e a capacidade máxima de desvio do túnel, que foi fixada em 180 m<sup>3</sup>/s;
- Na Alternativa 2, a vazão remanescente junto ao emboque da mesma galeria será a soma da descarga final, após o amortecimento nos 11 reservatórios do Pirajussara e da descarga oriunda dos 2 reservatórios previstos para o ribeirão Poá;

Conforme se observa é de se esperar vantagem hidráulica operacional, em favor da Alternativa 2, pelo controle das descargas e dos tempos de percurso, de forma gradual, ao longo de toda a bacia. As menores descargas intermediárias da Alternativa 2 deverão também acarretar menores custos das obras de melhoria hidráulica no trecho de montante.

A seguir podem ser observadas as áreas inundadas da Bacia do Pirajussara

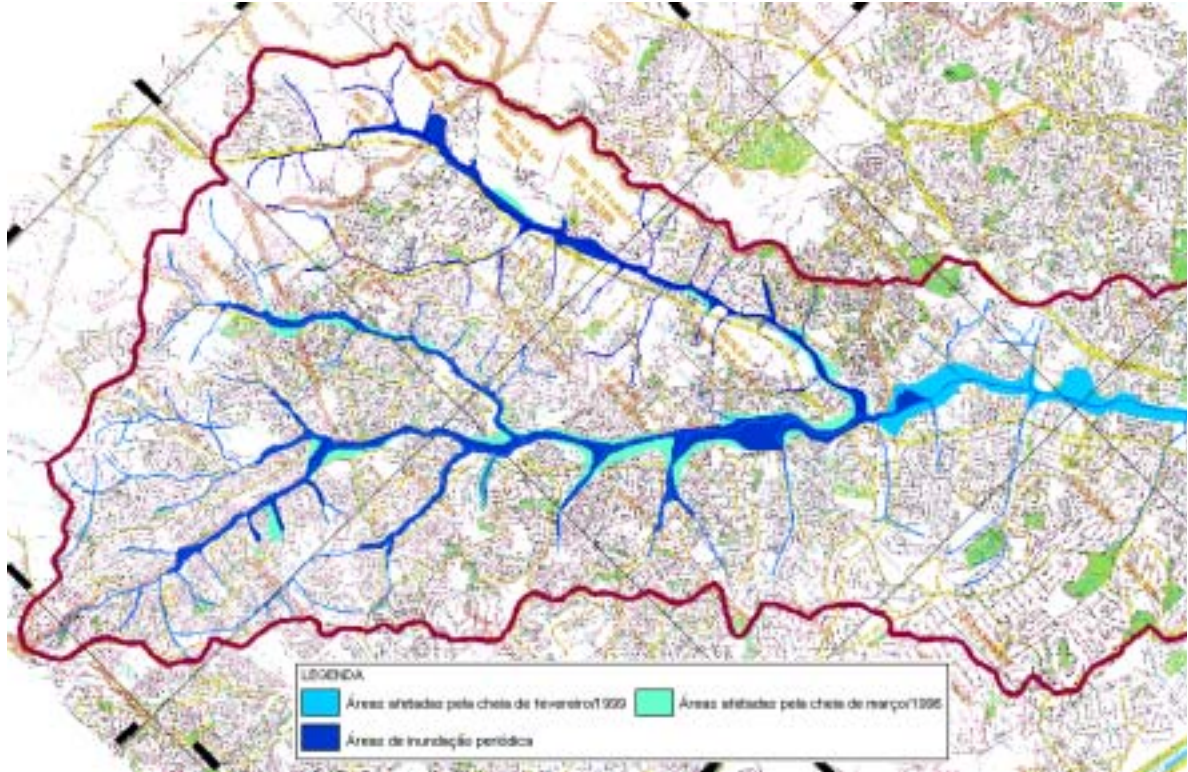


Figura – Áreas afetadas pelas cheias dos rios, é fácil visualizar que a água atinge ruas e avenidas.

## 4. Calha do Rio Tietê entre a Barragem da Penha e Edgard de Souza

Nesta área de estudo, o objetivo é fazer um diagnóstico Hidráulico-Hidrológico da calha do Rio Tietê no trecho entre a Barragem da Penha e a Barragem de Edgard de Souza, através da avaliação do atual projeto de ampliação da calha do rio Tietê. Além de aumentar consideravelmente a capacidade de veiculação de cheias, principalmente no trecho mais crítico sujeito às inundações entre a foz do rio Tamanduateí e a foz do rio Pinheiros, o rebaixamento da calha, conforme concebido, propiciará uma melhoria generalizada do desemboque dos diversos cursos d'água afluentes ao rio Tietê, integrantes da rede de drenagem da PMSP-Prefeitura Municipal de São Paulo.

### PREMISSAS DO PROJETO DE AMPLIAÇÃO DA CALHA

O projeto de ampliação da calha do rio Tietê leva em conta os seguintes valores apresentados no quadro seguinte.

LOCAL	Trecho	Vazão no rio Tietê (m <sup>3</sup> /s)			Excesso do Rio Pinheiros (m <sup>3</sup> /s)			Vazão total do trecho (m <sup>3</sup> /s)		
		25	50	100	25	50	100	25	50	100
T.R. (anos)		25	50	100	25	50	100	25	50	100
Penha		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cabuçu Cima	1	366	430	498	-	-	-	366	430	498
Aricanduva	2	407	482	561	-	-	-	407	482	561
Tamanduateí	3	459	547	640	-	-	-	459	547	640
Cabuçu Baixo	4	753	871	997	-	-	-	753	871	997
Pinheiros	5	791	916	1048	-	-	-	791	916	1048
Barueri/Cotia	6	815	948	1088	75	85	100	890	1033	1188
E. Souza	7	1005	1165	1334	75	85	100	1080	1250	1434

As vazões totais indicadas no quadro anterior, para T=100 anos, são aqui definidas como as vazões de restrição ao longo da calha do rio Tietê, as quais foram determinadas, levando em conta as seguintes premissas:

1. Isolamento entre as bacias dos rios Tietê e Pinheiros
2. Condições de urbanização a montante da Penha
3. Contribuições da bacia do rio Tamanduateí

### DIRETRIZES FUNDAMENTAIS DO PLANO DE MACRODRENAGEM

Face à demanda de um grande volume de obras de drenagem que seriam necessárias nas diversas sub-bacias e municípios, aliada à escassez de recursos que sempre ocasiona atrasos na implantação de projetos prioritários, alguns conceitos fundamentais têm sido discutidos, no sentido de orientar futuros projetos e intervenções, tais como as seguintes medidas dentre outras de caráter institucional e legal:

- Severa obediência às leis de ocupação e zoneamento urbanos;

- Manutenção e preservação de áreas que tenham grande potencial de riscos de erosão;
- Controle rígido de desmatamentos;
- Providências para minimizar o transporte de lixo e sedimentos;
- Disseminação do conceito de reservatórios de detenção que, além de reduzir picos de descarga, favorecendo o dimensionamento e os custos de obras de melhoria e projetos de canalização a jusante, ainda podem retardar a chegada dessas vazões aos cursos d'água receptores;
- Medidas não estruturais e institucionais gerais visando a redução dos picos máximos de cheias;
- Limitação das velocidades de escoamento, onde possível, em 2,0 m/s para futuros projetos de canalização dentro das sub-bacias integrantes do sistema de drenagem da bacia do Alto Tietê.

Diante de todas as dificuldades técnicas, político-sociais, ambientais, etc., torna-se imprescindível que um sistema de macrodrenagem, como o da bacia do Alto Tietê, tenha que ter todos os seus recursos gerenciados de forma integrada, explorando ao máximo a capacidade de todos os seus componentes hidráulicos operacionais existentes e aqueles a serem implantados dentro desse sistema. Assim, idealmente este sistema de macrodrenagem terá que ser operado, pressupondo-se que:

- Deverá haver um órgão público ou privado responsável e com poder de decisão para operar este sistema;
- Deverá haver um sistema de monitoramento hidrometeorológico capaz de antecipar eventos e criar sistemas de alerta efetivos à população;
- Deverá haver um sistema de informações ágil contendo no seu banco de dados: características fisiográficas e hidrológicas das diversas sub-bacias, pontos prioritários para controle de cheias, características operacionais de todos os órgãos hidráulicos existentes, etc.;
- Deverá haver modelos hidrológicos e hidráulicos ágeis capazes de simular eventos em tempo real;
- Deverá haver dotação de recursos para operação e manutenção desse sistema

Dentro desse contexto, o sistema hidráulico de reversão Tietê-Pinheiros representa um exemplo típico operacional que deverá merecer atenção especial do PDMAT, cuja operação constitui-se em uma das premissas fundamentais para o projeto de ampliação da calha do rio Tietê. Como se sabe, a bacia do rio Pinheiros, já altamente urbanizada, por ocasião de eventos hidrológicos excepcionais, necessita ser isolada das contribuições e efeitos de sobrelevações de níveis d'água do rio Tietê, ao longo do seu Canal Inferior. Tal isolamento é possível, graças à existência da estrutura hidráulica de Retiro que ganhou grande flexibilidade operacional com a automatização de suas comportas. Os sistemas de bombeamento existentes em Traição e em Pedreira, operam hoje com a finalidade prioritária de combate às inundações, sendo a função de geração elétrica na Usina Henry Borden, relegada a um segundo plano, em obediência à Constituição Estadual. Por outro lado, o isolamento das duas bacias também favorece a calha do rio Tietê, no seu trecho de jusante, entre a barragem móvel e barragem Edgard de Souza, uma vez que durante eventos chuvosos, os afluxos do rio Pinheiros são bombeados para o reservatório Billings.

## PRINCIPAIS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As adaptações geométricas introduzidas durante o projeto executivo de ampliação da calha do rio Tietê satisfazem rigorosamente a linha d'água de projeto fixada no projeto 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, as vazões constituem-se em vazões de restrição que deverão limitar futuros aportes ao rio Tietê. Assim, a vazão de restrição da calha no trecho compreendido entre a foz do rio Tamanduateí e a foz do rio Cabuçu de Baixo é igual a  $997 \text{ m}^3/\text{s}$ , pressupondo-se que, durante eventos de chuvas com 24 horas de duração, admite-se uma contribuição máxima do rio Tamanduateí em torno de  $357 \text{ m}^3/\text{s}$ , considerando a restrição de vazão no rio Tietê, a montante da foz do rio Tamanduateí, que é de  $640 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Os estudos realizados mostram que, sob determinadas condições de chuvas, a bacia do rio Tamanduateí facilmente pode contribuir individualmente com vazões variando entre  $600$  a  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ . A bacia do rio Tamanduateí deverá merecer um diagnóstico específico, por parte deste Plano Diretor, com análise de condições meteorológicas típicas. Pode-se, porém, antecipar que uma nova vazão de projeto, no seu trecho final já canalizado, poderá atingir ou superar valores da ordem de  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ , conforme já detectado em estudos anteriores.

As vazões de restrição fixadas para a calha do rio Tietê obedecem rigorosamente as condições da chuva, conforme ocorridas durante o evento de fev/83. Dependendo de uma maior criticidade na distribuição temporal, por ocasião de eventos de chuvas com duração de 24 horas, a bacia do rio Tamanduateí poderá comprometer o funcionamento da calha do rio Tietê, no trecho entre sua foz e a do rio Pinheiros, ultrapassando em cerca de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  a vazão de restrição nesse trecho, para a linha d'água de projeto fixada para  $T=100$  anos. Sob tais condições mais adversas a linha d'água de projeto poderia ser ultrapassada em cerca de  $0,60$  a  $0,70 \text{ m}$  para  $T=100$  anos. Mesmo assim, a linha d'água de projeto fixada no referido trecho atenderia um período de retorno de  $T=50$  anos. Esta constatação reforça a grande importância de finalizar o mais rapidamente possível as obras de ampliação da calha.

Canalizações futuras planejadas em todas as sub-bacias hidrográficas que, direta ou indiretamente, venham a lançar suas águas pluviais na calha principal do rio Tietê, exigirão a obrigatoriedade do cumprimento de severas medidas restritivas, por parte das diversas Prefeituras envolvidas. Preferencialmente, as velocidades de projeto dessas canalizações deveriam ser limitadas a, no máximo,  $2,0 \text{ m/s}$ .

Acredita-se que, se o Governo do Estado de São Paulo, através do DAEE, conseguir cumprir sua meta de ampliar a calha do rio Tietê, conforme planejado, e houver garantia de que sua calha permanecerá sempre desobstruída, os problemas de inundação ao longo das vias marginais estarão praticamente resolvidos; com o rebaixamento da calha serão também altamente favorecidas as condições dos desemboques das galerias e córregos que afluem ao rio Tietê.

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 melhor 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.

Com respeito a uma ampliação parcial da calha do rio Tietê, com os serviços sendo executados entre Edgard de Souza (estaca 005) e as proximidades da foz do rio Tamanduateí (estaca 1650), verifica-se que, obviamente, um dos pontos mais críticos sujeitos à inundações, que é o local das ponte das Bandeiras, é solucionado, enquanto o outro ponto mais crítico, referente à ponte Aricanduva, mais a montante, continuará sendo bastante afetado.

Finalmente, além das recomendações relativas às sub-bacias em geral, onde as Prefeituras têm o dever e a responsabilidade 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 m<sup>3</sup>/s contra cerca de 1.400 m<sup>3</sup>/s, que é a capacidade máxima fixada no projeto de ampliação da calha no local da barragem Edgard de Souza. A influência de um cenário mais crítico de ocupação, a montante da Penha, pode ser apreciada no quadro seguinte.

TRECHO	Vazão no Tietê com cenário de projeto (m <sup>3</sup> /s)	Vazão no Tietê com cenário mais crítico (m <sup>3</sup> /s)
Penha	498	1.060
Foz Cabuçu Cima	561	1.190
Foz Aricanduva	640	1.450
Foz Tamanduateí	997	2.020
Foz do Pinheiros	1.048	2.170
Foz Barueri	1.188	2.560
Edgard de Souza	1.434	2.680

Influência de uma maior urbanização na RMSP (T=100 anos, ano 2020).

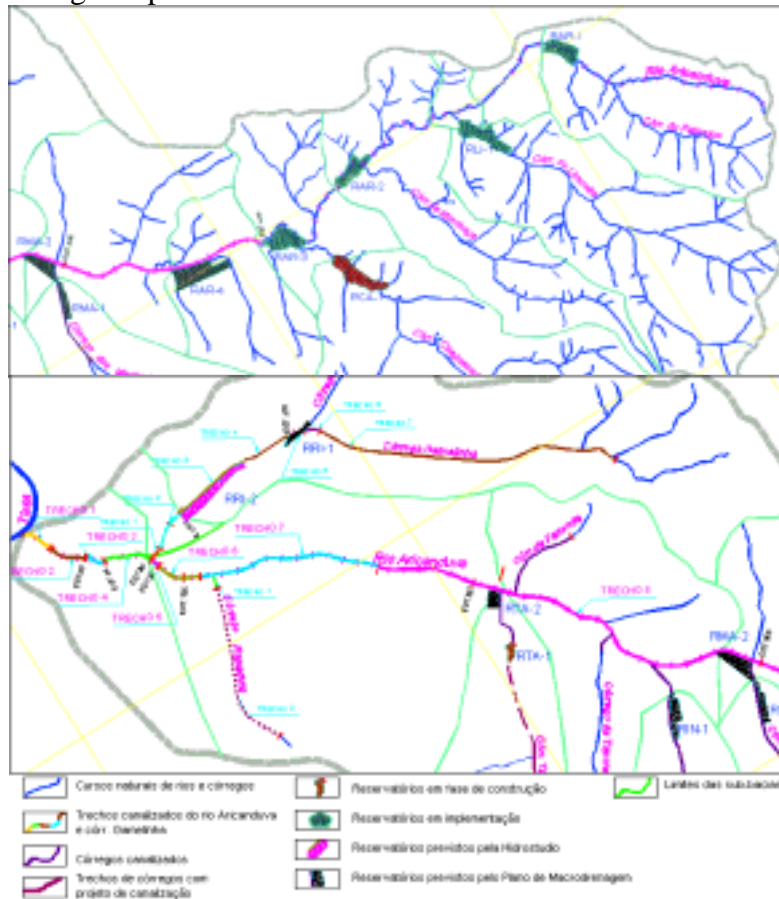


## 5. Bacia do Rio Aricanduva

Situado na zona leste da RMSP, o Rio Aricanduva é afluente da margem esquerda do rio Tietê. Nele desemboca a jusante da barragem da Penha. Drena uma área de cerca de 100 km<sup>2</sup>, urbanizada em sua maior parte.



Para uma melhor visualização, a figura acima foi dividida em duas partes, de acordo com os retângulos pretos:



## SOLUÇÃO GERAL RECOMENDADA

Com base no diagnóstico aqui apresentado, o PDMAT recomenda algumas ações estruturais e não-estruturais para a bacia do rio Aricanduva, conforme descritas a seguir.

### a) Ações Estruturais

Um sistema de bacias de retenção e de outras intervenções é necessário na calha do rio Aricanduva para assegurar o bom funcionamento hidráulico do canal, para a condição de projeto fixada em  $T=25$  anos.

- Restrição à descarga na foz do rio Aricanduva em torno de  $280 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T_r=25$  anos)
- Implantação de um sistema de bacias de retenção, composto de 13 (treze) reservatórios, construídos prioritariamente na seguinte ordem:
  - RAR-1, RAR-2 e RAR-3 (Aricanduva);
  - RLI-1 (Limoeiro), RCA-1 (Caaguassu) e RTA-1 (Taboão);
  - RRI-1 e RRI-2 (Rincão)
  - RAR-4 (Aricanduva)
  - RMA-1 e RMA-2 (Machados);
  - RIN-1 (Inhumas) e RTA-2 (Taboão)

Os reservatórios RAR-1, RAR-2, RAR-3, RLI-1, RCA-1 e RTA-1 já se encontram em implementação e os do Rincão (RRI-1 e RRI-2) seriam de mais fácil implantação, pois estão localizados em áreas públicas.

Com a implantação dessas bacias de retenção, a vazão remanescente na foz do rio Aricanduva está estimada em  $280 \text{ m}^3/\text{s}$  para  $TR=25$  anos. Mesmo com as 13 bacias de retenção implantadas, a vazão remanescente junto à foz poderá atingir cerca de  $400 \text{ m}^3/\text{s}$ , para  $TR=100$  anos, enquanto a jusante do córrego Taboão, as descargas poderão atingir cerca de  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  (bastante próxima da capacidade da foz).

Então, numa etapa posterior de obras (de forma não prioritária), para atender períodos de retorno superiores a 25 anos, seria necessário implantar uma galeria (sistema de desvio auxiliar) com emboque na região do Taboão, para esgotar o excesso de vazões entre 400 e  $280 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou seja,  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ , para o período de retorno de 100 anos.

O benefício da implantação das 13 bacias de retenção é visível: reduz o pico das vazões naturais de 513 para  $280 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T_r=25$  anos) e de 714 para  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $T_r=100$  anos), além de diminuir as vazões de dimensionamento da própria calha do Aricanduva, para eventos de chuvas de curta duração.

Os estudos também demonstraram que, apesar dos grandes benefícios alcançados com as bacias de retenção - praticamente encaixando a linha d'água ao longo de toda a calha do rio Aricanduva - para  $TR=10$  anos, outras ações estruturais imediatas serão necessárias, visando resolver os problemas de inundação das áreas topográficas mais baixas, assim como promover alteamento de duas pontes localizadas entre a foz do córrego Rapadura e a av. Itaquera.

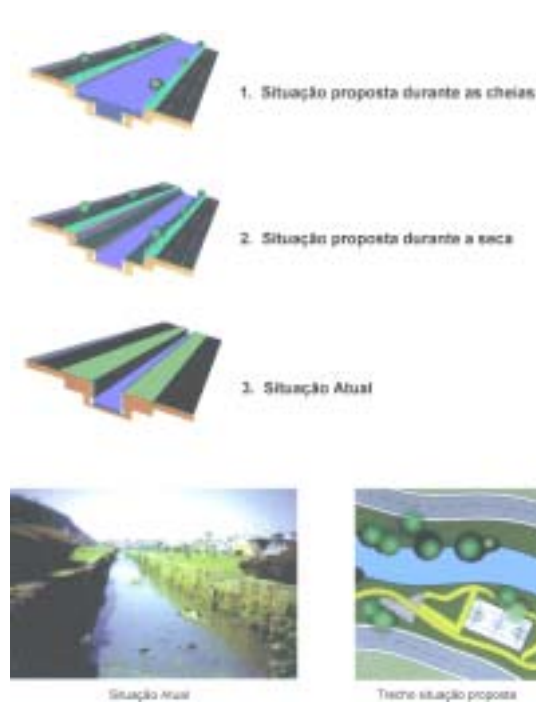
Para atender  $TR=25$  anos, foram investigadas duas soluções complementares, já considerando o efeito dos reservatórios previstos:

- Alternativa 1: revestimento com concreto de um trecho de aproximadamente 4.800 m, entre o córrego Rincão e o córrego Taboão;
- Alternativa 2: alargamento das seções do canal num trecho aproximado de 7.000 m, estendendo-se para montante a partir do córrego Taboão até as imediações da av. Ragueb Chohfi. Esta alternativa se constituiria na implantação de uma série de degraus e estruturas de controle de vazões. Seria implantada uma a cada 700 m.

Verificou-se que para as duas alternativas analisadas, as linhas d'água resultantes ao longo do canal do rio Aricanduva, à jusante da Av. Itaquera, são bastante semelhantes, sendo que a adoção individual de uma ou de outra alternativa não atenderia os níveis de projeto desejado. Assim sendo, concluiu-se que, na realidade, seria necessário implantar ambas as soluções.

Considerando a linha d'água de projeto para TR=10 ou 25 anos, ainda seria necessária a implantação de um sistema de captação, bombeamento e adução na margem esquerda do rio Aricanduva, nas imediações da rua Baquiá.

A ilustração ao lado mostra a concepção geral da solução proposta para o alargamento das seções e a implantação de degraus e estruturas de controle correspondentes à Alternativa 2.



## b) Ações Não Estruturais

A bacia do rio Aricanduva sofreu um processo de ocupação urbana que se propagou inclusive para as cabeceiras, colocando em risco uma das únicas áreas de preservação ambiental da bacia do Alto Tietê.

As áreas preservadas na bacia do Aricanduva compreendiam, até 1994, uma superfície estimada em 25 km<sup>2</sup>. Estas áreas correspondiam a uma parte da APA (Área de Proteção Ambiental) do Parque do Carmo e um conjunto de contínuos de vegetação abrangendo praticamente toda a cabeceira formadora do rio Aricanduva e de alguns de seus tributários.

O Plano desenvolveu trabalhos de campo com o objetivo específico de avaliar o impacto ocorrido nos últimos cinco anos sobre as áreas ainda preservadas. Observou-se a supressão de grande quantidade de biomassa, estimando-se que a área total preservada na bacia não ultrapasse cerca de 12,4 km<sup>2</sup>, ou seja, 50% da área ainda não ocupada há apenas cinco anos.

Adicionalmente, o processo de ocupação, além de alterar o comportamento hidrológico da bacia, implicará, principalmente na fase de implantação propriamente dita dos loteamentos, na grande liberação de detritos sedimentares e de resíduos de construção, com o conseqüente aumento das taxas de assoreamento dos leitos dos cursos d'água, incluindo-se aqui o próprio rio Tietê.

Configura-se, portanto, uma situação em que é extremamente oportuno alertar os poderes intervenientes quanto ao risco eminente de perda total da cobertura vegetal atualmente existente, com conseqüências extensivas à própria APA do Carmo.

Esta é uma situação que pode ser controlada através de uma ação conjunta entre o DAEE e a Prefeitura de São Paulo, utilizando instrumentos de restrição à ocupação.

## 6. Bibliografia

- Página Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo:  
<http://www.daee.sp.gov.br/servicos/macrodrenagem/index.html>
- Página PITU – Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2020:  
<http://www.stm.sp.gov.br/pitu2020/index.html>
- Hidrostudio Engenharia: <http://www.hidrostudio.com.br/>