

PAULO ALEXANDRE GOUVEIA MARTINS

MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS: ESTUDO DE  
BACIAS DE AMORTECIMENTO NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada como exigência  
para obtenção do Título de Mestre em  
Urbanismo, ao Programa de Pós-Graduação  
em Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia  
Universidade Católica de Campinas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Sousa Moretti

PUC-CAMPINAS  
2006

Ficha Catalográfica  
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e  
Informação - SBI - PUC-Campinas

t628.21 Martins, Paulo Alexandre Gouveia.

M386m Manejo de águas pluviais urbanas: estudo de bacias de amortecimento na Região Metropolitana de São Paulo / Paulo Alexandre Gouveia Martins. - Campinas: PUC-Campinas, 2006.  
181p.

Orientador: Ricardo de Sousa Moretti.

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Urbanismo.  
Inclui anexos e bibliografia.

1. escoamento urbano. 2. Águas pluviais. 3. Abastecimento de água. 4. Chuvas. 5. Controle de inundações. 6. Drenagem. I. Moretti, Ricardo de Sousa. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais de Tecnologias. Pós-Graduação em Urbanismo. III. Título.

22.ed.CDD – t628.21

## **BANCA EXAMINADORA**

Presidente e Orientador Prof. Dr. Ricardo de Sousa Moretti  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

1º Examinador Profª. Drª. Emília Wanda Rutkowski  
Universidade Estadual de Campinas

2º Examinador Profª. Drª. Sueli do Carmo Bettine  
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Campinas, 07 de Novembro de 2006.

*Dedico este trabalho a todas as pessoas que sonham ver os reservatórios da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo tornarem-se locais aprazíveis e que de fato sejam áreas verdes e de lazer.*

Nas entrelinhas desta dissertação, encontra-se uma história de conquistas e superações da qual, foi possível contar com a colaboração e apoio de diversas pessoas e entidades a quem, aqui, gostaria de externar meus sinceros agradecimentos.

Agradeço especialmente aos meus pais José e Fátima que, de forma irretocável, souberam me educar e apoiaram-me em todos os momentos de minha vida.

A *my darling* Samaria Lemes que nestes dois anos suportou ouvir “piscinão, piscinão, piscinão...” e quando nos momentos de fraqueza, me iluminou com suas belas palavras e gestos carinhosos. Obrigado por me suportar.

Aos meus irmãos Luciano, Deolinda e Ana Paula que de uma forma ou de outra se esforçaram para me ajudar no que fosse preciso.

Aos meus sobrinhos Leonardo e Ana Luiza que souberam entender a falta do tio nas brincadeiras e pelas vezes que queriam usar o computador e não deixava.

Ao Professor Ricardo Moretti que além de orientador tornou-se amigo e me ajudou na realização de mais este sonho. Obrigado pela compreensão, pelos conselhos e por toda a ajuda despendida comigo.

Aos Professores Ari Fernandes e Sueli Bettine pelas importantes considerações na banca de qualificação.

Ao Grupo de Pesquisa Água no Meio Urbano pelas relevantes discussões teóricas e práticas.

A Biblioteca Setorial do Campus I da PUCCAMP em especial a bibliotecária Maria Regina Bráz Martins pelo apoio e pelas renovações em atraso.

Aos amigos que fiz no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da PUCCAMP em especial: Nelly Nahum, Paula Magalhães, Jayça Sant’Ana, Evelin Palumbo, Vera Moreira, José Silveira, Rosabelli Coelho e Akemi Hjk.

Aos Professores Antônio Cláudio Moreira e Ângelo Filardo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, pelas informações fornecidas para enriquecer esta pesquisa.

Ao Professor Luiz Fernando Orzini Yazaki pelas dicas de bibliografia.

Ao extinto, mas não esquecido Instituto Educacional Teresa Martin em especial aos professores do Departamento de Geografia e aos amigos Helena Curvello, Décio Cheschinne, Elaine Bertucc, Ana Cristina Pastrello e Márcia Cristina dos Santos por todo apoio para execução desta pesquisa.

Aos amigos da Geografia José Meneghetti, Inês Rocha e Silvia do Carmo pelos primeiros passos na discussão sobre os reservatórios.

Ao Centro Gestor da Informação do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, pelo incontável apoio na pesquisa bibliográfica, em especial a Professora Leila Rabello uma das principais responsáveis por esta dissertação e a quem tenho minha eterna gratidão.

Ao Professor Antonio Branco pelas discussões enriquecedoras e exemplos de como ser um bom profissional.

Ao Professor João Barreto que, além de primo, é um amigo para qualquer situação principalmente nos congressos, nas discussões de botequim e pelos Grant's compartilhados.

Ao pessoal da Opinião Pública, Marcos e Robson pelo apoio e compreensão.

A Juliana Andrade pelo apoio com as entrevistas.

Aos moradores da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.

Aos meus alunos e companheiros da Escola Professor Augusto Ribeiro de Carvalho que, de forma paciente, souberam entender minha ausência durante estes dois anos.

Ao CNPq CT-Hidro pelo apoio financeiro sem o qual não seria possível a realização desta pesquisa.

Aos amigos que por ventura não citei e que nunca foram esquecidos.

E por fim, o mais importante, agradeço a Deus pela oportunidade de conhecer essas importantes pessoas, por iluminar o meu caminho e guiar meus pensamentos.

*“A explicação é lógica; o remédio é simples; as terras boas, não submersíveis existem em vastíssimas extensões no Planeta mesmo junto à maioria dos estreitos tratos de várzeas inundáveis. Mas o homem quer lutar, quer ocupar, defender, valorizar a sua propriedade em lugar de a explorar sem contrariar a natural visita das enchentes e sem se expor aos perigos [...] O problema das inundações é, portanto, um problema estabelecido pelos caprichos da atividade do homem”.*

Saturnino de Brito, 1944.

## RESUMO

MARTINS, Paulo Alexandre Gouveia. *Manejo de águas pluviais urbanas: estudo de bacias de amortecimento na região metropolitana de São Paulo*. Campinas, 2006. 181f. Dissertação (Mestrado)-Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2006.

Nos períodos de precipitações, a cidade de São Paulo torna-se cenário de constantes impactos sociais e econômicos frente aos prejuízos causados pelas inundações. Esse fato está associado, entre outros motivos, a uma expressiva ocupação e impermeabilização do solo e à ocupação das áreas de risco de enchentes – as várzeas e fundos de vales. A pesquisa que se segue analisa as diversas concepções de manejo de águas pluviais no âmbito das reflexões relativas às obras de infra-estrutura e ações públicas destinadas à prevenção de enchentes. Buscou-se apresentar desde a visão higienista do aumento da condutividade hidráulica até a nova visão ambiental do manejo sustentável da água precipitada, com ênfase no uso de medidas não-estruturais. Nesse sentido, foi utilizado como estudo de caso a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo localizada na região noroeste da cidade de São Paulo que, durante muito tempo, foi objeto de intervenções pontuais com predominância de obras de canalização e, no final dos anos 90, contou com a implementação de medidas não convencionais que levaram em consideração o planejamento da ocupação do solo e a reservação das águas pluviais. Através da avaliação dessa experiência busca-se identificar as permanências e rupturas no trato com a questão das enchentes.

Palavras-chave: Manejo de águas pluviais, reservatório de contenção de águas, drenagem urbana.

## ABSTRACT

MARTINS, Paulo Alexandre Gouveia. *Handling urban pluvial waters: study of stilling basins in the metropolitan area of São Paulo*. Campinas, 2006. 181f. Dissertation (master's degree) – Post-graduation course in Architecture and Urbanization, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2006.

*In the rainy periods, the city of São Paulo becomes a scenario for constant social and economical impacts before the damages caused by the inundations. This fact is associated, among other reasons, to an expressive land occupation and soil water-sealing and to the occupation of the areas under risk of inundations – the meadows and bottoms of valleys. The research below analyzes the different concepts for handling pluvial waters under the scope of reflections relative to the infrastructure works and public actions addressed to prevent inundations. We tried to present the hygienist vision regarding the increase in water conductivity up to the new environmental vision of sustainable rain water handling, highlighting the use of non-structural measures. For such an effect, we used as case study the Basin of Córrego Cabuçu de Baixo located at the northwest area of the city of São Paulo that, for a long time, was object for punctual interventions with predominance of canalization works and, in the end of the nineties, it counted with the implementation of non-conventional measures that took into account the planning of land occupation and the reservation of pluvial waters. Through the evaluation of this experience we look for identifying the permanencies and ruptures in the treatment related to the subject of inundations.*

*keywords: Handling pluvial waters, water retaining reservoir, urban drainage.*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b>	Interação e interconexão dos grandes conjuntos do ambiente natural.....	21
<b>Figura 02</b>	Movimentos e mudanças de estado da água no ciclo hidrológico.....	22
<b>Figura 03</b>	Componentes da interceptação.....	23
<b>Figura 04</b>	Tipos de leitos fluviais.....	25
<b>Figura 05</b>	Pontos de intervenção humana.....	27
<b>Figura 06</b>	Inundação em áreas ribeirinhas.....	28
<b>Figura 07</b>	Projeto L'Enfant para Washington.....	35
<b>Figura 08</b>	Ampliação da mancha urbana na RMSP.....	40
<b>Figura 09</b>	Esquema das obras e dispositivos de retenção / detenção.....	52
<b>Figura 10</b>	Ruas com superfícies de infiltração.....	53
<b>Figura 11</b>	Trincheira de infiltração.....	54
<b>Figura 12</b>	Modelos de trincheiras de infiltração.....	55
<b>Figura 13</b>	Vista do plano e sua integração no espaço.....	55
<b>Figura 14</b>	Integração de poços de infiltração com o espaço urbano.....	56
<b>Figura 15</b>	Modelos de pavimentos porosos.....	57
<b>Figura 16</b>	Pavimentos porosos com reservatórios de brita / cascalho.....	57
<b>Figura 17</b>	Controle de entrada nos telhados.....	58
<b>Figura 18</b>	Exemplos de estruturas utilizadas em áreas de estacionamento.....	59
<b>Figura 19</b>	Exemplos de detenção In Situ.....	60
<b>Figura 20</b>	Meta da vazão de restrição.....	66
<b>Figura 21</b>	Diagrama unifiliar.....	75
<b>Figura 22</b>	Plano de Melhoramento do Tietê.....	80
<b>Figura 23a</b>	Bacias de retenção.....	83
<b>Figura 23b</b>	Bacia de retenção (EUA).....	84
<b>Figura 24a</b>	Bacias de detenção.....	84
<b>Figura 24b</b>	Bacia de detenção com múltiplas funções.....	85
<b>Figura 25a</b>	Funcionamento do reservatório em linha.....	86
<b>Figura 25b</b>	Reservatório em linha (TPI-2).....	87
<b>Figura 26a</b>	Funcionamento do reservatório fora de linha.....	88
<b>Figura 26b</b>	Reservatório fora de linha (Piscinão TC2 – Casa Grande).....	88
<b>Figura 27</b>	Reservatórios on-line e off-line.....	90
<b>Figura 28</b>	Esquema de túnel reservatório off-line, em Tóquio.....	91
<b>Figura 29</b>	Reservatório associado à área de lazer (Beverly Hills).....	91
<b>Figura 30</b>	Bacia de detenção e controle de ( <i>debris</i> ) detritos (Califórnia).....	92
<b>Figura 31</b>	Concepção geral do reservatório do Pacaembu.....	92
<b>Figura 32a</b>	Wetland de Três Rios, Phoenix (Arizona).....	93
<b>Figura 32b</b>	Funcionamento dos alagadiços (Wetlands).....	94

<b>Figura 33</b>	Tipologia de reservatório de controle de enchente realizada com setores fechados para as primeiras águas de chuva.....	96
<b>Figura 34</b>	Tipologia de reservatório fechado de primeira água de chuva subdividido em setores.....	97
<b>Figura 35</b>	Tipo de sistema automático de lavagem dos reservatórios.....	98
<b>Figura 36</b>	Comporta para lavagem dos reservatórios.....	98
<b>Figura 37</b>	Esquemas de bacias de primeira chuva para sistemas mistos e separados.....	99
<b>Figura 38</b>	Localização da Bacia do Cabuçu de Baixo e a Bacia do Alto Tietê.....	108
<b>Figura 39</b>	Sub-Bacias do Córrego Cabuçu de Baixo.....	110
<b>Figura 40</b>	Mancha de ocupação da Bacia do Cabuçu de Baixo.....	111
<b>Figura 41</b>	Propaganda do loteamento na Bacia do Itaguaçu.....	112
<b>Figura 42</b>	Fundação do Bairro da Brasilândia.....	113
<b>Figura 43</b>	Uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.....	115
<b>Figura 44</b>	Distribuição das áreas em função de seu potencial de produção de sedimentos.....	116
<b>Figura 45</b>	Gráfico de distribuição percentual das áreas com potencial de produção de sedimento.....	117
<b>Figura 46</b>	Tipologia de ocupação da Bacia do Cabuçu de Baixo a jusante com baixo ou muito baixo potencial de produção de sedimentos.....	117
<b>Figura 47</b>	Áreas com muito alto potencial de produção de sedimentos – Bacia do Bananal.....	118
<b>Figura 48</b>	Área com médio potencial de sedimentos.....	119
<b>Figura 49</b>	Subprefeituras na Bacia do Cabuçu de Baixo.....	120
<b>Figura 50</b>	Distritos na bacia do rio Cabuçu de Baixo.....	121
<b>Figura 51</b>	Visão geral da distribuição das favelas na bacia (acima) e detalhe da ocupação das margens dos rios (abaixo).....	125
<b>Figura 52</b>	Ocupação de margens e lançamento de esgoto in natura (Bacia do Bananal).....	126
<b>Figura 53</b>	Trecho canalizado a céu aberto no Córrego Cabuçu de Baixo .....	136
<b>Figura 54</b>	Canalização a montante do Córrego Cabuçu de Baixo.....	136
<b>Figura 55</b>	Córrego Guaraú: canalização a céu aberto.....	137
<b>Figura 56</b>	Córrego Guaraú: canalização em galeria fechada e canteiro central .....	137
<b>Figura 57a</b>	Obras executadas para desvio do Córrego Guaraú.....	138
<b>Figura 57b</b>	Desvios executados na Bacia do Córrego Guaraú.....	138
<b>Figura 58</b>	Medidas estruturais efetuadas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.....	139
<b>Figura 59</b>	Reservatório Bananal (Planta geral) – Projeto Themag Engenharia.....	141
<b>Figura 60</b>	Disposição espacial do Reservatório Bananal.....	141
<b>Figura 61</b>	Família moradora do Reservatório do Guaraú.....	142
<b>Figura 62</b>	Disposição espacial do Reservatório do Guaraú.....	143
<b>Figura 63a</b>	Entrada do Córrego Guaraú com paliteiros para controle de resíduos sólidos.....	144

<b>Figura 63b</b>	Área para extravasamento das cheias.....	144
<b>Figura 64</b>	Esquema do Projeto de Drenagem Themag / PMSP no Cabuçu de Baixo.....	145
<b>Figura 65</b>	Esquema de aplicação do questionário.....	150
<b>Figura 66</b>	Localização de escola pública dentro do Reservatório do Guaraú.....	154
<b>Figura 67</b>	Assoreamento do Reservatório do Bananal.....	155
<b>Figura 68</b>	Assoreamento do Reservatório do Guaraú.....	155
<b>Figura 69</b>	Disposição espacial dos principais tipos de padrões de drenagem.....	171

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01a</b>	Medidas estruturais extensivas.....	50
<b>Quadro 01b</b>	Medidas estruturais intensivas.....	50
<b>Quadro 02</b>	Vazões de Projeto (m <sup>3</sup> /s).....	70
<b>Quadro 03</b>	Perspectiva de cenário crítico.....	77
<b>Quadro 04</b>	Estimativas dos custos unitários médios de alguns itens referentes à drenagem urbana.....	103
<b>Quadro 05</b>	Características físicas das sub-bacias.....	110
<b>Quadro 06</b>	Áreas das subprefeituras na bacia do rio Cabuçu de Baixo.....	121
<b>Quadro 07</b>	Distribuição da população segundo as sub-bacias e setorização (normal e sub-normal).....	122
<b>Quadro 08</b>	Dados dos responsáveis pelos domicílios.....	123
<b>Quadro 09</b>	Dados dos domicílios.....	124
<b>Quadro 10</b>	Quantidade de favelas por Subprefeitura.....	124
<b>Quadro 11</b>	Orçamentos aproximados das alternativas.....	127
<b>Quadro 12</b>	Córregos do Programa.....	131
<b>Quadro 13</b>	Custos de medidas ambientais e sociais e de desapropriações.....	131
<b>Quadro 14</b>	Favelas nas áreas do projeto.....	133
<b>Quadro 15</b>	Amortecimento das cheias nos reservatórios.....	144
<b>Quadro 16</b>	Porcentagem de entrevistados por anos de moradia ou comércio na bacia.....	150
<b>Quadro 17</b>	Questionário quantitativo (perguntas 1, 3 e 5).....	151

## LISTA DE ABREVIATURAS

BID	=	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BMP	=	Best Management Practices
CNPq	=	Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia
DAEE	=	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EPA	=	Environmental Protection Agency
EPUSP	=	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FCTH	=	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
GEPROCAV	=	Grupo Executivo do Programa de Canalização de Córregos e Implantação de Vias de Fundo de Vale
PDMAT	=	Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê
PMSP	=	Prefeitura Municipal de São Paulo
POLI	=	Escola Politécnica
PROCAV	=	Programa de Canalização de Córregos, Implantação de Vias e Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vale
RMSP	=	Região Metropolitana de São Paulo
SEHAB	=	Secretaria Municipal de Habitação
SIURB	=	Secretaria Municipal de Infra-Estrutura Urbana e Obras
SVMA	=	Secretaria Municipal de Verde e Meio Ambiente
TCMSP	=	Tribunal de Contas do Município de São Paulo

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>17</b>
1.1	Justificativa.....	17
1.2	Objetivo.....	18
1.3	Descrição Geral do trabalho.....	18
<b>2</b>	<b>Processos hidrológicos e drenagem urbana: uma contextualização.</b>	<b>21</b>
2.1	Processo hidrológico: a interface humana.....	26
2.2	Aumento da condutividade hidráulica.....	30
2.3	O higienismo no Brasil: algumas considerações sobre Saturnino de Brito.....	33
2.4	Manejo de águas pluviais: um conceito em evolução.....	36
2.5	A ocupação dos fundos de vale no município de São Paulo.....	39
<b>3</b>	<b>Medidas de mitigação de impactos na drenagem urbana.....</b>	<b>45</b>
3.1	Medidas de controle não-estruturais.....	48
3.2	Medidas de controle estruturais.....	49
3.3	Medidas de controle na fonte.....	51
3.3.1	Infiltração, percolação e pavimentos porosos.....	53
3.3.2	Controle de entrada.....	58
3.3.3	Controles de detenção <i>In Situ</i> .....	60
<b>4</b>	<b>Vazão de restrição: uma nova concepção.....</b>	<b>63</b>
4.1	Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê.....	69
4.2	Medidas de contenção a jusante: tipologias de reservatórios de amortecimento de cheias.....	79
4.3	Critérios para escolha das alternativas.....	100
<b>5</b>	<b>Reservatórios de detenção da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo: um estudo de caso.....</b>	<b>107</b>
5.1	Caracterização da área de estudo.....	108
5.1.1	Uso e ocupação do solo.....	114
5.1.2	Aspectos sociais e econômicos.....	120
5.2	Programa PROCÁV: uma proposta de intervenção.....	128
5.3	Medidas estruturais.....	135
5.4	Medidas não-estruturais.....	146
5.5	Avaliação das intervenções.....	149
<b>6</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>159</b>
<b>7</b>	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>163</b>
<b>8</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>169</b>
<b>9</b>	<b>Apêndice.....</b>	<b>180</b>



## 1 Introdução

A partir do advento da revolução industrial, a cidade começou a ser adotada como principal local de trabalho e moradia para a sociedade. Esse fato propiciou a consolidação de grandes centros urbanos que, conseqüentemente, trouxeram em seu bojo a geração de muitos problemas de infra-estrutura e impactos sobre o meio ambiente. Um desses fatos está intimamente relacionado ao aumento do escoamento superficial posto que a crescente impermeabilização do solo sobrecarrega os sistemas de drenagem que vão, por sua vez, tornando-se insuficientes, provocando ou agravando o problema das enchentes urbanas.

### 1.1 Justificativa

Verificada nos últimos tempos, a ocupação desregulada e, em muitos casos predatória, acabou por recrudescer as inundações e os prejuízos causados pelos eventos chuvosos. Locais em que antes não existiam inundações, com precipitações amenas começaram a conviver com diversos pontos de alagamento. A ampliação do sistema de drenagem e canalizações mostraram-se insuficientes, pois transferiam o problema de um ponto para outro, a jusante ou em toda bacia, além de terem um custo muito elevado. A crescente preocupação com o meio ambiente e com os impactos causados pela ação humana, principalmente após a realização das conferências mundiais sobre meio ambiente, fizeram com que as políticas públicas no que tange ao manejo de águas pluviais fossem revistas e a preocupação ambiental agregada às intervenções e dispositivos de mitigação das grandes cheias. Com isso, buscaram-se maneiras de uma melhor convivência e harmonia entre o homem e o meio ambiente, incluindo a busca do resgate da valorização da água no meio urbano.

Nessa direção, destaca-se a crescente discussão do uso de medidas não convencionais ou dispositivos alternativos. Esses dispositivos buscam

reservar ou infiltrar o mais próximo possível as águas precipitadas, rompendo com a idéia de rapidamente afastá-las. Entre outras características, os dispositivos fazem parte de um contexto ampliado, que abarca não só obras de engenharia civil e de controle hidráulico, mas a um efetivo controle do uso e ocupação do solo, de políticas de proteção às margens de rios e aos fundos de vale e, a conscientização da sociedade da importância dos cursos d'água como amenidade pitoresca da paisagem urbana. Entretanto, estas medidas não-estruturais, na prática possuem algumas lacunas que acabam inviabilizando o seu pleno resultado conforme detalhado na pesquisa a seguir.

## 1.2 Objetivo

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar como estão sendo encaminhadas as Políticas Públicas referentes ao manejo de águas pluviais, abarcando as diferentes concepções e ações sobre esta temática. Mais precisamente, o principal objetivo foi analisar as intervenções realizadas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo, incluindo as medidas estruturais e não-estruturais. Busca-se no estudo de caso, avaliar as rupturas e permanências no trato com a questão da drenagem urbana e a mitigação do problema das enchentes urbanas.

## 1.3 Descrição geral do trabalho

A dissertação está dividida em cinco capítulos com o intuito de facilitar o encaminhamento e a compreensão das idéias aqui apresentadas. No capítulo 2 busca-se apresentar algumas reflexões sobre o ciclo natural e as intervenções humanas sobre a drenagem urbana no transcorrer dos séculos, abarcando o pensamento higienista, racional e ambiental. Inclui também, uma contextualização da ocupação dos Fundos de Vale no município de São Paulo a fim de ilustrar e contextualizar os desdobramentos das ações públicas frente a estes locais.

Como o objetivo da pesquisa está direcionado aos reservatórios de amortecimento de cheias, o pensamento ambiental foi estudado com maior detalhe, justificando um capítulo específico para a discussão das medidas estruturais e não-estruturais (capítulo 3).

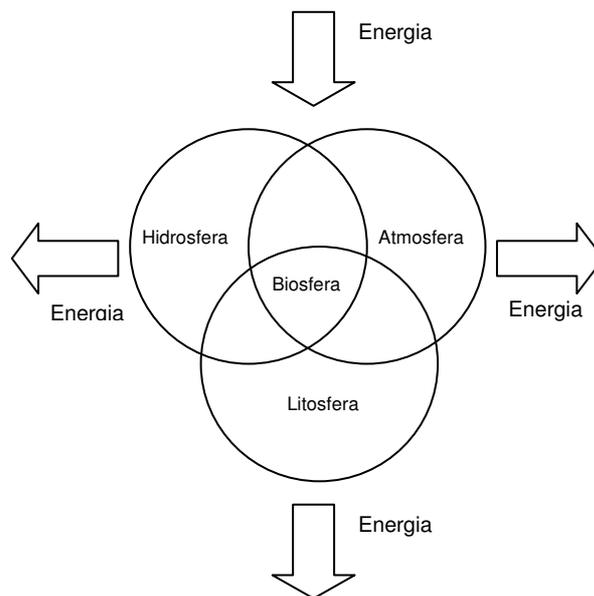
Por semelhante modo, foi estudada a vazão de restrição com o intuito de compreender sua função e aplicabilidade dentro do conceito ambiental de manejo de águas pluviais. Como exemplo, foi apresentado o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, discutindo suas premissas e considerações. Por fim, como base para a discussão, foram estudadas as tipologias dos reservatórios de amortecimento de cheias bem como alguns exemplos de sua utilização (capítulo 4).

De posse deste levantamento e contextualização teórica, o capítulo 5, busca discutir em um estudo de caso – a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo, como foram encaminhadas as medidas estruturais e não-estruturais no âmbito das políticas públicas no manejo de águas pluviais.



## 2 Processos hidrológicos e drenagem urbana: uma contextualização

Entre os elementos físicos mais importantes na configuração espacial da paisagem terrestre, podemos destacar a água como fator preponderante, uma vez que, ao interligar fenômenos da atmosfera e da litosfera, age na vida vegetal, animal e humana e, por semelhante modo, como modelador da paisagem (fig.01).

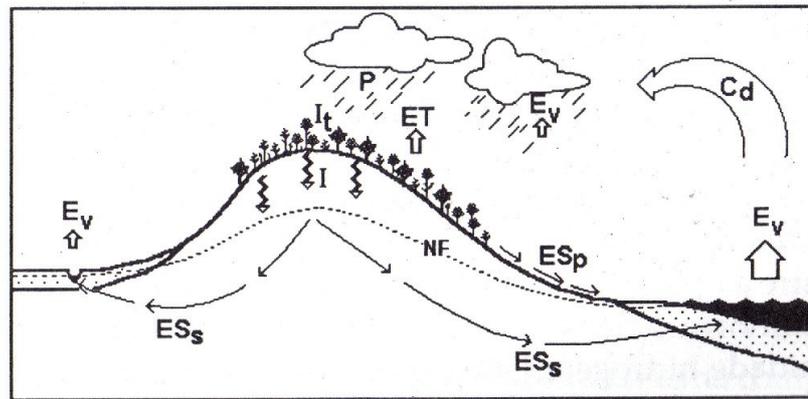


**Figura 01** – Interação e interconexão dos grandes conjuntos do ambiente natural

Ao considerar a água como componente físico e um elemento estruturador dentro de um sistema de fluxos de energia, entender seu funcionamento se faz necessário uma vez que, a pesquisa que se segue está diretamente relacionada com a interferência humana no ciclo hidrológico e, por conseqüência, o rompimento de um sistema natural.

Segundo Drew (2002), a energia responsável pelo funcionamento e pela manutenção da terra provém da gravidade e principalmente do Sol. A energia do Sol no que tange aos processos hidrológicos tem como função aquecer a água e transformá-la em vapor pelo processo de evaporação e/ ou pela evapotranspiração – quando há perda de água pela transpiração das plantas. O vapor d'água por sua vez, ao atingir uma certa altitude, é condensado pelo resfriamento da temperatura e também pela presença de micropartículas que em

suspensão agem como núcleos condensadores. Ao atingir um alto nível de condensação, ocorre a precipitação, em forma líquida (chuva) ou sólida (gelo ou neve). Conforme Coelho Netto (1998), antes de atingir a superfície, pode ser parcialmente evaporada e/ ou parcialmente interceptada pela vegetação; o restante será distribuído na superfície, infiltrando ou escoando superficialmente, podendo ainda, gerar um escoamento subsuperficial quando a parte infiltrada preencher o déficit de água no solo (fig.02).

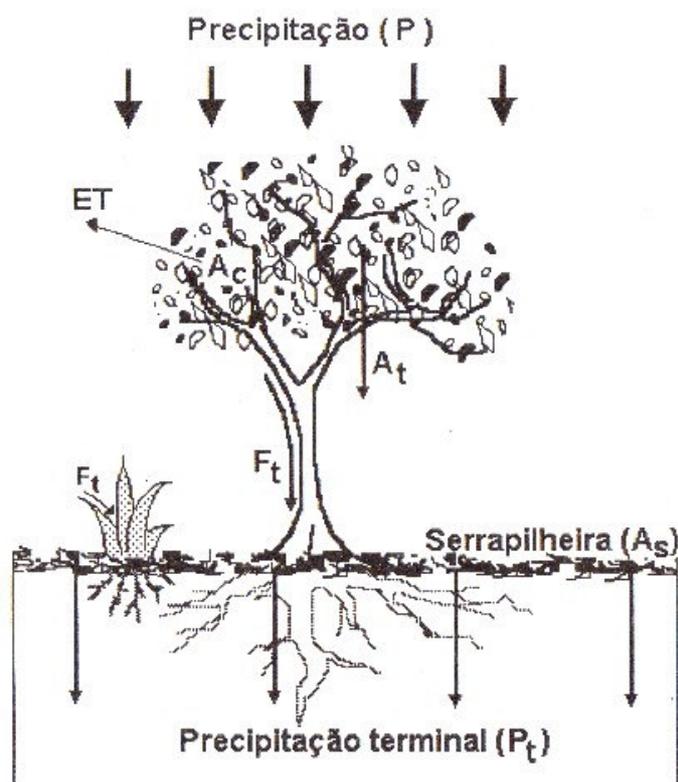


**Figura 02** – Movimentos e mudanças de estado da água no ciclo hidrológico:  $E_v$  = evaporação (oceanos, rios, lagos e durante a precipitação;  $ET$  = evapotranspiração (solos e plantas);  $C_d$  = condensação do vapor e formação de nuvens;  $P$  = precipitação;  $I_t$  = interceptação pela vegetação;  $I$  = infiltração;  $ES_p$  = escoamento superficial;  $ES_s$  = escoamento subsuperficial ou subterrâneo;  $NF$  = nível freático. Coelho Netto, 1998.

Face aos objetivos da pesquisa, o processo de escoamento da água será melhor detalhado nos próximos capítulos. Mesmo assim, cabe tecer alguns comentários acerca da precipitação, interceptação e infiltração no processo do ciclo hidrológico.

A precipitação é um fator-controle importante dentro do ciclo da água uma vez que regula as condições ambientais de uma determinada região. A quantidade (volume), regimes (distribuição temporal) e intensidades (duração) são variáveis importantes no estudo hidrológico, pois caracterizam a tipologia da área. As precipitações podem ser formadas por mecanismos regionais ou locais. As regionais decorrem do choque de massas de ar com características distintas, geralmente massas polares sob massas de ar relativamente mais quentes e úmidas já os mecanismos locais, são os principais responsáveis pelas variações quantitativas das chuvas (Coelho Netto, 1998).

Preconizado pela mesma autora, a cobertura vegetal tem com uma de suas atribuições o papel de interceptar parte da precipitação ( $P$ ) pelo armazenamento de água nas copas arbóreas e/ ou arbustivas ( $A_C$ ), de onde pode ser perdida para a atmosfera por evapotranspiração ( $ET$ ) durante e depois das chuvas. Quando a chuva excede a demanda da vegetação, a água alcança o solo por meio das copas (atravessamento,  $A_t$ ) e do escoamento pelos troncos (fluxo no tronco,  $F_t$ ). A outra parte da chuva é então armazenada na porção extrema superior do solo que agrega os detritos orgânicos que caem da vegetação (flores, sementes, folhas e galhos) cuja nomenclatura utilizada é a serrapilheira ( $A_S$ ), conforme indicação da figura 03.



**Figura 03** – Componentes da interceptação:  $P$  é interceptação;  $ET$  é evapotranspiração;  $A_C$  é armazenamento nas copas;  $A_t$  é atravessamento nas copas; e  $F_t$  é fluxo nos troncos. Coelho Netto, 1998.

A infiltração é entendida como o movimento da água dentro do solo. A água absorvida pelo solo infiltra-se sobre as camadas porosas existentes, sendo elas a zona saturada e a zona de aeração ou subsaturada. As duas zonas são separadas pela superfície piezométrica conhecida também como lençol freático.

Sua profundidade pode variar de acordo com as variações climáticas, com a topografia e, com a permeabilidade das rochas.

A zona inferior ou saturada é o local onde todos os poros e interstícios da rocha encontram-se carregados de água. A esta expressão é denominado o conceito de águas subterrâneas, pois se encontra abaixo da superfície piezométrica. É o excesso de água nesta zona, que acarreta a migração para os vales, a fim de alimentar as correntes de água.

A zona superior de areação ou água edáfica (do grego edafos = solos), pode ser apresentada de três maneiras:

- ✓ Água gravitativa – escoar para as camadas inferiores do subsolo, logo após a infiltração ter ocorrido;
- ✓ Água pelicular – adere às partículas do solo devido à força de adsorção;
- ✓ Água capilar – permanece retida nos interstícios microscópicos, presa por forças capilares (Leinz; Amaral, 1998).

Os melhores reservatórios de água ocorrem em áreas constituídas de rochas sedimentares, em decorrência da permeabilidade das camadas de areia e cascalho, de alta permeabilidade, usualmente presentes nestes tipos de rochas. Entretanto, as áreas com sedimentos argilosos dificilmente são permeáveis, já que conseguem acumular água, mas, não permitem sua circulação. As áreas que têm como base as rochas cristalinas, possuem água em suas fendas, porém a vazão é muito menor, com exceção das áreas de lavas basálticas, que possuem zonas vesiculares, com grande porosidade que possibilitam uma boa vazão de água quando atravessadas por fendas. (Leinz; Amaral, 1998).

No que se refere ao fluxo da chuva ou escoamento sobre a superfície, concluir-se-á que é produzido pelo excedente da precipitação em relação à capacidade de infiltração no solo. Nesse sentido, os rios constituem-se como os agentes mais importantes no transporte de águas e de materiais intemperizados das áreas elevadas para as mais baixas.

Geológica e geomorfologicamente, o termo *rio* aplica-se exclusivamente a qualquer fluxo canalizado e, por vezes, é designado para referir-se a canais destituídos de água. Os rios que ficam a maior parte do tempo seco, comportando fluxo somente durante eventos de precipitação, são denominados *rios efêmeros*. Outras terminologias utilizadas são a de *rios intermitentes*, onde os cursos d'água funcionam durante parte do ano e permanecem secos no restante e, por fim, os *rios perenes*, que drenam água no decorrer do ano todo (Christofolletti, 1974).

A tipologia referente aos leitos fluviais pode ser distinguida de acordo com o perfil transversal das planícies de inundação (fig. 04), destacando:

- a) *Leito de vazante*, que está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas.
- b) *Leito menor*, que é bem delimitado, encaixado entre margens geralmente bem definidas. O escoamento das águas nesse leito tem freqüência suficiente para impedir o crescimento de vegetação. Ao longo do rio é possível verificar irregularidades, com trechos mais profundo, seguido por partes mais elevadas.
- c) *Leito maior periódico ou sazonal* é regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez ao ano; e,
- d) *Leito maior excepcional* por onde ocorrem às cheias mais elevadas, as enchentes.

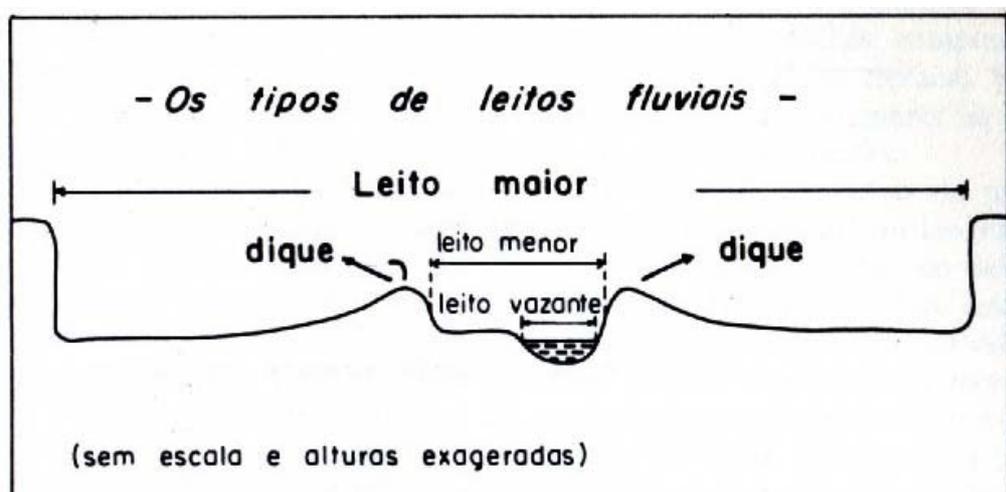


Figura 04 – Tipos de leitos fluviais. Christofolletti, 1974.

Ao conjunto de canais de escoamento é dada a denominação de bacia de drenagem, definida como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial (Coelho Netto, 1998). Destaca-se ainda a importância das características da área como a topografia, vegetação, o tipo de solo e a estrutura das rochas que definirão as tipologias e características dos canais de escoamento. Dada a temática e especificidade da pesquisa, em anexo (A) apresentam-se outras terminologias referentes aos padrões de drenagem.

Feitas as considerações acerca dos processos naturais frente ao ciclo hidrológico, cabe introduzir um fator preponderante: *a intervenção humana*.

## 2.1 Processo hidrológico: a interface humana

Recorrendo ao processo histórico, é fato que o estabelecimento das antigas civilizações esteve intimamente ligado à localização de rios e lagos. A intromissão humana no ciclo hidrológico tem continuado até os dias atuais e a moderna tecnologia acelerou o processo e possibilitou ao homem interferir de acordo com seus interesses diminuindo e até mesmo superando sua dependência com relação aos sistemas naturais.

No que tange às precipitações, a relação com o homem nem sempre foi amistosa. Nos tempos antigos pode-se imaginar que o homem sempre procurou se proteger de chuvas intensas em refúgios ou em locais cobertos. Provavelmente, as primeiras intervenções humanas sobre a drenagem, consistiam na construção de telhados inclinados e escavações de valas no solo com o intuito de desviar para longe a água indesejada (Silveira, 2000).

De acordo com Drew (2002) a interferência humana no ciclo hidrológico pode ter impactos diferenciados de acordo com o ponto de intervenção (fig. 05).

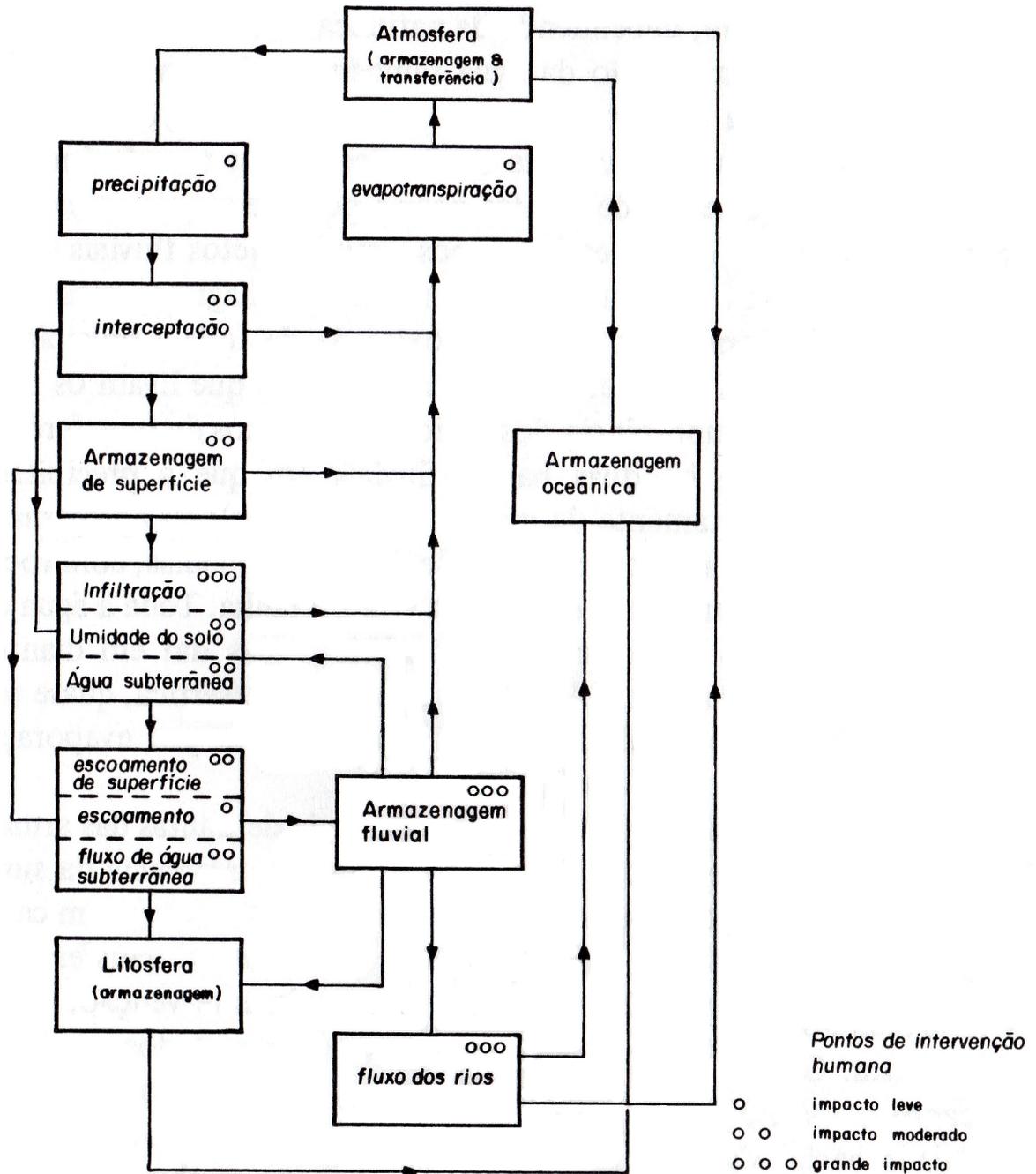


Figura 05 – Pontos de intervenção humana. Drew, 2002.

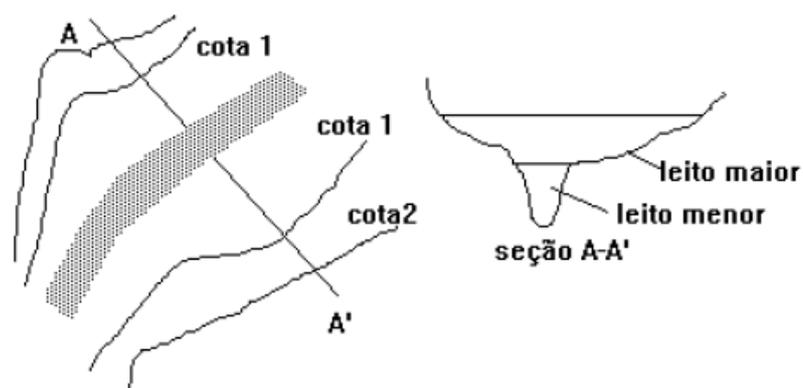
Seguindo seu pensamento, a interferência humana com maior impacto sobre o ciclo hidrológico está direcionada na etapa de infiltração, pois com a urbanização na bacia muitas áreas tornam-se impermeabilizadas, o que vai gerar agravantes nas demais etapas, como a queda na armazenagem, a aceleração no processo de escoamento e a perda da qualidade da água.

A deterioração da qualidade da água é quase inevitável, nas cidades. A atividade construtiva multiplica por 50 ou 100 a sedimentação e a carga de solutos; os rejeitos das indústrias e

dos esgotos fazem elevar tanto a concentração química como o conteúdo orgânico dos rios (DREW, 2002, p. 178).

No que se refere ao escoamento, a ocorrência das enchentes urbanas constitui um dos grandes problemas enfrentados pela sociedade nos últimos tempos. Tal fato está intrinsecamente relacionado à ocupação desorganizada do espaço e à falta de compreensão sobre os sistemas ambientais naturais. Segundo Martins (1995) a degradação da drenagem natural dá-se, na maioria dos casos, pelo gerenciamento inadequado, tanto da ocupação da bacia como da conservação de sua qualidade ambiental, levadas a efeitos pela falta de controle sobre a impermeabilização dos solos, disposição incorreta ou falta de regras para disposição de lixo e de outros rejeitos, ausência de planejamento da expansão viária e, ainda, outros aspectos relativos à manutenção e conservação de leitos e vegetação lindeira.

Vale ressaltar que a inundação é um processo natural que acontece nas várzeas ribeirinhas e ocorre principalmente pelo processo onde os rios ocupam seu leito maior (figura 06). Nestes casos, os impactos causados estão relacionados à ocupação por parte da população que, dada a falta de um planejamento do uso do solo e falta de condições econômicas, constroem suas casas nestas áreas, desconhecendo e até mesmo ignorando os riscos das inundações que poderão vir a acontecer.



**Figura 06** – Inundação em áreas ribeirinhas. Tucci (1995).

Por semelhante modo, as inundações urbanas têm despertado maiores preocupações, pois a medida que a ocupação cresce, os sistemas de drenagem naturais começam a demonstrar incompatibilidade funcional face ao aumento da

carga de água despejadas nos seus canais de escoamento, confirmado por Cardoso Neto<sup>1</sup> onde: “O comportamento do escoamento superficial direto sofre alterações substanciais em decorrência do processo de urbanização de uma bacia, principalmente como consequência da impermeabilização da superfície, o que produz maiores picos e vazões. Já na primeira fase de implantação de uma cidade, o desmatamento pode causar um aumento das vazões de pico e de volumes escoados e, conseqüentemente, da erosão do solo; se o desenvolvimento urbano posterior ocorrer de forma desordenada, estes resultados deploráveis podem ser agravados com o assoreamento em canais e galerias, diminuindo suas capacidades de condução do excesso de água”.

Como destacado pelo autor, um dos principais agravantes com relação à drenagem urbana é a erosão do solo que implica no assoreamento de canais, galerias e reservatórios, fato esse difícil de ser contornado posto que é constante, principalmente em áreas periféricas, onde ocorre intensa movimentação do solo na abertura de novos lotes e na construção de casas sem controle legal.

O assoreamento somado com a impermeabilização do solo contribui para a ocorrência de inundações, geralmente em proporções que causam perdas materiais, econômicas e ambientais. Nesse sentido, inúmeras políticas como as da Europa do século XVIII e XIX foram adotadas a fim de mitigar a problemática das grandes inundações, onde a idéia inicial era de remover as águas pluviais em excesso da maneira mais eficiente possível, evitando assim transtornos, prejuízos e riscos de inundações.

Com esse enfoque as ações para o controlar as inundações, configuraram-se como obras estruturais, modificando o sistema fluvial evitando os maiores prejuízos. A essa visão denominou-se higienista, melhor detalhada a seguir.

---

<sup>1</sup> CARDOSO NETO, Antônio. **Sistemas urbanos de drenagem**. São Paulo: s.d., Disponível em: <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2537/> em abril de 2005.

## 2.2 Aumento da condutividade hidráulica

A luz dos acontecimentos históricos, uma das grandes transformações sofridas pelas cidades teve relação direta com a complexidade de acontecimentos associados à “Revolução Industrial”.

Entendida como uma gama de acontecimentos, a Revolução Industrial foi fator preponderante para um explosivo crescimento demográfico nas cidades, fato ocorrido a priori na Inglaterra, seguido pelos países França e Alemanha. Destacado por CHOAY (1979), entre 1800 e 1895 o número de cidades inglesas com mais de cem mil habitantes passou de duas para trinta. Esse evento é caracterizado pela diminuição da taxa de mortalidade e o crescente número de trabalhadores que viam na indústria a forma de sobrevivência.

Sendo assim, a revolução industrial transformou radicalmente a distribuição dos habitantes no território e as carências dos novos locais de fixação começam a manifestar-se em larga escala. As famílias que saíam do campo e seguiam para os aglomerados industriais ficavam alojadas nos espaços vazios disponíveis dentro dos bairros antigos, ou nas novas edificações construídas na periferia, que rapidamente se multiplicaram formando bairros novos e extensos em redor dos núcleos primitivos (ABIKO et al, 1995).

Essa nova disposição espacial começou apontar carências higiênicas, pois com o adensamento e a expansão dos bairros operários, os esgotos e detritos corriam a céu aberto, quando não paravam pela impossibilidade de transpor amontoados de lixo. Nesse sentido, como preconizado por Benevolo (1994) as carências higiênicas relativamente suportáveis no campo tornaram-se insuportáveis na cidade, pela contigüidade e o número elevadíssimo das novas habitações. O autor ainda descreve que:

[...] o adensamento e a extensão sem precedentes dos bairros operários tornam quase impossível o escoamento dos detritos; ao longo das ruas correm os regos dos esgotos a descoberto, e qualquer recanto afastado está cheio de amontoados de imundices. Nos mesmíssimos espaços, promiscuamente, circulam os carros e os peões, vagueiam os animais, brincam as crianças. Os bairros de habitação são construídos preferencialmente próximo dos locais de trabalho [...] As oficinas impregnam as

casas de fumo, inquinam os cursos de água com resíduos, enquanto o tráfego industrial é penosamente tolhido pelo tráfego residencial (BENEVOLO, 1997, p. 37).

Benevolo, ainda utiliza a clássica descrição de Manchester feita por Friederich Engels em 1845 quando afirma que as ruas, mesmo as melhores, são estreitas e tortuosas, as casas são imundas, velhas, a cair, e o aspecto das ruas laterais é absolutamente horrível.

Sendo assim, como destaca Abiko:

A cidade industrial neste período é caracterizada pelo congestionamento e pela insalubridade; sem um sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário e sem coleta de lixo atendendo à população de operários, surgem epidemias difíceis de serem controladas, além de doenças que prejudicam a população como um todo. Esta cidade é construída pela iniciativa privada, buscando o máximo lucro e aproveitamento, sem nenhum controle (ABIKO et al, 1995, p. 40).

Diante desse cenário, surge a necessidade de uma ação pública para ordenar e solucionar a problemática posta pela nova organização da sociedade, pois como salientado por Andrade:

No relatório de viagem da Comissão Médica Francesa enviada à Andaluzia, quando da epidemia que se abatera sobre esta região, em 1800, se lê “A arte de conservar os homens é um ramo essencial da arte de os governar. (...) Revela-se assim, que o controle das epidemias passará por uma ciência do território, dependerá de uma geopolítica e será exercido sobre grandes massas populacionais, anunciando modernas formas de controle político (ANDRADE, 1992, p. 09-10).

É nesse período que surge o urbanismo sanitário, com o intuito de melhorar as condições salubres das cidades. Em 1848 em Londres é aprovada a primeira lei sanitária – *Public Health Act*, lei essa precursora dos Códigos Sanitários Brasileiros. Esta legislação foi à base de todas as demais que se preocuparam em atuar no espaço urbano a fim de garantir condições de salubridade tais como: abastecimento de água e controle de sua potabilidade, canalização de esgotos, drenagem de áreas inundáveis, abertura de vias e vielas sanitárias (Abiko, 1995).

Sob o comando do prefeito Haussmam, Paris se tornou emblemática e referência por construir uma importante rede de esgotos, cristalizando o conceito higienista. Haussmam promoveu uma reforma urbana associada ao conceito da higiene pública, promovendo a abertura de espaços abertos como avenidas largas e parques, obras que facilitaram a instalação de infra-estrutura e entre elas as redes de esgoto (Silveira, 2002).

Nesse sentido, na busca de se criar um ambiente salubre e adequado, as leis sanitárias passaram a se constituir em leis de natureza urbanística, definindo larguras das ruas, densidades, critérios para a implantação de loteamentos, distanciamento entre as edificações e até mesmo a característica de cada edifício.

A Europa, no século XIX foi caracterizada pelo século da higiene, gerando com isso profundas modificações nas práticas e hábitos sociais, mudando diversos setores incluindo a estrutura urbana. Vale ressaltar que o início dessas iniciativas se dá já no século XVIII, quando se constata na Itália que as águas de banhados e zonas alagadiças influenciavam na mortalidade de pessoas e animais. Isso desencadeou um processo de extinção dos banhados (Silveira, 2000).

Muitas destas modificações estavam respaldadas nas visões teóricas dos higienistas, tanto na teoria mesológica e posteriormente na teoria microbiana. A peste na história da humanidade sempre se alimentou da densidade social que a aglomeração populacional propiciou, sendo assim, a peste é urbana por excelência. Não apenas porque se dissemina pelo contágio promovido pelas densidades urbanas, mas também porque segue as trilhas da circulação dos homens, apoiando-se em redes de cidades, atravessando fronteiras, desembarcando em portos (Andrade, 1992).

Algumas das ações utilizadas para combater a peste priorizavam o isolamento do território como o cordão sanitário e a quarentena, práticas que se configuravam como estratégias de confinamento, fazendo das moradias uma prisão domiciliar. Outras, alternativas, eram as fumegações, as fogueiras

aromáticas, lavagens de cal brancas, correntes de orações, procissões e alguns rituais que as igrejas realizavam buscando esconjurar o mal.

Nessa vertente, como definido por Andrade:

[...] a higiene desempenhará a função principal de impedir o contágio em uma situação de amontoamento, desfazendo, misturas e domesticando os corpos, impedindo a estagnação dos elementos do meio, como o ar e a água, e controlando os fluxos de toda natureza (ANDRADE, 1992, p. 17).

No bojo desta nova configuração espacial, as intervenções urbanísticas sanitárias se fazem presentes e necessárias, posto que, a sociedade industrial criou uma nova cultura organizacional desregulada em sua essência territorial. O que engendrou novas formas e regras de ocupação. Em específico a água, o descaso com a sua manipulação foi argumento de teorias que acreditavam que a água como um fluido tinha grande influencia na saúde dos homens e sua estagnação era um problema sanitário a ser resolvido, pois para os higienistas, as águas nas cidades não poderiam se estagnar. Seu objetivo principal era fazê-las fluir, indicando um dos princípios da engenharia sanitária do século XIX, que afirmava que a água deveria circular de maneira salubre, fazendo desaparecer suas qualidades mórbidas; precisando para isso, ordenar seus cursos por canais e esgotos (Andrade, 1992).

Dessa maneira, as redes de esgoto deveriam evacuar as áreas contaminadas o mais rápido possível e para muito longe. Assim nascia a idéia de se livrar da água nas cidades tanto a de origem cloacal como a pluvial.

### 2.3 O higienismo no Brasil: algumas considerações sobre Saturnino de Brito

No Brasil, o conceito higienista tem suas primeiras evidências em 1864 no Rio de Janeiro, onde foram construídas as primeiras redes enterradas de esgoto, mas é com o engenheiro Saturnino de Brito que o conceito ganha mais expressão.

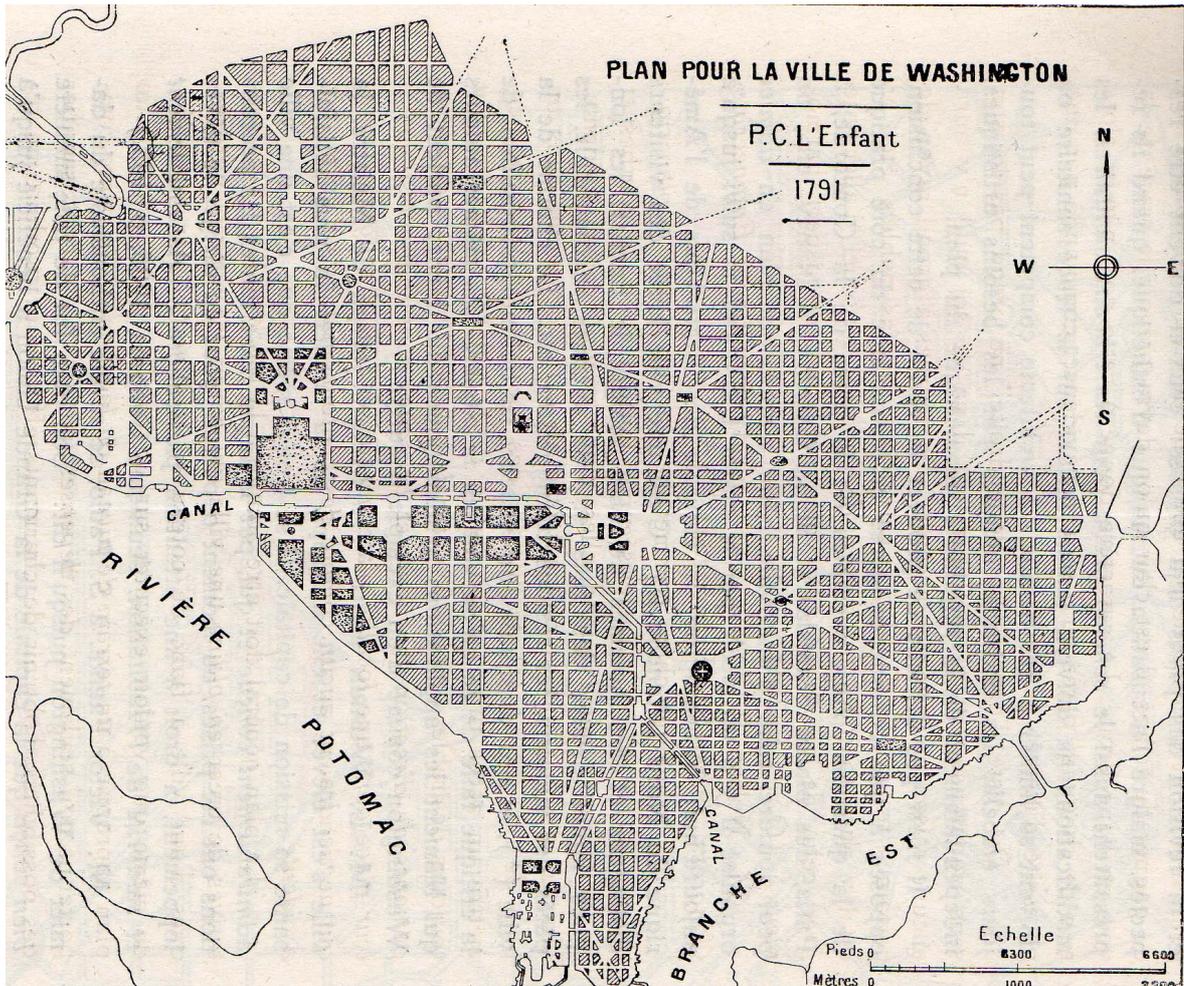
Saturnino de Brito teve importante papel na difusão das teorias urbanísticas sanitárias no Brasil, pois como expressado por Lima (2003, p. 01) “*O percurso do sanitarismo urbanista no Brasil confunde-se com a trajetória profissional e técnica do engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito*”.

Formado pela escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1886 em engenharia civil, que na época dividia com a engenharia militar algumas atribuições relacionadas às obras de natureza estritamente militar, assumiu como profissional uma gama muito maior e ampla de atribuições, permitindo uma visão muito mais abrangente de engenharia.

Saturnino ao desenvolver seus projetos, levava em consideração a topografia da área a ser urbanizada – o traçado em acordo com o relevo do terreno, pela necessidade de conceber os condutos naturais das águas pluviais e das águas saneadas. Para Brito as primeiras linhas de um plano de regulação de uma cidade deveriam ser traçadas do ponto de vista sanitário, pois, como ele mesmo afirma:

Para a organização de um projeto geral de melhoramentos, de expansão e de saneamento, é preciso proceder ao levantamento da planta topográfica da cidade e dos seus arredores: [...] Os projetos de melhoramentos das ruas existentes e de abertura de novas ruas serão feitos de acordo com o projeto dos esgotos sanitários e pluviais, [...] os principais prolongamentos das ruas existentes e as ruas a abrir, especialmente as que devem seguir os thalwegs e os cursos existentes, os quais serão os coletores principais do escoamento das águas das chuvas (BRITO, 1944, p. 163 - 165).

Em seus projetos defendia a idéia de sanear e embelezar, fato esse decorrente de sua formação e aproximação com os urbanistas destacando a forte influência de Camillo Sitte e dos urbanistas norte-americanos como Pierre-Charles L'Enfant em seu plano para Washington (fig. 07).



**Figura 07** – Projeto L'Enfant para Washington. Brito, 1944.

O projeto de L'Enfant para Washington deve ser destacado, posto que tem forte influência nos projetos de Saturnino de Brito para algumas cidades brasileiras, abarcando a idéia de adequação do traçado à topografia do sítio, denotando sua idéia de pitouresco, pois:

[...] a referencia ao plano de L'Enfant para Washington... é necessária, pois, as obras publicas realizadas por Saturnino de Brito não só estruturam fisicamente a cidade e seu processo de crescimento, mas também introduzem novas visibilidades. Meios de construção de visibilidade, os canais de drenagem a céu aberto, [...] seus passeios e avenidas laterais, operam tanto o fluxo da água e da circulação urbana, quanto o fluxo dos olhares (ANDRADE, 1992, p. 62).

Nesse sentido, Brito acreditava que os projetos não eram simplesmente um elemento para construção, mas que deveriam abarcar estudos nos pontos de vista estático, dinâmico e econômico, observando cada tipo de

atuação, porém, levando sempre em consideração a topografia da área e seu traçado sanitário.

Adepto ao positivismo, Saturnino revoluciona o conceito higienista no Brasil ao trabalhar no saneamento da Cidade de Santos e por defender com argumentos sólidos a idéia de construir um sistema separador absoluto (redes de condutos separados para esgotos pluviais e cloacais) contrariando o sistema dominante na época que era o unitário. O sucesso obtido na Cidade de Santos – dado os graves problemas de drenagem, ajudaram Saturnino a disseminar suas idéias acerca do sistema separador absoluto e a ganhar fama internacional. *Em decorrência da atuação de Saturnino de Brito, já no início do século XX, o conceito higienista, usando uma rede de drenagem pluvial separada dos esgotos domésticos, ficou estabelecido como regra para as cidades brasileiras* (Silveira, 2000, p. 12).

#### 2.4 Manejo de águas pluviais: um conceito em evolução

O conceito de aumento da condutividade hidráulica, até hoje em algumas cidades do mundo e inclusive em cidades no Brasil, ainda é muito utilizado. Entretanto, nos países desenvolvidos, em decorrência de grandes prejuízos econômicos e com a conscientização ecológica durante a década de 60, expôs as fragilidades e limitações dos conflitos entre as cidades e o ciclo hidrológico, pois como definido por Silveira (2000), havia a necessidade de reflexões mais profundas e detalhadas sobre as ações antrópicas densas (urbanização) sobre o meio-ambiente, particularmente sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Assim, cresce a consciência ambiental aplicada à drenagem urbana, fazendo com que a visão do aumento da condutividade hidráulica deixasse de ser a única a ser aplicada, agregando novas ações como obras de retenção e amortecimento de escoamento, reservatórios e lagoas de detenção, pavimentos permeáveis entre outras.

Com essa nova abordagem ambiental, poder-se-á distinguir três etapas no que tange ao saneamento pluvial urbano (Silveira apud Desborde, 2002).

1. Drenagem ou aumento da condutividade hidráulica;
2. Racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos; e
3. Abordagem ambiental e gestão integrada do ciclo hidrológico urbano.

A primeira etapa corresponde ao que foi exposto anteriormente, cujo movimento surgiu na Europa no século XIX, que preconizava como medida de saúde pública a eliminação sistemática das águas paradas ou empossadas e dos efluentes domésticos jogados nas vias públicas ou nos leitos fluviais por meio de canalizações subterrâneas. São estabelecidas as primeiras relações de mensurações entre quantidade precipitada e escoamento com o intuito de dimensionar as obras de esgoto.

A etapa posterior, ou seja, a racionalização e normatização dos cálculos hidrológicos, mantiveram o conceito de evacuação rápida, mas procurava estabelecer melhor o cálculo hidrológico para dimensionamento das obras hidráulicas. Já dispo de melhores instrumentos técnicos e dados hidrológicos, é a etapa do surgimento do método racional hidrológico e da normatização dos cálculos. A sofisticação da tecnologia é utilizada para medir a intensidade da chuva, o tempo de concentração e o período de retorno a fim de justificar o dimensionamento da intervenção.

A terceira etapa segundo Silveira (2000), é considerada uma conflagração impulsionada por revoluções iniciadas nos anos 60 e 70: o crescimento da consciência ecológica e a explosão tecnológica. Surgem alternativas ao aumento da condutividade hidráulica e de fato, o reconhecimento da poluição do esgoto pluvial e uma crescente pressão para que todos os esgotos fossem tratados.

O mesmo autor ainda argumenta que a terceira etapa pode ser dividida em duas fases: a primeira iniciada nos anos 70 embasada nas simulações hidrológicas de bacias e, a segunda, dos anos 80 até hoje, a agregação real do conceito ambiental.

A terceira etapa, entendida como reconhecimento da importância dos fatores ambientais, é muito utilizada nos países desenvolvidos uma vez que já apresentam um atendimento por obras de infra-estrutura avançado, onde a questão de saneamento e de bens sociais já foi resolvida ou ao menos mitigada. Já nos países em desenvolvimento, o novo conceito ainda é muito frágil dada à alta dificuldade em resolver os problemas de saneamento e abastecimento de água e, ao fato de estar ainda muito arraigada a visão do aumento da condutividade hidráulica (Silveira, 2000; Baptista, Nascimento e Barraud, 2005).

A idéia de afastar-se das águas o mais rápido possível tornou-se dogma entre muitos técnicos e inclusive entre a população, que acredita ser a maneira mais eficiente. Vale ressaltar que mesmo o conceito de drenagem da primeira fase ainda é aplicado de forma precária dada a falta de recursos, mau dimensionamento, má execução e a baixa ou falta de manutenção. Outros fatores preponderantes na assimilação da nova abordagem é sua relação multidisciplinar que transcende a setorização dada em muitos países à questão da água, à falta de um planejamento no que se refere ao uso e ocupação do solo e à deficiência na aplicação da educação ambiental (Silveira, 2000).

No Brasil, a história da drenagem urbana apesar desses obstáculos, parece estar em uma transição entre a abordagem do aumento da condutividade hidráulica e a gestão integrada, onde muitos Estados estão incorporando essa nova fase, abarcando a idéia de estabelecer seus planos diretores de drenagem urbana a fim de promover a integração da água com as políticas de planejamento.

Assim a complexidade da nova abordagem ambiental está em integrar todos os agentes produtores do espaço urbano com a questão hidrológica, tanto na fase de concepção até a de operação e manutenção.

Essa contextualização acerca da concepção de drenagem urbana se faz necessária posto que para encaminhar a pesquisa sobre os reservatórios de amortecimento de cheias – terceira fase, seria importante entender o processo e os desdobramentos da ação humana sobre o ciclo hidrológico.

## 2.5 A ocupação dos Fundos de vale no município de São Paulo

A “metrópole do café” ou “a capital dos fazendeiros” como foi conhecida por muitos anos a cidade de São Paulo, a partir do século XX sofreu um grande surto industrial fazendo com que a cidade, adquirisse uma forma dinâmica e movimentada, características de metrópole industrial (Petrone, 1956).

Muitos fatores contribuíram para a afirmação de São Paulo como pólo industrial. Entre eles, Pasquale Petrone (1956), destaca uma série de fatos que, se conjugaram para fortalecer o parque industrial paulistano: a facilidade de obtenção de energia elétrica; a existência de um mercado consumidor; o fluxo de capitais, tanto estrangeiros como nacionais; a facilidade de mão-de-obra operária; a existência de um mercado fornecedor de matérias-primas e, a importante rede de transportes.

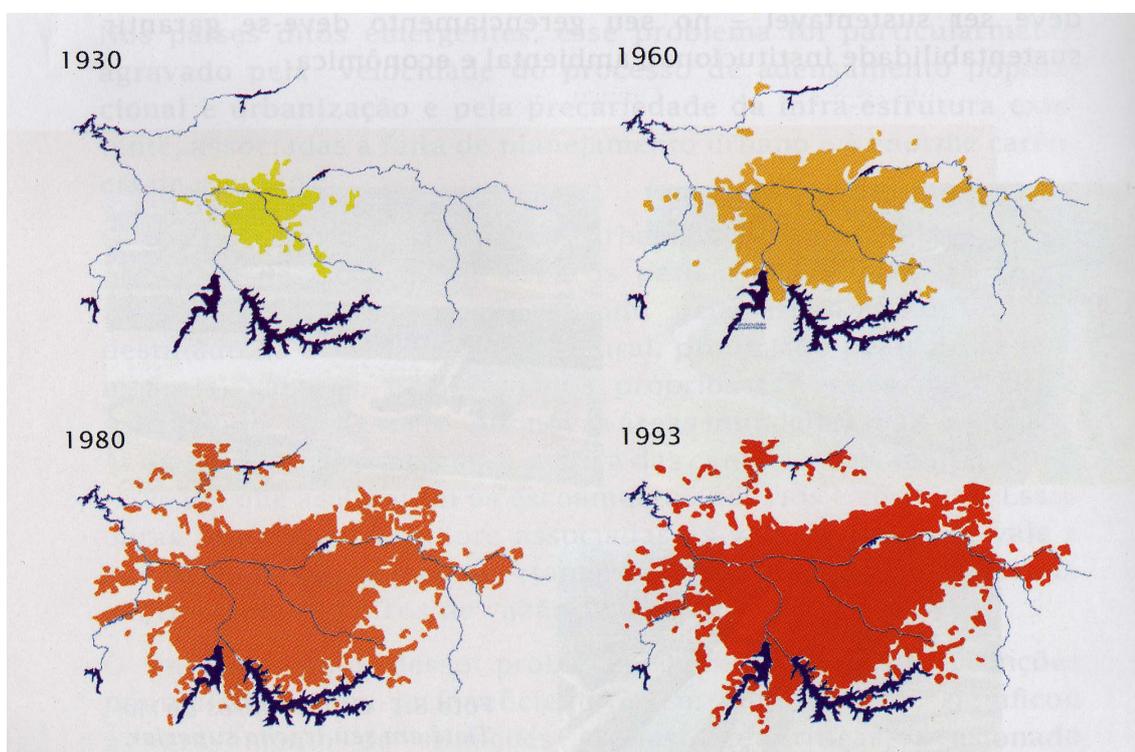
Todavia, como salientado pelo mesmo autor, a consolidação industrial produziu grandes reflexos sobre a cidade, entre eles, o aumento populacional e o espraiamento do uso e ocupação do solo.

[...] inegavelmente, foi a função industrial, mais do que outro qualquer fator, que ocasionou seu crescimento e sua expansão em área. O fato de terem as estradas de ferro aproveitado os vales, onde os terrenos podiam ser obtidos a baixos preços por não serem apreciados como locais de residência, atraiu a instalação de estabelecimentos fabris. Cresceu, dêste modo, a área urbanizada, e as várzeas do Tamanduateí e do Tietê, naqueles trechos, deixaram de ficar ao abandono. [...] O surto industrial ainda influi sobre a cidade, concorrendo para o *aumento da população* (em virtude da crescente necessidade de mão-de-obra e impulsionado pela “miragem” que vive a atrair, para a metrópole, a população da zona rural e do interior, em geral) e, sobretudo, modificando a paisagem urbana e acabando por concretizar a existência do “Grande São Paulo” (sic) (PETRONE, 1956, p. 104-105).

A expansão urbana processada em São Paulo, acarretou em uma nova organização espacial, engendrada por ações de crescimento e problemas decorrentes da tal ambição. Segundo Travassos (2004), em 1920 Milciades Porchat em uma série de artigos publicados no *Jornal do Commercio*, prevendo o crescente predomínio do uso do automóvel, propôs ao então prefeito Firmiano

Pinto, uma série de intervenções, pois considerava o rodoviário mais importante na mobilidade da cidade. Entre outras colocações, afirmava que os bondes eram verdadeiros empecilhos, dada suas características.

Assim, com o rodoviário percorrendo as vias radiais, poderiam atingir bairros distantes, sem a necessidade de estender linhas e trilhos; sua flexibilidade adequava-se ao caráter francamente expansionista idealizado para o crescimento da cidade (Campos Neto, 2002). Desta maneira, loteamentos mais longínquos possíveis começaram a ser empreendidos, simbolizando a crescente ação de agentes imobiliários, espalhando cada vez mais a cidade em suas periferias no transcorrer dos anos (fig.08).



**Figura 08** – Ampliação da mancha urbana na RMSP. Canholi, 2005.

Entre as necessidades da “nova” cidade, a construção de ruas e avenidas foram escopos dos comandantes de São Paulo. Durante a gestão de inúmeros prefeitos a questão da mobilidade da cidade sempre esteve presente nas aspirações de modernização<sup>1</sup>. Entretanto, cabe destacar a gestão do prefeito

<sup>1</sup> Sobre o assunto, consultar CAMPOS NETO, Candido Malta. **Os rumos da cidade**: urbanização e modernização em São Paulo. São Paulo: Ed. SENAC, 2002. PETRONE, Pasquale. São Paulo no século XX. In: AZEVEDO, Aroldo de. **A cidade de São Paulo**. São Paulo: Ed. Editora Nacional, 1958. ROLNIK, Raquel. **A cidade e a lei**: legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Studio Nobel, 1997.

Prestes Maia (1938-1945) que no desejo de arejar o centro e desafogar o tráfego cada vez mais intenso, abriu avenidas perimetrais de irradiação, com 33 a 45 metros de largura; deu impulso final para a construção do “sistema Y”<sup>2</sup>, com suas avenidas de fundo de vale, facilitando a ligação entre o Sul e o Norte da metrópole; canalizou um trecho do rio Tietê, encurtando seus meandros e propiciando o uso de 17km<sup>2</sup> de terras varzeanas (Petrone, 1956).

Entre outras atribuições, Prestes Maia foi mentor do Plano de Avenidas, que por sua vez foi responsável pela mudança na forma de pensar a estruturação e o espaço urbano; cientificamente assumia a grande cidade como inevitável e utilizava a técnica como meio eficaz de gestão do espaço e de sua extensão infinita. O Plano defendia que o sistema de avenidas seria o parâmetro para todas as outras questões urbanas. Onde: *As habitações, as áreas verdes, o zoneamento entre outras questões, embora sejam discutidas no plano, ficam subordinadas à criação do sistema de vias, a cidade passa a ser qualificada em termos de integração viária e acessibilidade* (TRAVASSOS, 2004. p. 42).

Preconizado ainda pelo autor:

Para Prestes Maia a criação do sistema viário de São Paulo sobre os fundos de vale não somente se justificava pela dificuldade apresentada pelo relevo acidentado da região, como também proporcionava as características necessárias à criação das desejadas vias rápidas, uma trincheira natural que possibilitava a eliminação de cruzamentos em nível. [...] o mais importante era mesmo a circulação (TRAVASSOS, 2004. p. 42-43).

Tal afirmação comprova o descaso com as funções naturais dos fundos de vale, uma vez que sua utilização começou a ser disseminada como importante “base” para a construção de “artérias rápidas”. Assim, criou-se o binômio: canalização de córregos e construção de avenidas de fundo de vale.

Outros programas foram contratados pela prefeitura durante a década de 50 – o Plano Moses e o Sagmaçs; entretanto, apresentavam a mesma concepção de utilização dos fundos de vale para construção do sistema viário.

---

<sup>2</sup> [...] traçados diametrais que atravessariam a cidade de ponta a ponta, cruzando o circuito central: a avenida Anhangabaú, iniciada na gestão Pires do Rio, e a avenida Itororó, então em projeto, se uniriam no “sistema Y”, formando uma diametral que atravessaria a área central em desnível ocupando o vale do Anhangabaú (CAMPOS NETO, 2002. p. 416-417).

A partir da década de 1970 a intensificação da urbanização sobre o sistema de drenagem, agravou o problema das enchentes na cidade o que resultou na recorrente discussão sobre as ações para combatê-la. Assim, o problema que se concentrava nas várzeas dos rios Tietê e Tamanduateí de incumbência estadual, começaram a ocorrer nos córregos do interior do município direcionando o problema também para a prefeitura.

Nesse sentido, foram firmados diversos convênios entre a prefeitura municipal de São Paulo e outros órgãos públicos e privados, entre eles o Planasa de 1974, cujo escopo seria a realização de obras em 38 córregos somando a canalização de 60 Km e 55 km de novas avenidas de fundo de vale, onde dois sérios problemas da cidade: as enchentes e a ameaça a saúde pública, seriam resolvidos. Outro importante Programa desenvolvido pela prefeitura foi o Programa Municipal de drenagem que seria executado entre os anos 1978 a 1983, em 25 bacias. Os empreendimentos abarcariam a abertura, a canalização de cursos d'água e a urbanização de fundos de vale, em 131 km lineares (Travassos, 2004).

Embora louváveis, os Programas até o final da década 1990 tinham como característica a canalização e construção de avenidas de fundo de vale, sempre associado ao paradigma tecnológico do *aumento da condutividade hidráulica*, cuja finalidade era a de afastar rapidamente toda a água precipitada no meio urbano. Com o agravamento do número de enchentes, e com o aumento de prejuízos sociais e econômicos causados pelas precipitações, o conceito utilizado até então, começou a torna-se questionável uma vez que se tornou incapaz de resolver os problemas que ora estavam se agravando.

Nessa direção, um novo paradigma começou a ser discutido, cujo arcabouço está relacionado à terceira fase do saneamento pluvial urbano: a abordagem científica e ambiental do ciclo hidrológico urbano ou como foi colocada na cidade de São Paulo a *vazão de restrição*.

Nascendo o conceito ambiental, em substituição ao higienista, aparecem as soluções alternativas ou ambientais de drenagem que, agindo em conjunto com as estruturas convencionais, procuram compensar sistematicamente os efeitos da urbanização,

não só em termos quantitativos, mas também em termos qualitativos (SOUZA, 2002, p. 02).

Esse novo conceito abarca em seu bojo diferentes medidas de intervenção classificadas em *Medidas estruturais* e *Medidas não-estruturais*, detalhadas no próximo capítulo.



### 3 Medidas de mitigação dos impactos na drenagem urbana

Pode-se afirmar que “o gerenciamento da drenagem urbana é fundamentalmente, um problema de alocação de espaços destinados para as águas precipitadas” (PORTO, Mônica, 2003), ou seja, os espaços que outrora eram utilizados pelos córregos e rios durante as cheias para seu armazenamento, ao serem suprimidos pela urbanização irão requerer via de regra novas áreas inundadas a jusante. Visando mitigar essa problemática, as intervenções usualmente despendidas referente a drenagem podem ser entendidas como dois sistemas: microdrenagem e macrodrenagem.

A microdrenagem ou rede primária é o sistema responsável por captar e transportar as águas precipitadas nos lotes e nas vias, escoando através de dutos para o sistema de macrodrenagem. No que tange ao sistema de macrodrenagem, é caracterizado por sistemas naturais ou construídos, que são incumbidos de receber as águas de uma bacia de drenagem levando-as para uma outra estrutura a jusante – rios, córregos, lagoas, represas ou mesmo para o oceano. (Bidone & Tucci, 1995; Martins, 1995).

A microdrenagem ou rede primária entendidas como condutos pluviais segundo Bidone & Tucci (1995. p. 77-78) possuem as seguintes terminologias:

- **Galeria:** canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas;
- **Poço de visita:** dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações;
- **Trecho:** porção de galeria situada entre dois poços de vista;
- **Bocas-de-lobo:** dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação de águas pluviais;

- **Tubos de ligações:** são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para galerias ou para os poços de visita;
- **Meios-fios:** elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com face superior no mesmo nível do passeio;
- **Sarjetas:** faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam;
- **Sarjetões:** calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas;
- **Condutos forçados:** obra destinada à condução das águas superficiais coletadas, de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal dos condutos;
- **Estações de bombeamento:** conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal drenado, quando não mais houver condição de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.

No que se refere a macrodrenagem, as obras usualmente utilizadas constituem-se na retificação e ampliação dos canais naturais, construção de canais artificiais ou grandes galerias e em estruturas auxiliares para controle e, amortecimento de picos (Martins, 1995).

Entretanto, a visão limitada de apenas intervir com obras estruturais não corresponde mais às necessidades reais da cidade, o que então, remete a uma visão integrada de ações, que levem em consideração o ambiente urbano e as relações entre os sistemas que o compõem.

Tal solução segundo Rubem Porto *et al.* (2002), depende dos seguintes fatores:

- Existência de uma política para o setor que defina objetivos a serem alcançados e os meios (legais, institucionais, técnicos e financeiros) para atingi-los;
- Existência de uma política para ocupação do solo urbano devidamente articulado com a política de drenagem urbana, principalmente no que se refere à ocupação das várzeas de inundação;
- Processo de planejamento que contemple medidas de curto, médio e longo prazo em toda a bacia, e integre as medidas de drenagem de águas pluviais no complexo maior do ambiente urbano;
- Existência de entidade eficiente que domine as tecnologias necessárias, implante obras e medidas, desenvolva atividades de comunicação social, promova a participação pública, estabeleça critérios aplique leis e normas e, enfim, exerça, de forma positiva, a liderança do setor;
- Domínio da tecnologia adequada para planejamento, projeto, construção e operação das obras; e
- Organização de campanhas de educação e esclarecimento da opinião pública.

Com essa visão, as medidas para o controle da inundação podem ser do tipo estrutural e não-estrutural. Onde:

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não-estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (TUCCI, 2002, p. 624).

Embora vale destacar como colocado pelo mesmo autor, é ingenuidade do homem imaginar que poderá controlar totalmente as inundações; as medidas sempre visam minimizar as suas conseqüências, o que demanda novas ações que contemplem a conscientização e assimilação das funções naturais dos rios.

### 3.1 Medidas de controle não estruturais

As medidas não-estruturais são aquelas que buscam reduzir os danos ou mesmo as conseqüências das inundações não por meio de obras, mas pelo uso de normas, regulamentações e programas. Podemos agrupá-las em: regulamentação do uso da terra, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação e educação ambiental (Tucci, 2002, p. 603).

**Regulamentação do uso da terra ou zoneamento de áreas inundáveis:** para regulamentar é necessário estabelecer o risco de inundação das diferentes cotas das áreas ribeirinhas. Nas áreas de maior risco não é permitido a habitação e, pode ser utilizada para recreação desde que o investimento seja baixo e não se danifique, como parques e campos de esporte. Para cotas com menor risco é permitido construções com precauções especiais. Embora deva se levar em conta a prevenção da impermeabilização intensiva na bacia.

Para o zoneamento, a seção do rio pode ser dividida em três partes principais: (Tucci, 1997).

1. **zona de passagem da enchente:** Essa parte da seção funciona hidraulicamente e permite o escoamento da enchente. Qualquer construção nessa área reduzirá a área de escoamento, aumentando os níveis a montante. Devendo deixar essa faixa sempre desobstruída;

2. **zona com restrições:** essa é a área restante da superfície inundável que deve ser regulamentada. Essa zona fica inundada, mas, devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para o escoamento;

3. **zona de baixo risco:** pequena probabilidade de inundar, mas necessita ter regulamento para a convivência da população com as enchentes, na eventualidade dessas cotas serem atingidas.

**Construção a prova de enchente:** é definida como o conjunto de medidas projetadas para reduzir as perdas de prédios localizados nas várzeas de inundação durante a ocorrência de cheias.

**Seguro de enchente:** permite aos indivíduos ou empresas a obtenção de uma proteção econômica para perdas eventuais com os eventos de enchentes desde que calculados a partir da delimitação dos riscos associados às cheias.

**Previsão de alerta:** é um sistema composto de aquisição de dados em tempo real, transmissão de informação para um centro de análise, previsão em tempo atual com modelo matemático, e Plano de Defesa Civil que envolve todas as ações individuais ou de comunidade para reduzir as perdas durante as enchentes, justificando-se como importante medida para combater o fator surpresa que provoca vítimas fatais e grandes prejuízos pelos alagamentos. Sua ação facilita a retirada de pessoas e bens de áreas em potencial risco, bem como fonte para desvios de tráfegos.

**Educação ambiental:** importante medida na conscientização da população no entendimento da problemática ambiental e combate ao controle da poluição difusa, erosão e lixo. Entre outras medidas, a educação ambiental tem a importante função de restabelecer a harmonia entre a sociedade e os corpos hídricos, buscando legitimar a valorização da água no meio ambiente urbano.

No bojo da concepção ambiental de manejo de águas pluviais, as obras de engenharia também fazem parte do processo, entretanto, são direcionadas a partir do conceito de reservação, procurando reter ou retardar as inundações. Nesse sentido, a seguir são apresentadas as principais intervenções.

### 3.2 Medidas de controle estruturais

As medidas estruturais podem ser entendidas como obras de engenharia implantadas para reduzir o risco das enchentes, sendo elas extensivas ou intensivas (Quadro 01a, 01b).

**Quadro 01a** – Medidas estruturais extensivas. Adaptado de Simons et al. Apud Tucci, 2002.

<b>Medidas extensivas:</b>			
<b>Medida</b>	<b>Principal vantagem</b>	<b>Principal desvantagem</b>	<b>Aplicação</b>
Cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda	Reduz assoreamento	Idem ao anterior	Pequenas bacias

**Quadro 01b** – Medidas estruturais intensivas.

<b>Medidas intensivas:</b>			
<b>Medida</b>	<b>Principal vantagem</b>	<b>Principal desvantagem</b>	<b>Aplicação</b>
Diques e polders	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios
<b>Melhoria do canal:</b>			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte de meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
<b>Mudança de canal:</b>			
Caminho da cheia	Amortecimento de volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Idem ao anterior	Bacias médias e grandes
<b>Reservatórios:</b>			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de usos múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com o mínimo de perdas	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes

As ações referentes às medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, utilizando ações como a alteração da cobertura vegetal do solo, que é responsável em reduzir e retardar os picos das cheias e controlar a erosão da bacia.

As medidas intensivas são as ações que agem no rio e podem ser de três tipos: a) aceleram o escoamento: construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros; b) retardam o escoamento: reservatórios e as bacias de amortecimento; c) desvio do escoamento, são obras como canais de desvios. (SIMONS et al., *apud* TUCCI, 2002 p. 629). Por semelhante modo as alternativas de estruturas ainda podem ser classificadas de acordo com sua ação sobre os processos hidrológicos, atuando na redução dos volumes com estruturas de infiltração ou na redução das vazões promovendo o armazenamento temporário em reservatórios das águas pluviais.

As medidas tidas como alternativas frente à concepção “pegar e largar rápido” (Botelho, 1998), visam a correção ou mitigação dos problemas de inundação com a proposta de articular medidas de controle não-estruturais em conjunto com as estruturais, buscando conservar ou mesmo restaurar as condições naturais do processo de drenagem.

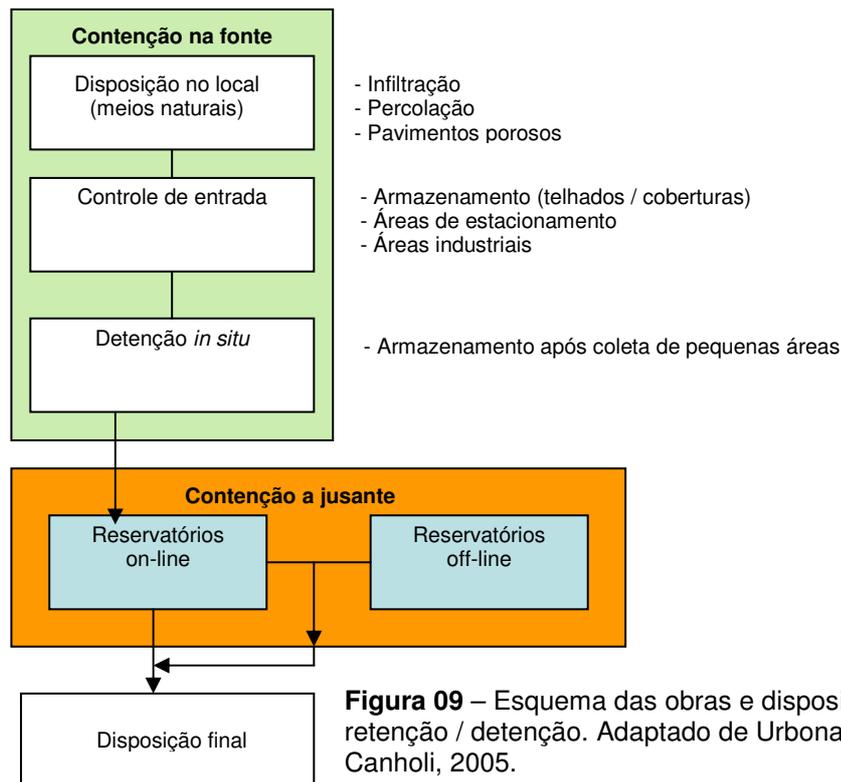
### 3.3 Medidas de controle na fonte

As medidas de controle na fonte ou controle distribuído conhecidas como *Low Impact development* têm como ação a intervenção diretamente no lote, em estacionamentos, parques e passeios. Sua principal função é o aumento de áreas para infiltração, percolação e armazenamento temporário em reservatórios. Em geral, esses dispositivos não são de grandes proporções e estão localizados próximos aos locais geradores do escoamento, o que permite um melhor aproveitamento do sistema de condução do fluxo a jusante. Entretanto, como justificado por Canholi (2005), esse tipo de dispositivo apresenta vantagens e desvantagens, entre as quais:

[...] há o fato de tais dispositivos serem normalmente compostos por pequenas unidades de reservação, que podem ser padronizadas; acrescenta-se que a alocação dos custos pode ser simplificada, por causa da menor sobrecarga para cada área controlada e da relação direta que é possível estabelecer entre área urbanizada e deflúvio; além disso, os custos de manutenção e operação podem elevar-se em razão da multiplicação das

unidades; e a avaliação do desempenho global, para fins de dimensionamento e projeto, pode tornar-se complexa e trazer incertezas ao projetista (CANHOLI, 2005, p. 37).

Ainda em referencia à contenção na fonte, os dispositivos podem ser classificados de acordo com sua localização nos sistema de drenagem, podendo ser no local ou pela detenção *in situ* (fig. 09).



Seguindo a figura acima, a disposição no local pode ser concebida por obras e dispositivos que visam a facilitação da infiltração e da percolação; o controle de entrada pode ser definido como um conjunto de sistemas que restringem a entrada da água na rede de drenagem, utilizando para isso controles para captação das águas precipitadas dos telhados e das áreas de estacionamento e pátios, já a detenção *in situ* tem a função de armazenar em pequenos reservatórios temporários os escoamentos produzidos em áreas próximas.

No que tange ao controle a jusante, a análise será melhor detalhada no próximo capítulo, por ser escopo desta pesquisa.

### 3.3.1 Infiltração, percolação e pavimentos porosos

A dinâmica desse funcionamento, entre outras variáveis, depende das características do solo e do estado de umidade da zona não saturada<sup>3</sup>. Pois, como preconizado por Tassi (2002), em solos com baixa capacidade de infiltração ou com o nível do lençol freático alto, este tipo de estrutura não tem um eficiente funcionamento, já os solos com boa permeabilidade, a água retorna ao aquífero como fluxo subterrâneo. Nesse sentido, este tipo de estrutura não pode ser utilizado em locais onde haja riscos de contaminação por produtos químicos provenientes do uso do solo urbano.

Para locais em que exista disponibilidade de serem implantados, as práticas incluem o uso de superfícies, trincheiras, planos e bacias de infiltração.

Superfícies de infiltração: são dispositivos cuja função é permitir que as águas ao escoarem percorram áreas cobertas por vegetação ou áreas com características permeáveis (fig. 10).

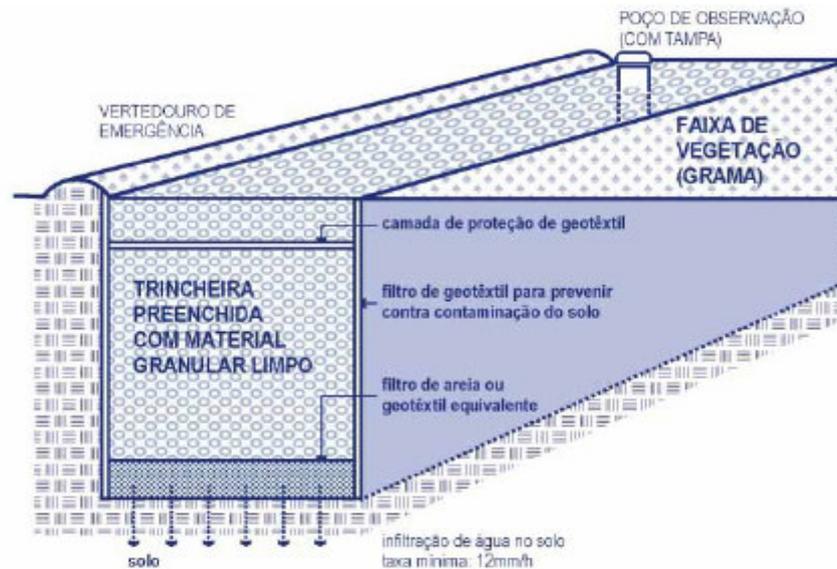


**Figura 10** – Ruas com superfícies de infiltração. Tucci, 2005.

As trincheiras de infiltração funcionam como armazenamento temporário de água até que ela possa infiltrar no solo (fig.11). Esse tipo de dispositivo é composto por uma valeta preenchida de material granular (brita,

<sup>3</sup> A capacidade de absorção de um solo depende de inúmeros fatores, entre os quais: cobertura vegetal, tipo de solo, condições do nível freático e qualidade das águas de drenagem. [...] deve-se também conhecer as condições do nível freático a fim de verificar a capacidade do terreno para a disposição das águas drenadas. Para tanto, é necessário conhecer a distância entre a superfície do terreno e o nível freático; a declividade da superfície freática; a profundidade e direção do fluxo subterrâneo, incluindo as zonas de entrada e saída; e por fim, a variação do nível d'água ao longo do ano (Canholi, 2005, p, 39)

pedra de mão e outros) com porosidade em torno de 35%. Todo esse material é revestido por um filtro geotêxtil que, além da função estrutural, impede a entrada de dispositivos finos, diminuindo o risco de colmatção e funcionando como anticontaminante (Tassi, 2002).



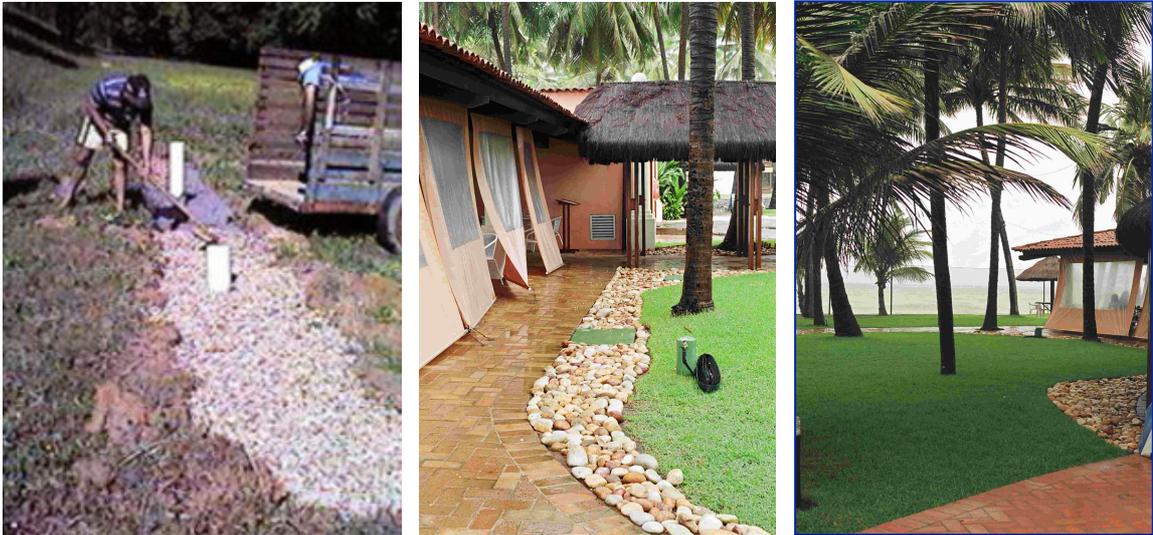
**Figura 11** – Trincheira de infiltração. Manual de Portland *apud* Yazaki, 2005.

Definido por Souza (2002), as trincheiras apresentam as seguintes vantagens e desvantagens. A saber:

- Podem ser cobertas ou não, integrando visualmente o espaço;
- É possível utilizar seu espaço para outras atividades;
- Dificultam o tratamento biológico da água do escoamento superficial;
- Grande dificuldade na manutenção ao longo do tempo: se acontecer a colmatção completa, toda a estrutura deverá ser substituída;
- São de difícil monitoramento com relação ao desempenho e funcionamento.

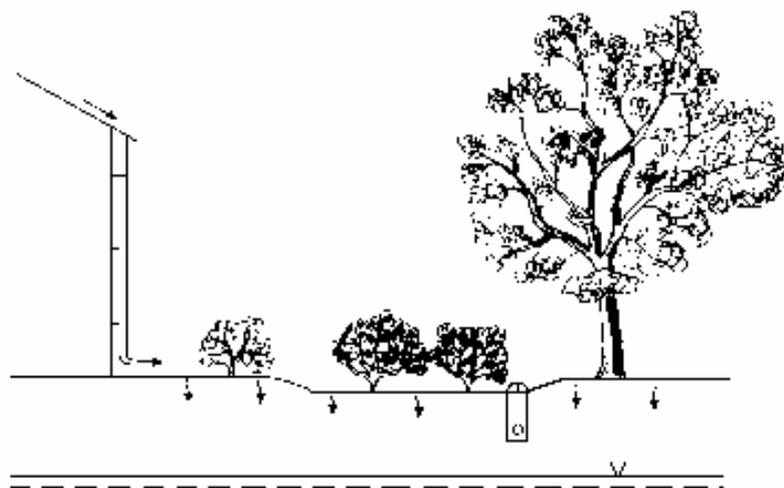
De acordo com Schueler *apud* Souza (2002), as trincheiras de infiltração estão divididas em dois grupos: superficiais e subterrâneas. As trincheiras superficiais são freqüentemente aplicadas em áreas residenciais onde a carga de sedimentos e óleos é pequena e de fácil retenção pela grama (fig.12).

Já as trincheiras subterrâneas por receber um escoamento mais concentrado de canalizações e/ou estruturas de drenagem, precisa contar com estruturas especiais de entrada a fim de reter os sedimentos e óleos em maior quantidade.



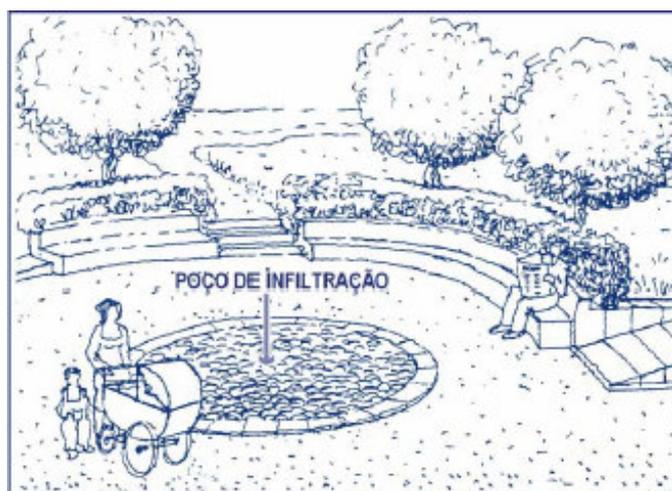
**Figura 12** – Modelos de trincheiras de infiltração. Tucci, 2005; Manual de Portland *apud* Yazaki, 2005.

Planos de infiltração em geral são áreas rebaixadas, revestidas com grama, responsável por receber a precipitação das áreas impermeabilizadas (fig.13). Nesse tipo de estrutura, se as precipitações forem intensas pode ocorrer o risco de inundação dada a capacidade de infiltração do solo. Sua eficiência esta diretamente relacionada a uma constante manutenção e limpeza do local.



**Figura 13** – Vista do plano e sua integração no espaço. Urbonas e Stahre *apud* Tucci, 1995.

Bacias de infiltração são estruturas do tipo reservatório com paredes e fundos permeáveis, que buscam armazenar temporariamente os excessos de águas pluviais, infiltrando de acordo com as características do solo os volumes armazenados. De acordo com Tassi (2002), esse tipo de dispositivo pode estar integrado as depressões naturais do terreno, ou ainda ser projetada para ser acoplada a um jardim residencial. Entretanto, seu funcionamento só terá bons resultados com uma constante manutenção para evitar o risco de colmatção. Por semelhante modo, os poços de infiltração têm a vantagem de serem utilizados em locais que apresentem solo pouco permeável (expressiva urbanização, terrenos impermeáveis), mas apresentam boa capacidade de infiltração em camadas mais profundas. Esse tipo de intervenção tem boa integração com o espaço urbano em virtude da baixa necessidade de espaços para construção (fig.14), embora vale ressaltar que também precisam de constante manutenção.



**Figura 14** – Integração de poços de infiltração com o espaço urbano. Souza, 2002.

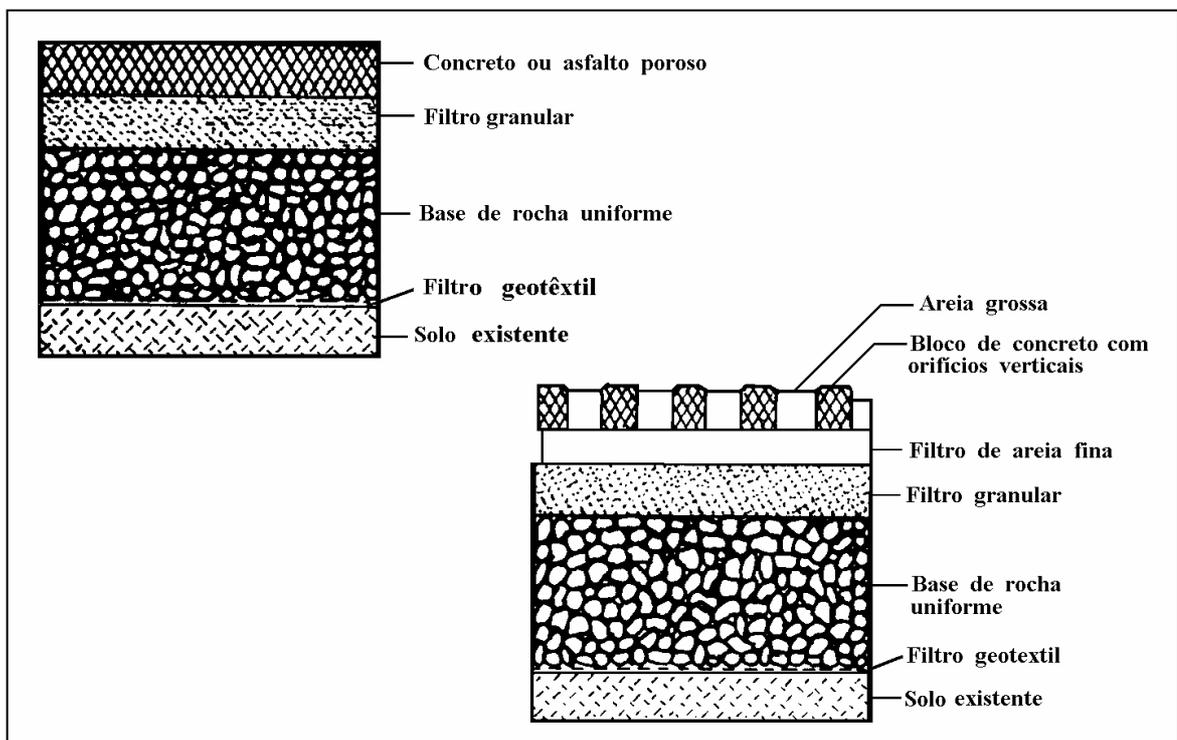
Os pavimentos porosos são estruturas construídas normalmente com concreto poroso e asfalto convencional onde são retiradas as partículas mais finas. Outra forma é a utilização de blocos de concreto vazado (fig.15). A utilização desse tipo de estrutura pode ser em passeios, estacionamentos e locais que não possuam tráfego intenso, dado o risco de deformação e entupimento, tornando-os impermeáveis<sup>4</sup>. (Tucci, 1995). Segundo Moura *et al* (2005), os

<sup>4</sup> Sobre as experiências e resultados dos pavimentos permeáveis consultar: MOURA *et al*. Avaliação do impacto de diferentes tipos de superfícies sobre o escoamento superficial; SILVA, MOURA & CAMPANA. Estudo experimental sobre o comportamento hidrológico de superfícies permeáveis. In: **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. João Pessoa: Ed. ABRH, 2005.

pavimentos permeáveis não devem ser confundidos com as superfícies permeáveis, os pavimentos possuem um reservatório de pedras para o armazenamento da água fazendo com que tenham uma melhor capacidade de infiltração que as superfícies permeáveis, além de terem uma menor dependência das condições do local (fig.16).



**Figura 15** – Modelos de pavimentos porosos. Tucci: 2005.



**Figura 16** – Pavimentos porosos com reservatórios de brita / cascalho. Tucci, 2005.

### 3.3.2 Controle de entrada

Esse tipo de dispositivo de controle visa restringir a entrada da água precipitada e escoada no sistema de drenagem, colaborando para sua reservação. Segundo Canholi (2005), com relação ao evento chuvoso, essa reservação pode ser temporária, atuando como um retardamento no fluxo ou permanente para um posterior uso, como abastecimento de água (dado os devidos cuidados), irrigação de grama, lavagem de superfícies e de automóveis.

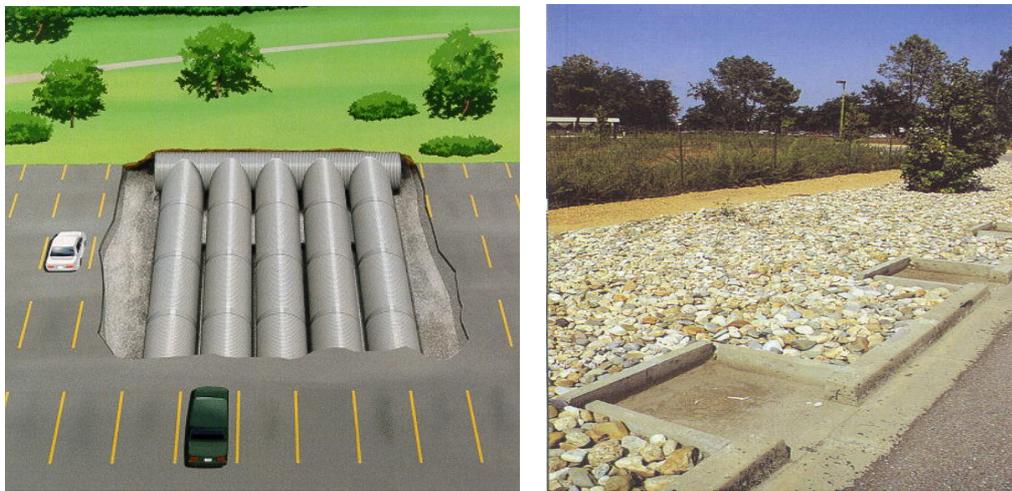
Como citado anteriormente, (fig.09) os principais dispositivos podem ser: o controle nos telhados ou coberturas e, áreas de estacionamento ou grandes áreas impermeáveis. O controle nos telhados e coberturas pode ser obtido através do uso de um sistema de calhas e condutores para um coletor com capacidade de armazenamento, sendo regulado por válvulas especiais (fig.17). Estruturas de coberturas também poderão ser utilizadas, desde que, leve-se em conta, o aumento da sobrecarga resultante do volume adicional de água, o que gera um acréscimo no custo da obra. Outro fator importante é a necessidade de uma constante manutenção da rede coletora, evitando o acúmulo de sujeiras (como folhas de árvores) que inviabilizariam seu funcionamento e poderiam gerar efeitos perversos a esse sistema.

Entre as possibilidades de aplicação e uso da água reservada, esta a utilização em sistemas de descarga de sanitários. O que pode gerar uma economia nos gastos e ainda apresentar um uso racional da água.



**Figura 17** – Controle de entrada nos telhados com reservatório para posterior uso. Tucci, 2005.

Grandes áreas impermeabilizadas como estacionamentos, pátios de manobras, praças públicas e centros esportivos são responsáveis por produzir grandes picos de deflúvios (Canholi, 2005). Para esses locais, a intervenção visando à ampliação das áreas permeáveis pode ser feita utilizando um ou mais dispositivos apresentados anteriormente (fig. 18). A intervenção deve levar em consideração o retardamento da água precipita ao acesso a rede de drenagem, utilizando para isso mecanismos de obstrução ou mesmo de infiltração. Para o uso de estruturas do tipo reservatórios a previsão de construção de extravasadores é obrigatória.



**Figura 18** – Exemplos de estruturas utilizadas em áreas de estacionamento. Yazaki, 2005.

Em específico na cidade de São Paulo, foi criada uma Lei<sup>5</sup> que torna obrigatória a execução de reservatórios para as águas coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos nos lotes edificadas ou não, que tenham áreas impermeabilizadas superior a 500m<sup>2</sup>, como requisito para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização. A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na seguinte equação:

$$V_{res}=0,15.A_I.P.t$$

Onde:

$V_{res}$  – é o volume do reservatório (m<sup>3</sup>);

$A_I$  – a área impermeável do terreno (m<sup>2</sup>);

$t$  – a duração da chuva (h);

$P$  – é igual 60 mm/h (0,06m/h).

<sup>5</sup> Lei Municipal nº 13.276, de 4/01/2002, regulamentada pelo Decreto nº 41.814, de 15/03/2002 – detalhada no capítulo 4

Segundo Canholi (2005), isso significa uma reservação obrigatória de  $4,5 \text{ m}^3$  para uma área impermeabilizada de  $500\text{m}^2$ . Para os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, a lei ainda prevê que deverão ter 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável. Embora modestos, os volumes reservados garantidos pela lei, expressam a nova visão no manejo de águas pluviais que, rompendo com a visão higienista, garante a reservação e repassa aos empreendedores a parcela de responsabilidade pelo não aumento das inundações.

### 3.3.3 Controles de detenção *In Situ*

O controle de detenção *In situ*, consiste na construção de reservatórios para controlar áreas urbanizadas restritas, tais como condomínios, loteamentos e distritos industriais. Em muitos casos, as áreas para reservação são incorporadas aos projetos paisagísticos, podendo ser utilizadas como áreas de recreação nas partes secas, atingidas somente pelas grandes cheias (fig.19). Sua função principal é segurar os picos causados pela construção desses novos empreendimentos dentro do sistema de drenagem.



**Figura 19** – Exemplos de detenção *In Situ*. Tucci, 2005.

Entretanto, vale ressaltar que:

Pode ser desaconselhável a multiplicação de bacias de detenção em virtude das dificuldades e custos de inspeção, operação e manutenção, e das próprias incertezas quanto à real eficiência hidráulica desses sistemas, visto que em certos casos pode ocorrer o resultado inverso ao pretendido, ou seja, a ampliação dos picos de vazão. [...] Assim, recomenda-se uma análise global do problema, em fase anterior ao projeto desses sistemas (URBONAS *apud* Canholi, 2005, p. 52).

Analisando as estruturas e dispositivos acima detalhados, fica evidente a necessidade de uma constante manutenção e monitoramento. No próximo capítulo, serão detalhados os reservatórios de contenção e detenção de águas no que tange ao controle a jusante bem como a definição do conceito de vazão de restrição, responsável pela nova concepção de manejo de águas pluviais.



#### **4 Vazão de restrição: uma nova concepção**

Durante muito tempo, o manejo de águas pluviais foi visto como uma ação acessória dentro do planejamento urbano. Silveira (2002), define que a drenagem pluvial foi tratada como uma prática acessória e emergencial, vinculada a uma questão individual cujo arcabouço esteve intimamente ligado às redes de esgoto que deveriam evacuar o mais rápido possível as águas contaminadas, inclusive as águas pluviais.

Levantado pelo mesmo autor, a evolução da drenagem pluvial enquanto ação pública durante o século XIX não teve decorrência da modernização de práticas de engenharia em busca do conforto, mas sim de uma prescrição médica que acreditava que o alto índice de doenças devia-se a estagnação das águas nas cidades. Tal afirmação credita aos médicos o movimento higienista que introduziu a idéia da drenagem urbana organizada, ficando a cargo dos engenheiros e urbanistas a tarefa de materializar e incorporá-la ao espaço urbano.

Conforme apresentada anteriormente, a evolução do conceito de drenagem urbana no decorrer dos séculos se deu pelo acúmulo de numerosas pesquisas que visavam estabelecer uma harmonia entre os corpos d'água e a ocupação humana. Nesse sentido, sob a prisma estabelecida pelos países desenvolvidos, a hidrologia urbana buscou conhecer e controlar os efeitos da urbanização nos diversos componentes do ciclo hidrológico, utilizando para tanto, a concepção de preservar onde for possível e restaurar o que já foi degradado. Nessa direção, Spirn (1995) reconhecia que as cidades precisariam ser vistas e reconhecidas como parte da natureza e, a partir dessa visão, ser projetada deslumbrando com essa exposição uma melhor harmonia entre o convívio da sociedade com os domínios dos cursos d'água.

Assim, dentro do conceito ambiental da drenagem, e não mais higienista, cada novo espaço urbanizado deve incluir uma compensação para os efeitos de urbanização. Isso vai significar uma recuperação (ou a manutenção) do ciclo hidrológico urbano, de tal modo que a população perceba a existência desse ciclo e participe de maneira ativa de sua manutenção (SOUZA, 2002 p. 14).

Ainda sobre essa temática, Cardoso define que:

As intervenções realizadas devem levar em consideração o dinamismo ecológico-funcional, a fragilidade dos ambientes fluviais e o entendimento da dinâmica urbana que leva os terrenos de fundo de vale a serem degradados, buscando a preservação, a conservação e a renaturalização dos rios e córregos, com um respeito pela natureza, buscando entender os processos naturais e como estes interagem (CARDOSO, 2003, p. 62).

Como colocado por Ostrowsky (2000) o controle das inundações significa interferir nos diversos processos e elementos envolvidos, cujo objetivo é evitar que ela cause transtornos às cidades e aos seus habitantes. Assim, a partir da identificação das causas e seus efeitos passa então ser possível o uso de um ferramental técnico que à disposição dos profissionais de vários setores, norteia intuito comum de controlar as inundações.

Referente ao sistema de drenagem ambiental, Souza (2002) descreve que são consideradas alternativas porque se opõe a idéia do “tout à l’égout”, onde o objetivo não é mais evacuar para o mais longe e o mais rápido possível às águas de escoamento, mas sim retardar ou infiltrar. Ainda segundo o autor tais dispositivos são rerepresentações de antigos procedimentos tais como: *poços de infiltração, valos ou trincheiras drenantes, bacias de retenção ou de infiltração, reservatórios de detenção no lote e, mais recentemente, os pavimentos permeáveis e armazenamento em telhados* (SOUZA, 2002, p. 13).

Como exemplos desta rerepresentação, Cruz *et al* (2001) demonstra que:

As técnicas alternativas têm por base uma adaptação de técnicas bastante antigas, algumas vezes destinadas prioritariamente à alimentação de água potável. Lagos destinados à retenção (ancestrais das bacias de retenção) foram construídos no rio Nilo (Lago Moeris) por volta do ano 3.000 a.C. Estes lagos permitiam a prevenção contra cheias, a manutenção de vazões em períodos de estiagem, assim como forneciam água para irrigação. Na Índia se encontravam, na mesma época, poços de pedra que permitiam o acúmulo das águas pluviais que serviriam de reserva para os períodos de seca (CRUZ, *et al*, 2001, p. 8).

Seguindo tais explicações, fica evidente que estas técnicas ambientais não são inovadoras do ponto de vista de serem modernas, mas apresentam uma contraposição aos antigos dispositivos utilizados no manejo de águas pluviais – a

idéia de largar o mais rápido e mais longe possível. Como apresentado anteriormente, o conceito ambiental surge a partir do acúmulo de pesquisas frente aos impactos causados pelas inundações, o que difere das antigas intervenções expostas é o fato de que as cidades multiplicaram-se em tamanho e problemas, fazendo com que o uso destes “novos” dispositivos mitigasse uma agrura urbana, não pela escassez de água, mas pelo descuido e incompreensão dos sistemas naturais em específico o ciclo hidrológico.

Diante deste novo cenário de intervenção, as medidas encaminhadas buscam um planejamento integrado, tendo a bacia hidrográfica como unidade de administração e atuação<sup>6</sup>, buscando resgatar a valorização da água no meio urbano e com isso, recuperar a harmonia entre sociedade e os cursos d'água. Neste sentido, como preconizado por Cruz, et al (2001):

Estas técnicas procuram a boa integração com o espaço urbano, criando ambientes agradáveis onde a presença da água é fundamental. Passa-se da filosofia de drenagem de “o mais rápido e o mais longe possível”, adotada pelas soluções higienistas do início do século, para uma filosofia de “o mais lento possível, valorizando a água no meio urbano” (CRUZ, et al, 2001, p. 8).

Assim, na busca por equacionar ou ao menos mitigar o problema das inundações, cidades como São Paulo e Porto Alegre vêm adotando um novo critério no dimensionamento das intervenções em drenagem urbana: a *vazão de restrição*.

A vazão de restrição segundo Travassos (2004) possui a seguinte definição:

[...] após a definição de *vazões de restrição* para os rios principais, nenhum afluente poderá ter sua vazão ampliada. A metodologia

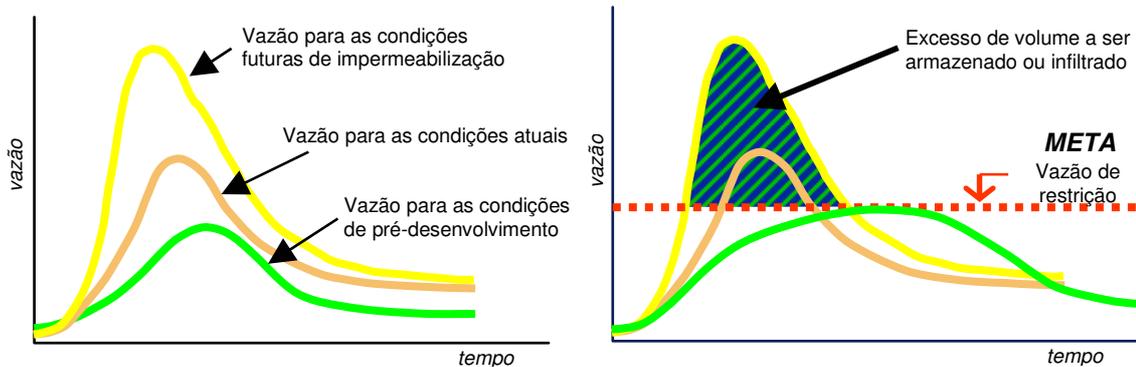
---

<sup>6</sup> Lei n.º 9.433/97 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. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

A Lei define a bacia hidrográfica como unidade para implementação da política nacional de recursos hídricos (Art. 1º, V).

Lei Estadual n. 7.633/91 Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, também institui a bacia como unidade territorial de gestão no Estado de São Paulo.

começa pela definição de uma vazão máxima para o rio principal de uma bacia. Esta vazão serve como parâmetro para a definição da vazão de seus afluentes, que por sua vez funcionam como *vazões de restrições* para seus próprios afluentes e assim por diante. Desta forma estabelece-se a vazão do trecho de menor cota da bacia, que gradualmente define todas as obras até chegar ao ponto mais alto da bacia (TRAVASSOS, 2004, p. 80).



**Figura 20** – Meta da vazão de restrição.

Ainda sobre este aspecto, o Ministério das Cidades em sua publicação sobre Plano Diretor Participativo<sup>7</sup> aborda que:

Algumas cidades têm adotado o conceito de *vazão de restrição* como instrumento regulamentar para evitar o aumento do risco de inundação e garantir o funcionamento adequado de estruturas de drenagem pré-existentes. Nesse caso, novos empreendimentos urbanos são obrigados a respeitar uma vazão limite superior de lançamento no sistema de drenagem pré-existente ou, sendo o caso, nos meios receptores, deixando-se ao empreendedor a liberdade para definir seu projeto de urbanização e os meios que utilizará para não ultrapassar a referida vazão de restrição estabelecida prioritariamente. A vazão de restrição é definida com base em critérios distintos, como: vazão natural da área em foco, estimada para um dado tempo de retorno, ou a máxima capacidade de drenagem da infra-estrutura pré-existente a jusante da área a ser urbanizada (BRASIL. Ministério das Cidades, 2005, p. 110).

Como indicado, a cidade de Porto Alegre incluiu em sua legislação a necessidade da reservação de águas pluviais, em sua Lei Complementar 434/97, Artigo 97 e Artigo 135 § 6º descreve que:

*Art. 97. Nas zonas identificadas como problemáticas quanto à drenagem urbana, a critério do órgão técnico competente, deverão ser construídos, nos lotes edificados, reservatórios de retenção de águas pluviais.*

<sup>7</sup> BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Diretor Participativo**: Guia para elaboração pelos municípios e cidadão. 2. ed. Brasília: Ministério das Cidades / CONFEA, 2005.

*Parágrafo único. O zoneamento, as dimensões e a vazão do reservatório de águas pluviais serão definidos por decreto do Poder Executivo.*

*Art. 135.*

*§ 6º Os empreendimentos de parcelamento do solo na parcela que lhes compete deverão ter na sua concepção a permanência das condições hidrológicas originais da bacia, através de alternativas de amortecimento da vazão pluvial, respeitando as diretrizes determinadas pelo macroplano de saneamento e drenagem do Município, a ser elaborado pelo Poder Executivo.*

Assim, os dispositivos utilizados têm como objetivo evitar não apenas os alagamentos nas ruas, mas com isso também diminuir os custos das redes públicas de drenagem. Sendo que, nos lotes a serem construídos, deverão ser projetados reservatórios ou outros sistemas de contenção para que a água das chuvas escoe mais lentamente para os coletores públicos, diminuindo a necessidade de construir grandes estruturas de escoamento e, repassando os custos para os empreendedores responsáveis pelas obras. Referente ao zoneamento, as dimensões e a vazão do reservatório de águas pluviais que deverão ser definidos por decreto pelo Poder Executivo, existe uma proposta (anexo B) para regulamentação de um Decreto de controle da drenagem urbana que, entre outras providências, inclui a vazão de restrição como fio condutor das intervenções.

Por semelhante modo, na cidade de São Paulo, a questão da reservação de águas pluviais também está presente em sua legislação. O Plano Diretor Estratégico da cidade em seu capítulo III que trata do meio ambiente e do desenvolvimento urbano na subseção IV – Da Drenagem Urbana (anexo C), aborda as premissas que os objetivos para o sistema de drenagem urbana deverão abarcar. Entre eles destaca-se a necessidade de: equacionar a drenagem e a absorção de águas pluviais combinando elementos naturais e construídos; garantir o equilíbrio entre absorção, retenção e escoamento de águas pluviais; interromper o processo de impermeabilização do solo e, conscientizar a população quanto à importância do escoamento das águas pluviais;

Outro dispositivo regulamentado pela legislação paulista (como indicado no capítulo 3 e com sua redação oficial em anexo D) é o caso dos

reservatórios para áreas superiores a 500m<sup>2</sup>, cuja diretriz destaca que a água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis e, que para os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, deverão possuir 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável a fim de obterem o Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992.

A partir dos exemplos das cidades de Porto Alegre e São Paulo, pode-se perceber uma ruptura com as antigas intervenções pontuais no manejo de águas pluviais. A concepção ambiental que em seu arcabouço busca compreender e interagir com a bacia hidrográfica e o seu funcionamento natural acena como interessante ação no que se refere à valorização da água no meio urbano. A vazão de restrição enquanto instrumento de planejamento caracteriza-se como mecanismo sobre o controle de uso e ocupação do solo uma vez que, destaca a grande importância da preservação das áreas de amortecimento de cheias, dos fundos de vale e as áreas lindeiras aos rios e córregos.

Conforme descreve Canholi (2005), a visão integrada do problema, no âmbito da bacia hidrográfica, a consideração de seus aspectos ambientais e institucionais e a definição de prioridades de implementação, certamente, em muito, contribuirá para transformar um plano de drenagem em uma ferramenta de planejamento muito útil e de fácil aplicabilidade.

Com o intuito de contextualizar e ilustrar a vazão de restrição enquanto instrumento de planejamento cabe evidenciar a experiência do Estado de São Paulo que, após o recrudescimento das inundações, principalmente no período posterior a década de 1980, ensejou a contratação pelo DAEE, em 1998 de um convênio para elaborar o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT<sup>8</sup>. A apresentação deste Plano se faz necessária posto que é ele que norteia todas as intervenções despendidas no âmbito do manejo de águas

---

<sup>8</sup> O Plano foi contratado pelo DAEE em agosto de 1998, a partir do termo de referência elaborado por este órgão, juntamente com o convênio ENGER-PROMON-CKC e pela Câmara Técnica de Drenagem e Controle de Inundações do Comitê de Bacia Alto Tietê no começo do mesmo ano.

pluviais e, assim, responsáveis pela execução e construção dos reservatórios de amortecimento escopo desta pesquisa.

#### 4.1 Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê

Segundo informações disponíveis no endereço eletrônico<sup>9</sup> do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, a Região Metropolitana de São Paulo está localizada sobre um planalto com baixos declives e é talvez a área mais densamente ocupada no mundo. No decorrer do tempo essa ocupação foi feita de forma desordenada e desprovida de planejamento urbano. Ainda, segundo o site, o processo de urbanização que ocorreu a partir dos anos 60 trouxe como conseqüência a impermeabilização do solo, agravando o problema das inundações uma vez que, as várzeas dos cursos d'água, outrora destinada ao armazenamento natural das águas, configurava-se como área consolidada pela ocupação humana. Agregado a esse problema, as intervenções nos rios e córregos, freqüentemente de forma radical, alteraram o comportamento das enchentes e não resolveram o problema, uma vez que a cidade continuava a crescer sem planejamento, exigindo cada vez mais medidas para disciplinar e conter as águas.

Ainda que a preocupação com a canalização do rio Tietê fosse antiga, a epidemia de febre amarela que assolou o Estado e a Capital, em 1889, incentivou providências governamentais com a acepção de dessecar e sanear as várzeas dos rios, pois se atribuía à poluição das águas superficiais os focos da doença. Com isso, em 1890, o Governo do Estado nomeou uma Comissão para proceder a estudos dos terrenos e da hidrografia dos rios Tamanduateí e Tietê (MAUBERTEC, 1998).

A partir daí, como define Canholi (1999), sucederam-se planos e projetos de implantação de obras de canalização e de estruturas hidráulicas no Rio Tietê e seus principais afluentes. Como sempre, tratava-se de projetos de

---

<sup>9</sup> <http://www.daee.sp.gov.br/piscinoes/index.htm>

longa duração que, com a constante evolução da ocupação urbana, obrigava a sucessivas revisões das vazões de projeto.

Como por exemplo, o trecho do rio Tietê compreendido entre a foz do Tamanduateí e Osasco, onde a vazão de projeto do plano de 1894 era de 174 m<sup>3</sup>/s, passando a 400 m<sup>3</sup>/s no projeto de Saturnino Brito (1925); 650 m<sup>3</sup>/s no Plano HIBRACE (1968) e 1.188 m<sup>3</sup>/s no Projeto PROMON, de 1986 (quadro 2). Tal exemplo demonstra um aumento significativo das vazões de projeto, evidenciado um expressivo acréscimo das ações antrópicas sobre o funcionamento natural do rio, em função, principalmente, pelo intenso processo de urbanização.

**Quadro 02** – Vazões de Projeto (m<sup>3</sup>/s). MAUBERTEC, 1998.

Ano	Projetista	Trecho Guarulhos a Tamanduateí	Trecho Tamanduateí a Osasco	Em Edgard De Souza
1894	J. P. FERRAZ	-	174	-
1922	J. A. FONSECA RODRIGUES	-	360	-
1925	SATURNINO DE BRITO	300 - 400	300 - 400	-
1950	LYSANDRO P. DA SILVA	320 - 450	430 - 560	-
1968	HIBRACE (1)	515	650	815
1986	PROMON	640	1.188	1.434 (*)
1995	HIDROPLAN (1)	610	1.450	1.715 (**)
(1) Estudos em nível de Plano Diretor (*) Horizonte: ano 2005 (**) Horizonte: ano 2020				

O intuito desta pesquisa não é esgotar a discussão com relação aos planos e projetos desenvolvidos no âmbito das políticas públicas de manejo de águas pluviais<sup>10</sup>. Entretanto, cabe tecer algumas considerações que servirão de base para a implementação do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê.

A primeira grande intervenção no rio Tietê logrando mitigar o problema das inundações deve-se a Prefeitura do Município de São Paulo que, com base no projeto do Engenheiro Saturnino de Brito, de 1925, executou as obras no

<sup>10</sup> Para maiores informações consultar  
<http://www.daee.sp.gov.br/combateaenchantes/macrodrenagem/calhatiete/index.html>

trecho compreendido entre Guarulhos e Osasco na década de 1940 (MAUBERTEC, 1998).

O Plano HIBRACE – Consórcio Hidroservice / Brasconsult / Cesa – considerado na época, o mais completo instrumento de planejamento de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, entre suas diretrizes, contemplava a construção de barragens regularizadoras nas cabeceiras do Tietê e afluentes, retificações e/ou canalizações e, a limpeza e desassoreamento dos rios Tietê, Tamanduateí, Pinheiros, e de seus principais afluentes. O abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo e o destino final dos esgotos dessa região eram outros importantes objetivos do Plano.

Este Plano (na verdade estruturado como Plano Diretor de Recursos Hídricos) buscou equacionar de forma mais completa todos os problemas da utilização da água na Região Metropolitana de São Paulo, incluindo a Baixada Santista, tendo em vista o fato de estar a Bacia do Alto Tietê sendo aproveitada para gerar energia em Cubatão (OSTROWSKY, 2000, p. 55).

Em 1993 concluiu-se que seria necessária a revisão, atualização e ampliação do escopo do Plano HIBRACE, o que de fato ocorreu mediante a contratação do consórcio HIDROPLAN (COPLASA – ETEP - Figueiredo Ferraz – HIDROCONSULT - MAUBERTEC) para a elaboração do Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista (ORTIZ; SILVA, 1998).

Conforme destacado por Barros (2001) o Plano HIDROPLAN<sup>11</sup>, iniciado em 1993, foi o primeiro plano integrado de recursos hídricos do Estado de São Paulo elaborado a partir da Política Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criados pela Lei 7.663 de 30/12/91, que recomendavam uma atuação cada vez mais democrática, integrada, descentralizada e participativa, no que tange a utilização e o controle dos recursos hídricos. O escopo do HIDROPLAN, estabelecido nos termos de

---

<sup>11</sup> Ao contrário de planos anteriores, em que os estudos e suas conclusões ficavam restritos ao conhecimento da comunidade técnica e científica envolvida, o HIDROPLAN abriu à sociedade organizada todos os elementos disponíveis para discussão das soluções propostas pelos técnicos. A polêmica questão da utilização do reservatório Billings ocupou inúmeras dessas discussões, tendo sido um dos marcos desse processo a audiência pública realizada em 1994 no auditório da Cetesb, em que mais de 400 participantes de todos os matizes e tendências técnicas, políticas e ideológicas puderam conhecer as alternativas propostas e manifestar-se sobre as suas preferências (BARROS, 2001).

referência preparados pelo DAEE, foi o de estudar, analisar e propor soluções para a utilização e o controle dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Alto Tietê, Piracicaba / Capivari / Jundiá e Baixada Santista. O Plano também foi o primeiro a apresentar estudos e recomendações referentes às chamadas “medidas não-estruturais”.

Visando mitigar as enchentes na Região Metropolitana de São Paulo através de uma abordagem integrada dos problemas em todas as principais sub-bacias da bacia hidrográfica do Alto Tietê, em 1998 foi elaborado o *Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê*<sup>12</sup>, que teve como objetivo complementar as obras necessárias de melhoria hidráulica dos rios Tietê e Tamanduateí.

Em síntese, este estudo global visa diagnosticar os problemas existentes ou previstos no horizonte do projeto (2020) e determinar, do ponto de vista técnico-econômico e ambiental, as soluções mais interessantes, pré-dimensioná-las e hierarquizá-las. Como tais soluções não envolvem apenas obras, como também recomendações quanto ao gerenciamento da drenagem, o disciplinamento de uso e ocupação do solo, educação ambiental e outras medidas ditas não-estruturais, é necessário que tal planejamento seja o mais abrangente possível, envolvendo em sua realização os representantes dos diversos agentes e órgãos responsáveis pela gestão da infra-estrutura, saneamento básico, meio ambiente e da sociedade civil como um todo (CANHOLI, 1999, *mimeo*).

O princípio fundamental do Plano é que os principais rios da bacia Tietê, Tamanduateí e Pinheiros que compõem o denominado sistema de macrodrenagem, não comportam nenhum acréscimo de escoamento que supere as capacidades atuais ou as previstas na composição do Plano.

De fato, não se pode imaginar uma nova ampliação da calha do rio Tietê, além da já em curso, ou do rio Tamanduateí, dadas as severas restrições e interferências impostas pelo meio urbano, sem mencionar os insuportáveis custos que tais medidas implicariam (CANHOLI, 2005, p. 272).

---

<sup>12</sup> Para consecução do PDMAT, o DAEE desenvolveu, com o apoio do Consórcio Enger – Promon – CKC, os termos de referência, que é composto por um conjunto de diretrizes que constituíram consenso da comunidade técnica e da representação da sociedade, a Câmara Técnica de Drenagem do Comitê da Bacia do Alto Tietê (CANHOLI, 2005, p.274).

De forma conceitual, Canholi (2005) descreve que as premissas básicas que foram consideradas na formulação do PDMAT levaram em conta que:

1. Drenagem é um fenômeno regional – onde a unidade administrativa é a bacia hidrográfica;
2. Drenagem é uma questão de alocação de espaços – a supressão de áreas de inundação, naturais ou não, implicará em relocação para áreas a jusante;
3. Drenagem é parte integrante da infra-estrutura urbana – o seu planejamento deve ser multidisciplinar e conciliado com os demais planos dos equipamentos urbanos;
4. Drenagem deve ser sustentável – em seu gerenciamento deve-se garantir sustentabilidade institucional, ambiental e econômica.

O Plano pretende também estabelecer padrões comuns no que se refere às análises hidráulica e hidrológica, com isso, alcançar uma harmonização entre as diferentes ações dos vários órgãos administrativos estaduais, municipais e, as concessionárias responsáveis pelo manejo das águas pluviais, propendendo para uma otimização nas intervenções. Nesse sentido, o desenvolvimento das atividades seguiu cinco etapas principais, a saber: Etapa 1 – Informações básicas; Etapa 2 – Diagnóstico da situação atual; Etapa 3 – Recomendações de intervenções imediatas; Etapa 4 – Ações prioritárias nas Sub-Bacias; Etapa 5 – Ações sistemáticas.

Assim, as cinco etapas compreendem:

A Etapa 1 – Informações Básicas, contemplará a coleta e análise de todas as informações disponíveis de interesse dos estudos de drenagem urbana. Praticamente todos os municípios já foram visitados, bem como contactadas as entidades e concessionárias, sendo levantados os problemas existentes, pontos de inundação, planos e projetos existentes bem como as informações cartográficas, topográficas e cadastrais disponíveis. Estas informações serão processadas e organizadas em um banco de dados que fará parte do Sistema de Informações de Drenagem Urbana da RMSP, que será estruturado na etapa 5 e que comporá o Sistema de Apoio a Decisão.

A Etapa 2 – Diagnóstico da Situação Atual, se refere ao processamento inicial das informações obtidas, sendo efetuada a modelagem hidráulica-hidrológica da situação atual e a análise das obras de drenagem em curso, ou programadas, que subsidiarão as atividades da Etapa 3.

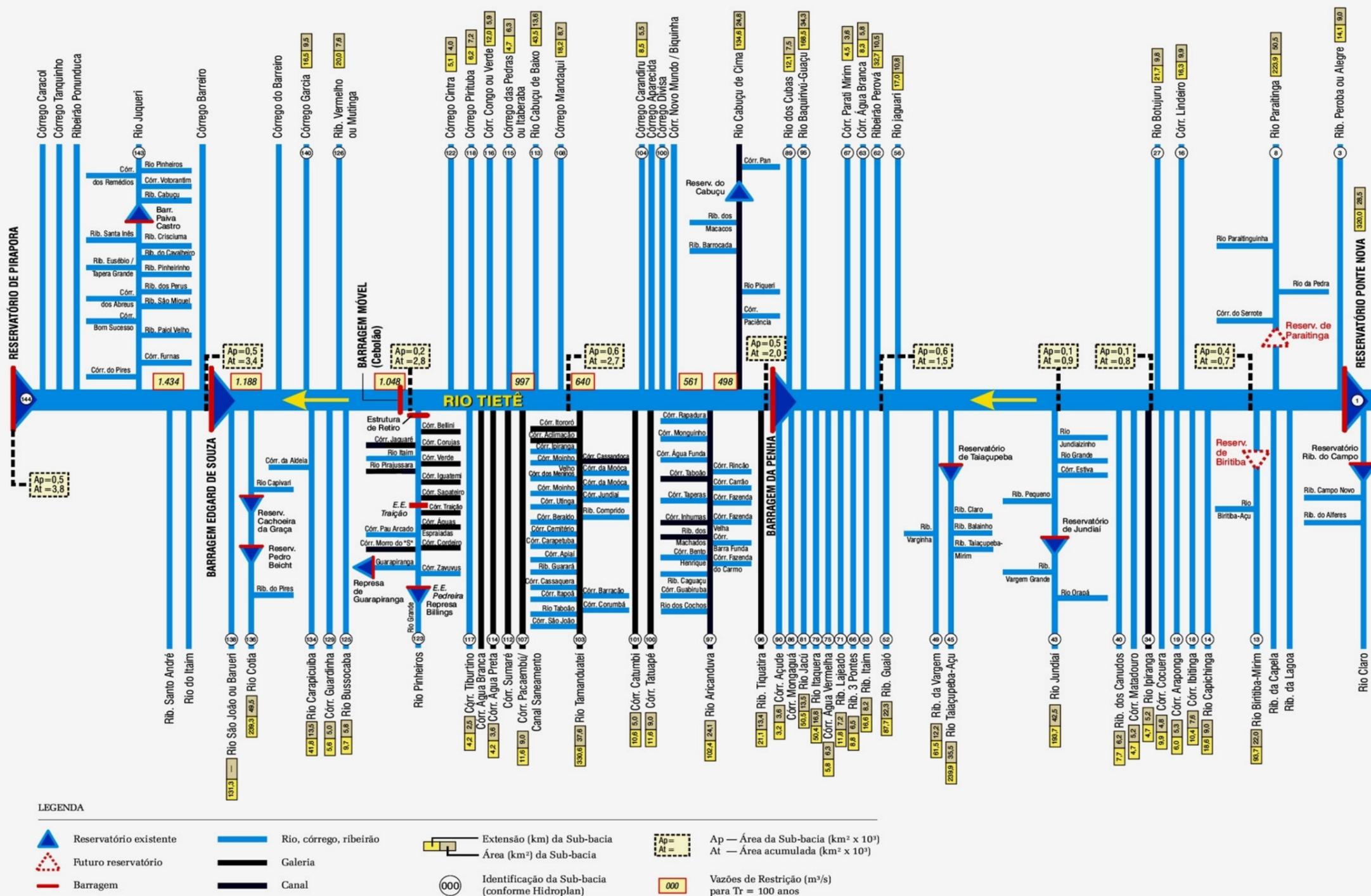
A Etapa 3 – Recomendações de Intervenções Imediatas, objetiva indicar as áreas a serem protegidas ou reservadas, recomendar eventuais adaptações ou correções nas obras ou projetos em curso, além de propor medidas de ordem operacional ou de manutenção julgadas necessárias, com um horizonte de curto prazo, definido caso a caso, mas em princípio não superior a dois anos.

A Etapa 4 – Ações Prioritárias nas Sub-Bacias, visará, a partir de estudos de alternativas e análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental, definir as vazões de restrição e propor de forma hierarquizada as medidas estruturais e não estruturais a serem implementadas no sistema de macrodrenagem, como um todo, em um período mais largo de planejamento, que o previsto na Etapa 3, porém, de forma geral, não superando cinco anos.

A Etapa 5 – Ações Sistemáticas, abrangerá a elaboração do Manual de Diretrizes Básicas, que visará a uniformização dos critérios de planejamento e projeto de obras de drenagem urbana e da planificação e arquitetura do Sistema de Suporte a Decisão, composto por um Sistema de Informações, pelo Programa de Monitoramento Hidráulico-Hidrológico e pelo Modelo de Operação do Sistema. Também nesta Etapa está prevista a elaboração do Programa de Controle de Poluição Difusa, já que a questão do controle da qualidade das águas drenadas é de extrema importância para a recuperação dos nossos rios e córregos. Programa de Medidas de Fiscalização e Controle e do Sistema de Acompanhamento e Revisão do Plano permitirão a conclusão dos trabalhos que integram o Plano (DAEE, 1999, *mimeo*).

As atividades gerais do Plano foram iniciadas em agosto de 1998 e foram prolongadas até o final de 2002. O estudo hidráulico e hidrológico da calha do Tietê, no trecho entre a Barragem da Penha até a Barragem Edgar de Souza, foi o primeiro a ser realizado, visto que, a vazão estimada neste curso d'água servirá como *vazão de restrição* para todas as outras bacias e intervenções futuras (figura 21).

A conclusão das análises realizadas é que as obras de melhoria previstas e/ou em andamento são de extrema importância para dotar o sistema de macrodrenagem da RMSP das condições mínimas de segurança contra inundações, principalmente nas marginais e áreas ocupadas da várzea do Tietê nesse trecho (CANHOLI, 2005, p. 284).



De acordo com o diagrama unifilar o trecho compreendido entre a Barragem da Penha – Barragem Edgard de Souza, foi diagnosticado com suas respectivas vazões de restrição. Assim, as vazões afluentes deverão ser compatibilizadas às capacidades existentes, implicando na necessidade – onde for o caso, da retenção dos volumes de cheias dos cursos d'água tributários, prioritariamente o mais próximo das áreas onde forem gerados.

Posteriormente foram elaboradas diversas atividades técnicas que se encontram documentadas nos seguintes relatórios: Definição do Sistema de Macrodrenagem; Consolidação dos Critérios Básicos; Levantamento do Quadro Institucional e Legislação; Diagnóstico Hidráulico-Hidrológico da situação atual da Calha do Rio Tietê; Análise Geológica e caracterização dos solos da bacia do Alto Tietê para avaliação do coeficiente de escoamento superficial; Bacia do Rio Pirajuçara – Diagnóstico Geral e Ações Recomendadas; Monitoramento Hidrológico Aricanduva – Gamelinha; Situação da Barragem Móvel Frente ao Rebaixamento da Calha do rio Tietê; Recomendações de áreas a serem Protegidas / Reservadas; Relatório de Identificação das sub-bacias prioritárias; Bacia Superior do Ribeirão dos Meninos – Diagnóstico Geral e Ações Recomendadas; Relatórios à Câmara Técnica do Comitê da Bacia do Alto Tietê; Sumários Executivos individualizados por bacia; Plano Emergencial de Controle de Inundações para 1999/2000 (DAEE, 1999, *mimeo*).

Entretanto, vale destacar que para se alcançar os objetivos previstos, algumas premissas estipuladas pelo Plano referentes ao uso e ocupação deverão ser respeitadas, pois na Bacia do Tietê, na área a montante da Barragem da Penha deve-se manter sua baixa contribuição para a vazão do Tietê, para isso, a urbanização e a ocupação das várzeas devem estar sob um alto controle buscando evitar impermeabilizações extras.

O Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê utiliza em seus cálculos, projeções de crescimento populacional para a região citada de 1,5% ao ano, cujo horizonte é de 2020. Caso o crescimento seja maior, dentro de um evento chuvoso crítico, a vazão do Tietê na área hoje urbanizada poderá chegar a 2680m<sup>3</sup>/s, equivalente ao dobro do que foi projetado (Quadro 03).

**Quadro 03** – Perspectiva de cenário crítico. DAEE, 1999.

TRECHO	Vazão no Tietê com cenário de projeto (m³/s)	Vazão no Tietê com cenário mais crítico (m³/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)

No intuito de controlar este cenário, o Plano de Bacia do Alto Tietê (2002) enfatiza a necessidade do uso de um importante instrumento de gestão do uso do solo denominado *outorga do direito de impermeabilização*.

[...] conceito indispensável para a consecução de uma política consistente de drenagem urbana é o da outorga do direito de impermeabilização das áreas em processo de urbanização das bacias hidrográficas. Este conceito se aplica a todos os casos em que as intervenções no meio urbano forem de tal magnitude que tenham a capacidade de aumentar os coeficientes de escoamento superficial direto. Até o presente, o conceito de outorga do direito à utilização dos recursos hídricos limitava-se aos casos de obras que interferissem fisicamente nos leitos fluviais. Entretanto, o conceito de outorga está vinculado à concessão do direito de interferir no regime hidrológico da bacia. Este direito deve estar limitado pelo Poder concedente, em função de diversos fatores restritivos como, por exemplo, a preservação de vazões máximas de referência ou vazões de restrição. Neste sentido, o Plano está propondo uma série de ferramentas que possibilitarão ao DAEE, em conjunto com as Prefeituras Municipais, atuar mais diretamente numa das principais causas do agravamento das inundações que é exatamente a impermeabilização não controlada e não outorgada do solo urbano (FUSP, 2002, p. 111).

Vale salientar que existe um instrumento em forma de Lei<sup>13</sup> que trata desta questão, entretanto, sua abrangência limita-se a permissão ou não de construção de obras que interfiram diretamente na quantidade e qualidade dos

<sup>13</sup> DECRETO nº 41.258, de 31 de outubro de 1996, que aprova o Regulamento da Outorga de Direitos de Uso dos Recursos Hídricos, de que tratam os Artigos 9º a 13º da Lei nº 7.663 de Dezembro de 1991.

recursos hídricos superficiais ou subterrâneos. Nesse sentido, o PDMAT propõe que a jurisdição da Lei abranja toda a bacia na qual a obra está inserida.

Como recomendações o PDMAT prevê ainda duas ações importantes: a primeira é que nos eventos mais críticos, por mais controverso que seja, deverá ser mantido o isolamento entre os Rios Pinheiros e Tietê e, conseqüentemente, a reversão para a Represa Billings deverá ser mantida. Embora vale salientar, como diagnosticado pelo Engenheiro Aluisio Pardo Canholi da Hidrostudio Engenharia Ltda. – empresa que coordena o Plano de Macrodrenagem, com a implementação de medidas de controle, com o término das obras e uma correta conduta no uso e ocupação do solo essa reversão deverá ser pouco acionada.

Entre as medidas, concebidas como verdadeiros e fundamentais mandamentos, destacam-se: uma 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 lixos e sedimentos; disseminação do conceito de reservatórios de retenção e, Medidas não estruturais e institucionais gerais visando a redução dos picos máximos de cheias (DAEE, CONSÓRCIO ENGER-PROMON-CKC, 1999).

A segunda está relacionada ao Rio Tamanduateí: para que a vazão de restrição do Rio Tietê seja mantida, a vazão do Rio Tamanduateí não poderá superar os 357 m<sup>3</sup>/s para o período de retorno de 100 anos, embora sua calha tenha sido projetada para 480 m<sup>3</sup>/s, devendo então continuar com o plano já em curso – pelo DAEE e Prefeituras, de implantação dos 46 reservatórios de detenção para a bacia e afluentes.

Assim, poder-se-á concluir que a espinha dorsal da manutenção das vazões de restrição está pautada no disciplinamento do uso do solo somada a construção dos reservatórios de amortecimento de cheias para controle das vazões.

De acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica, o Plano, em face da impossibilidade prática de aumento da capacidade de descarga de alguns dos principais rios da Região Metropolitana de São Paulo, adota como

solução a construção de reservatórios para o amortecimento de picos de cheias, conhecidos como "Piscinões".

De fato, o piscinão se mostrou uma solução eficaz, uma vez que, concluído, produz efeito imediato, pois retém a água que está descendo e que iria transbordar pelo rio ou córrego. Depois que a chuva passa, a água vai sendo liberada aos poucos, de forma controlada, a fim de evitar inundações a jusante, ou seja, para frente do reservatório construído. O piscinão não é nada mais que a criação de uma nova várzea, uma área que possa acumular água (<http://www.daee.sp.gov.br/piscinoes/index.htm>).

Dado o interesse da pesquisa, a seguir serão apresentados os reservatórios de amortecimento – ou os chamados piscinões, suas características funcionais e usos.

Com relação ao Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, cabe destacar que o Plano Diretor norteia diversos programas de obras na Região Metropolitana de São Paulo. Em específico, será apresentado no próximo capítulo o Programa de Canalização de Córregos, Implantação de Vias e Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vale – PROCAV, responsável pela construção dos reservatórios localizados na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo. Oportunamente serão abarcadas as intervenções bem como as medidas estruturais e não-estruturais direcionadas pelo PDMAT na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.

#### 4.2 Medidas de contenção a jusante: tipologias de reservatórios de amortecimento de cheias

As obras destinadas à contenção de deflúvios a jusante (downstream control), tem como função conter os escoamentos no âmbito das bacias ou sub-bacias de drenagem, tendo, portanto, maior importância no trato da problemática das inundações urbanas. O reservatório retém parte do volume da enchente, reduzindo a vazão natural, procurando manter no rio uma vazão inferior àquela que provocava extravasamento do leito. O volume retido no período de vazões altas é escoado após a redução da vazão natural (Tucci, 2002).

Como colocado por Ramos; Barros e Palos (1999) em contraposição às medidas de controle na fonte os dispositivos de controle a jusante:

[...] envolvem um menor número de locais de armazenamento. As obras de armazenamento podem, por exemplo, estar localizadas no extremo de jusante de uma bacia de drenagem de porte apreciável, ou mesmo numa sub-bacia de porte também expressivo. Esta modalidade de controle permite reduzir o custo de implantação em relação ao caso de grande número de pequenas instalações de controle na fonte e apresentam maior facilidade de operação e manutenção com custos mais reduzidos (RAMOS; BARROS e PALOS, 1999, p. 34).

Como aspecto negativo, Cruz; Araújo e Souza (1999) colocam que seu uso demanda mais tempo de implementação, custos elevados, além da necessidade de grandes áreas livres. Nessa direção, para não perder o valioso espaço no contexto urbano, podem ser previstas bacias de detenção subterrâneas, com o mesmo princípio, porém, enterradas (Agra, 2001).

Canholi (2005) descreve que o controle de enchentes em reservatórios é uma prática comum tratando-se de rios médios e grandes e que, no Brasil, essa prática já é bem difundida, dado o grande desenvolvimento das obras no setor de geração de energia hidrelétrica, onde se constata a existência de inúmeros reservatórios de usos múltiplos, incluindo o controle de cheias. Ainda no Brasil, podemos destacar o Plano de Melhoramentos do Rio Tietê em São Paulo do Engenheiro Saturnino de Brito, que já em 1925 previa a construção de bacias de acumulação (fig. 22). Para Elias Berezuschy, do DAEE, a idéia de criar bolsões de retenção no curso d'água deve-se a Saturnino de Brito em ocasião da proposta de implantação dos melhoramentos no Rio Tietê.

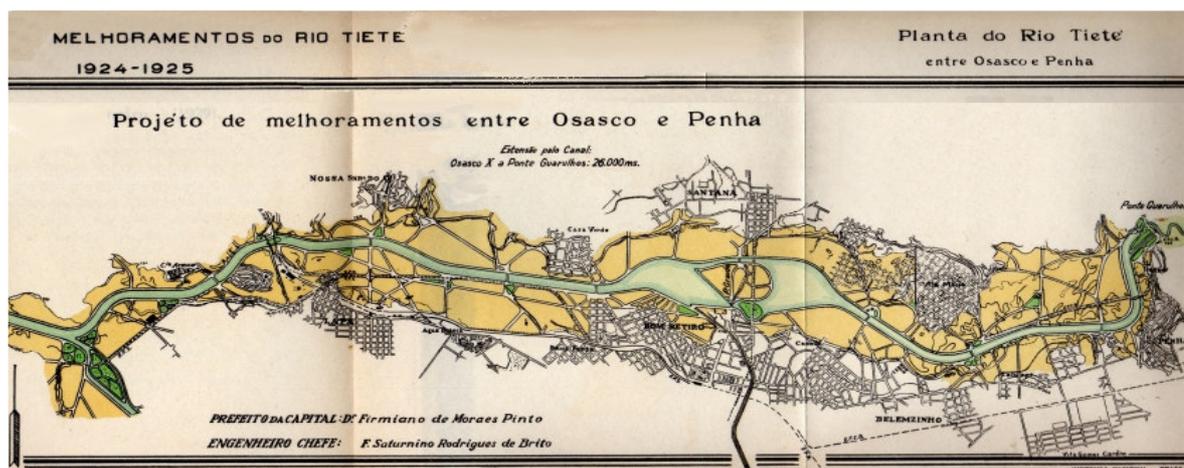


Figura 22. Plano de Melhoramento do Tietê. Adaptado de Brito, 1944.

Entretanto, cabe destacar que o projeto não tinha como função principal o problema das inundações. Saturnino afirmava que a formação de um ou mais lagos, ao longo do rio, só se justificava pela necessidade de se obter terra para o aterro das várzeas a fim de regularizar as superfícies edificáveis. Quanto aos tanques, Saturnino concluía que:

[...] conservamos a Ponte Grande e fazemos uma derivação, abrindo novo braço de rio com 70 m de largura, no local da antiga "Ponte Preta", pelo qual o encaminhamento das águas nas enchentes será benéfico à renovação das represadas nos lagos. (BRITO, 1944, p. 161).

Segundo o Plano de Melhoramentos, o lago a montante da Ponte Grande teria aproximadamente 1.200.000 m<sup>2</sup> e o outro, a jusante, 1.000.000 m<sup>2</sup>, no entanto, somente a retificação no leito do rio proposta no plano entre Osasco e Guarulhos acabou sendo executada. Para Saturnino de Brito, a questão principal estava vinculada à ocupação e uso do solo, onde:

Cumpre não esquecer (e por isto o repetimos) que [...] os lençóis de inundação das várzeas, até Mogi das Cruzes, entrando pelos afluentes, assim como as matas nas vertentes, constituem *reservatórios naturais de regularização do regime* [...] se estes reservatórios desaparecerem, se a retificação do rio Tietê se prolongar mais tarde para montante alterando de modo notável o regime, deve contar-se como certo o aumento da descarga do rio em São Paulo, o que obrigará a maior capacidade nas obras projetadas (BRITO, 1944, p. 165).

Franco (2004) esclarece que no Brasil, os primeiros reservatórios de retenção foram implantados no início da década de 50 em Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais, sendo os da Pampulha e Santa Lúcia até hoje funcionais.

Outra experiência passível de comentário foi realizada na cidade de Curitiba, onde foram criados na década de 70 parques com grandes lagos-reservatórios em seu interior. Conforme descreve Márcio de Oliveira (2001):

[...] o sentido geral da criação dos parques e bosques curitibanos concentrou-se, fundamentalmente, nos três primeiros parques (Iguaçu, Barigüi e São Lourenço), criados nos anos 70, década de maior incremento nas áreas verdes públicas no município. A função desses parques, no momento em que foram idealizados, uniu de um lado a antiga idéia "de dar água à cidade" do então arquiteto do IPPUC dos anos 60, Jaime Lerner, e, de outro, uma

solução técnica encontrada para combater enchentes na cidade surgida quando da grande enchente que vitimou a antiga usina de curtume do São Lourenço no começo dos anos 70 (OLIVEIRA, 2001, p. 101).

Ainda segundo Oliveira, vingava-se nesse momento a idéia de dar água à cidade emoldurada em áreas verdes, através de obras de saneamento e infra-estrutura urbana que evitassem ao máximo possível o problema das enchentes. Assim, utilizaram-se grandes áreas como bacias de amortecimento vinculadas a parques e áreas verdes, agregando à necessidade de mitigar o problema das cheias uma visão urbanística e ambiental aformoseada com a paisagem.

Feito o devido reconhecimento, cabe evidenciar que o uso de reservatórios tem sido amplamente divulgado e utilizado em diversas partes do mundo, em específico na Europa e nos Estados Unidos.

No século XV, na Alemanha, França e Rússia, foi desenvolvido o armazenamento de águas pluviais junto com melhorias dos canais dos rios, as bacias de detenção de águas pluviais com abertura fixa. Bacias de detenção deste tipo foram usadas para prevenção de enchentes em 1711, em Roanne – França, na bacia do Rio Loire. Nos Estados Unidos da América, uma enchente ocorrida em Março de 1913, no Rio Miami, no Estado de Ohio, teria motivado a construção de diversas bacias de detenção, apenas para fins de controle de cheias (FRANCO, 2004, p. 3).

Segundo Tucci e Genz (1995) as funções exercidas pelos reservatórios são:

- ✓ Controle da vazão máxima: O reservatório é utilizado para amortecer o pico a jusante, reduzindo a seção hidráulica dos condutos e mantendo as condições de vazão preexistentes na área desenvolvida;
- ✓ Controle do volume: Normalmente é utilizado quando o escoamento cloacal e pluvial são transportados por condutos combinados ou quando recebe a água de uma área sujeita a contaminação. Como a capacidade de uma estação de tratamento é limitada, é necessário armazenar o volume para que possa ser tratado. O reservatório também é utilizado para a deposição de sedimentos e depuração da qualidade da água, mantendo seu volume por mais tempo dentro do reservatório;

✓ Controle de material sólido: quando a quantidade de sedimentos produzida é significativa, esse tipo de dispositivo pode reter parte dos sedimentos para que sejam retirados do sistema de drenagem.

Sobre a tipologia dos reservatórios, Canholi, 2005, cita que diversos autores entre eles Welsh, (1989); Urbonas (1993); Lazaro, (1990); e Asce, (1992), diferenciam as obras de reservação em: *bacias de retenção*, *bacias de detenção* e *bacias de sedimentação*, desdobrando-se em reservatórios in-line e off-line dada a sua função e posição no sistema de drenagem. Existem outras definições, significados e interpretações, tanto na literatura técnica como também nos termos de uso corrente, mas aqui serão tratadas com essa denominação.

As *bacias de retenção* são estruturas construídas em superfície, dimensionadas para manterem um volume permanente de água para fins de controle de quantidade, recreacionais, paisagísticas ou abastecimento de água (fig. 23a, 23b). São bacias projetadas para não esvaziar completamente entre uma enxurrada e outra (Agra, 2001). A vantagem da utilização da lâmina de água e do conseqüente volume retido, é que não haverá crescimento de vegetação indesejável no fundo, sendo o reservatório mais eficiente para controle da qualidade da água e de poluentes (Tucci, 1997).

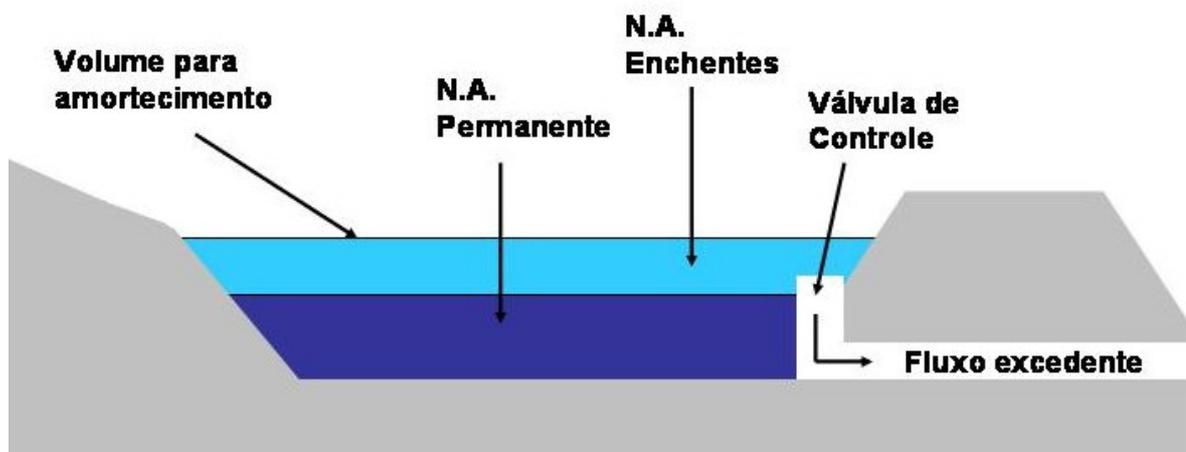
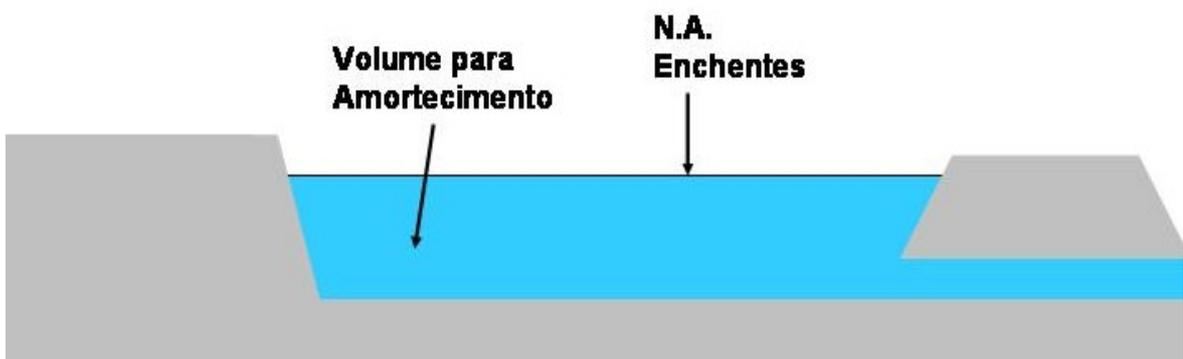


Figura 23a – Bacias de retenção



**Figura 23b** – Bacia de retenção (EUA). Urban Drainage and Flood Control District, 2001.

Já as *bacias de detenção* (fig. 24a, 24b) são obras destinadas a armazenar os escoamentos de drenagem, normalmente secas durante as estiagens, mas projetadas para reter as águas superficiais apenas durante e após as chuvas (Oliveira, 2004). O benefício do uso desse dispositivo seco é que ele pode ser utilizado para outras finalidades. Uma prática usual consiste em dimensionar uma área com lâmina de água para escoar uma cheia freqüente, como a de dois anos, e utilizar a área de extravasamento para fins paisagísticos e práticas de esportes e, quando ocorrer cheias maiores que utilizem a área de extravasamento, será necessário apenas limpar a área atingida sem maiores danos a montante ou a jusante.



**Figura 24a** – Bacias de detenção



**Figura 24b** - (Bible Park) Bacia de detenção com múltiplas funções inteiramente integradas ao espaço. Urban Drainage and Flood Control District, 2001.

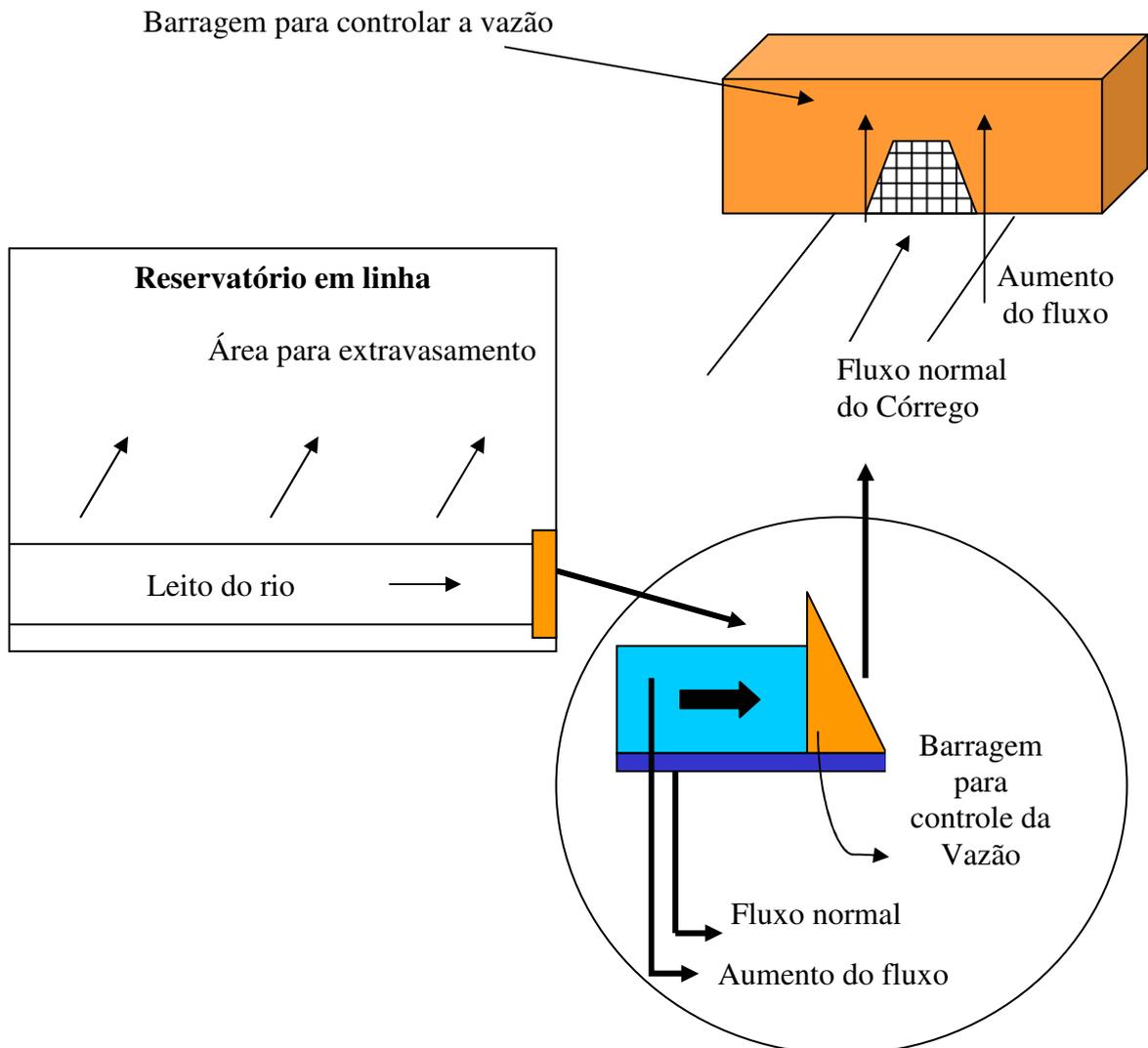
Nos reservatórios mantidos secos, mas ligados diretamente à drenagem, existe uma seção menor para o escoamento durante as estiagens. Nesse caso, é conveniente que o fundo seja de concreto com o intuito de facilitar a limpeza. Esse tipo reservatório pode ter um fundo natural, escavado ou de concreto. Vale ressaltar que os reservatórios em concreto são mais caros, mas permitem paredes verticais, com aumento de volume. Isso é útil onde o espaço tem um custo alto. Asce apud Tucci (1997) menciona que as instalações de bacias de detenção que tiveram maior sucesso foram as que se integraram a outros usos, como a recreação, já que a comunidade, no seu cotidiano, usará esse espaço de recreação. Deste modo, é desejável que o projeto esteja integrado ao planejamento do uso da área.

Os reservatórios ou bacias de detenção mantidas secas são os mais utilizados nos Estados Unidos, Canadá e Austrália. São projetados, principalmente, para controle da vazão, com esvaziamento de até seis horas e com pouco efeito sobre a remoção de poluentes. Aumentando-se a detenção para 24 a 60 h, poderá haver melhora na remoção de poluentes (TUCCI, 1997, p. 32).

Por fim, as *bacias de sedimentação* podem ser caracterizadas como reservatórios que possuem a função principal de reter sólidos em suspensão ou então absorver poluentes carregados pelo escoamento superficial. Seu uso pode ser parte de um reservatório com múltiplos usos, entre eles o controle de cheias (Canholi, 2005).

Dada a sua localização dentro do sistema de drenagem, os reservatórios podem ser classificados como in-line (em linha ou em série) e/ou off-line (fora de linha / em paralelo).

Os reservatórios em linha ou em série (fig. 25a, 25b), são aqueles construídos na linha principal do sistema de drenagem com a função de retardar o tempo de escoamento, reduzindo as vazões de pico e restituindo o escoamento de forma atenuada e contínua, normalmente por gravidade. Esse tipo de estrutura atua em maior ou menor grau em todas as vazões afluentes, podendo ter diferentes cotas de reservação para chuvas com períodos de retorno entre 2 a 25 anos<sup>14</sup>, as cotas inundáveis com tempo de recorrência mais alto ( $TR \geq 5$  anos), podem ser destinadas à recreação e ao lazer.



**Figura 25a** – Funcionamento do reservatório em linha

<sup>14</sup> Usualmente as obras como os reservatórios têm um período de retorno de 25 anos (Travassos, 2004).



**Figura 25b** – Reservatório em linha (TPI- 2 / Jardim Nova República Embu das Artes / Córrego Pirajuçara). Yazaki, 2005.

Segundo Berezuschy (2001), esse tipo de estrutura possui as seguintes vantagens e desvantagens:

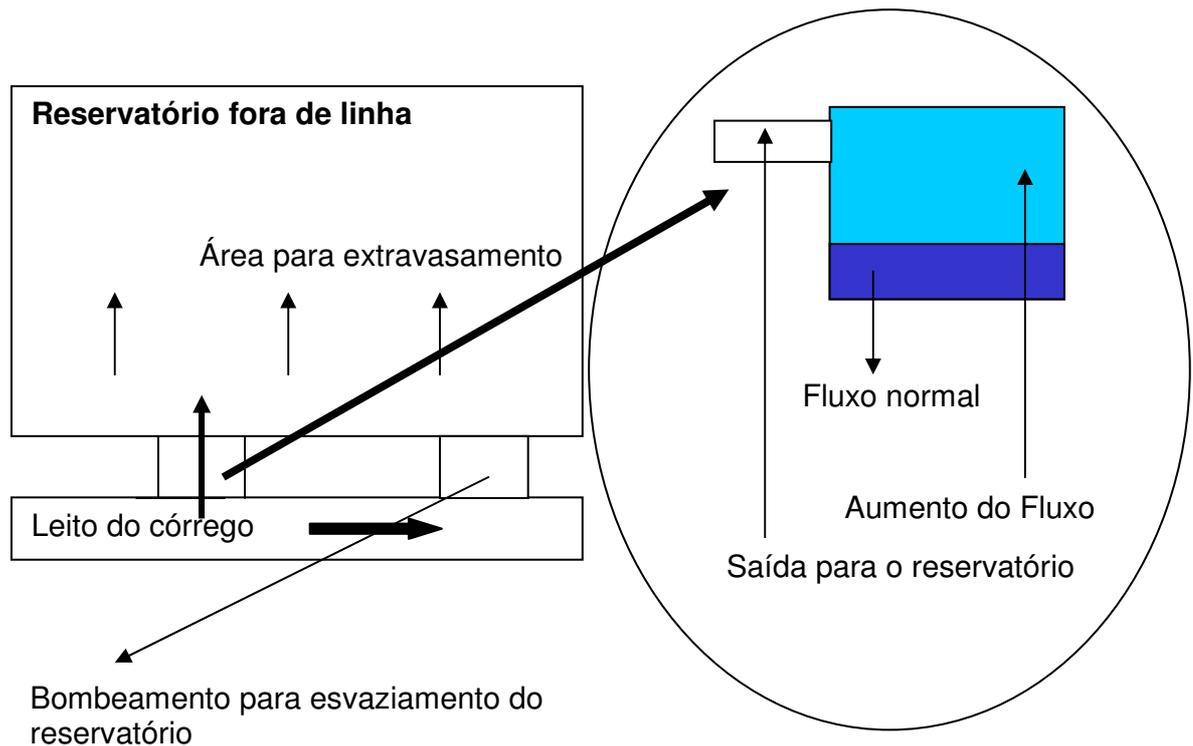
*Vantagens principais:*

- a) *Dispensam dispositivos de recalque (funcionam por gravidade) e o sistema operacional fundamenta-se mais na limpeza e desinfecção do local;*
- b) *Permitem, dependendo da qualidade da água e da manutenção, uso para lazer;*
- c) *Geralmente propiciam menor custo com obras civis.*

*Desvantagens principais:*

- a) *Os volumes a serem armazenados são limitados pelas cotas do local (desnível);*
- b) *Ocupam áreas maiores;*
- c) *Maiores custos para desapropriação (custo médio do terreno em cidades no Estado de São Paulo com cerca de 100.000 habitantes: acima de R\$ 100,00 o metro quadrado);*
- d) *Problemas jurídicos mais complexos;*
- e) *Em condições de abandono poderá causar a desvalorização imobiliária de áreas nas proximidades;*
- f) *Podem se tornar focos de doenças veiculadas pela água, caso não se faça apropriada desinfecção do local e o controle de efluentes.*

Os reservatórios fora de linha ou em paralelo (fig. 26a e 26b), são obras construídas fora do canal fluvial, em paralelo ao curso d'água. Sua função é reter os volumes de água que são desviados da rede de drenagem principal em eventos de cheia, restituindo posteriormente ao sistema de drenagem, geralmente por bombeamento, após o alívio nos picos de vazão (Canholi, 2005). Como a maior parte do tempo ficam vazios, podem ser utilizadas como áreas de lazer.



**Figura 26a** – Funcionamento do reservatório fora de linha



**Figura 26b** - Reservatório fora de linha (Piscinão TC2 – Casa Grande). [www.daaee.sp.gov.br](http://www.daaee.sp.gov.br)

Por semelhante modo, Berezuschy (2001), descreve as vantagens e desvantagens dessa estrutura:

*Vantagens:*

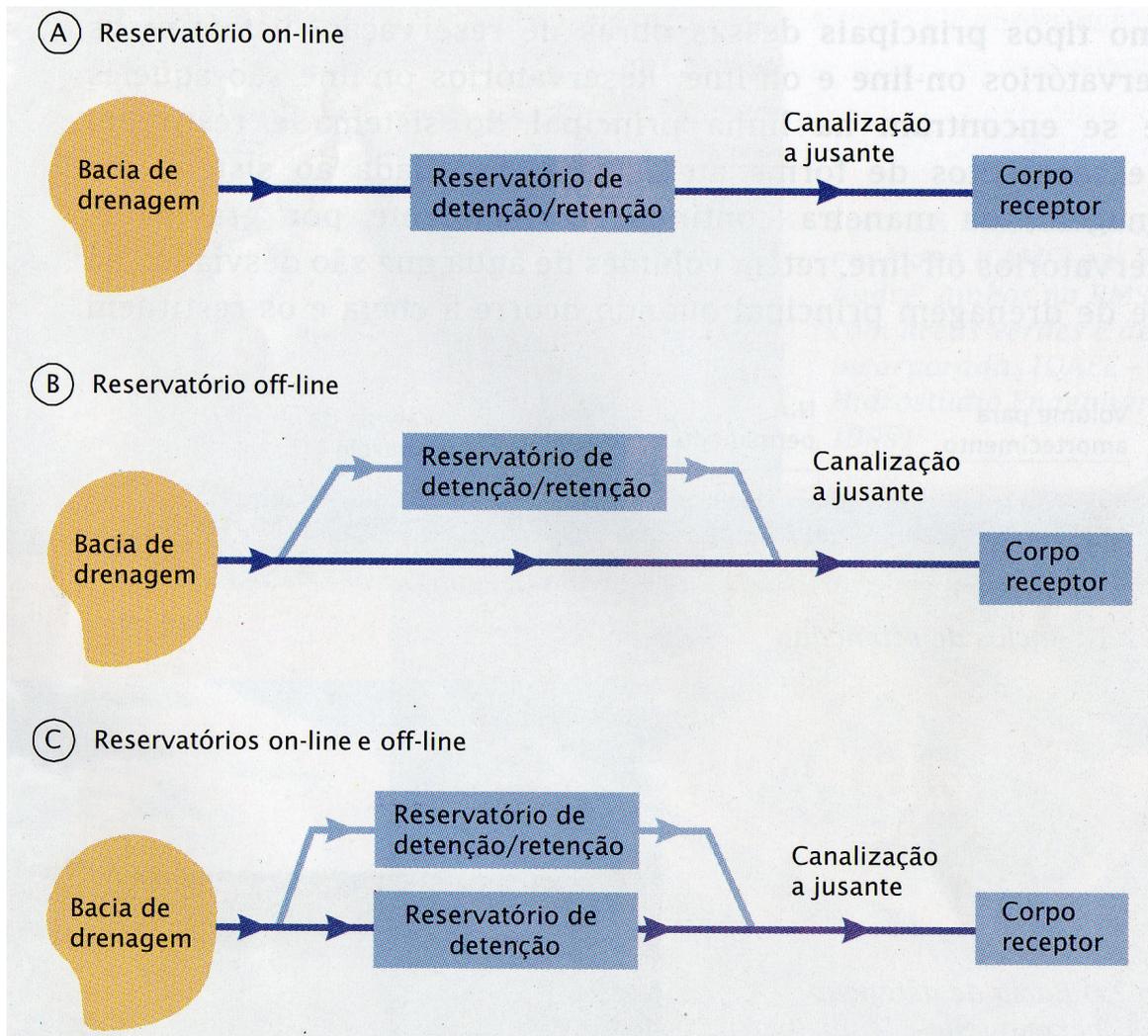
- a) Pode ser utilizado para lazer desde que a qualidade da água seja boa para recreação e a limpeza e desinfecção sejam constantes;*
- b) A principal vantagem deste tipo de reservatório é que permite o armazenamento de volumes maiores utilizando menores áreas.*

*Desvantagens:*

- a) Utilização de equipamentos de recalque e dispositivos eletromecânicos etc.;*
- b) Maiores obras civis de contenção e manutenção;*
- c) Podem se tornar focos de doenças veiculadas pela água, caso não se faça apropriada desinfecção do local e o controle de efluentes.*

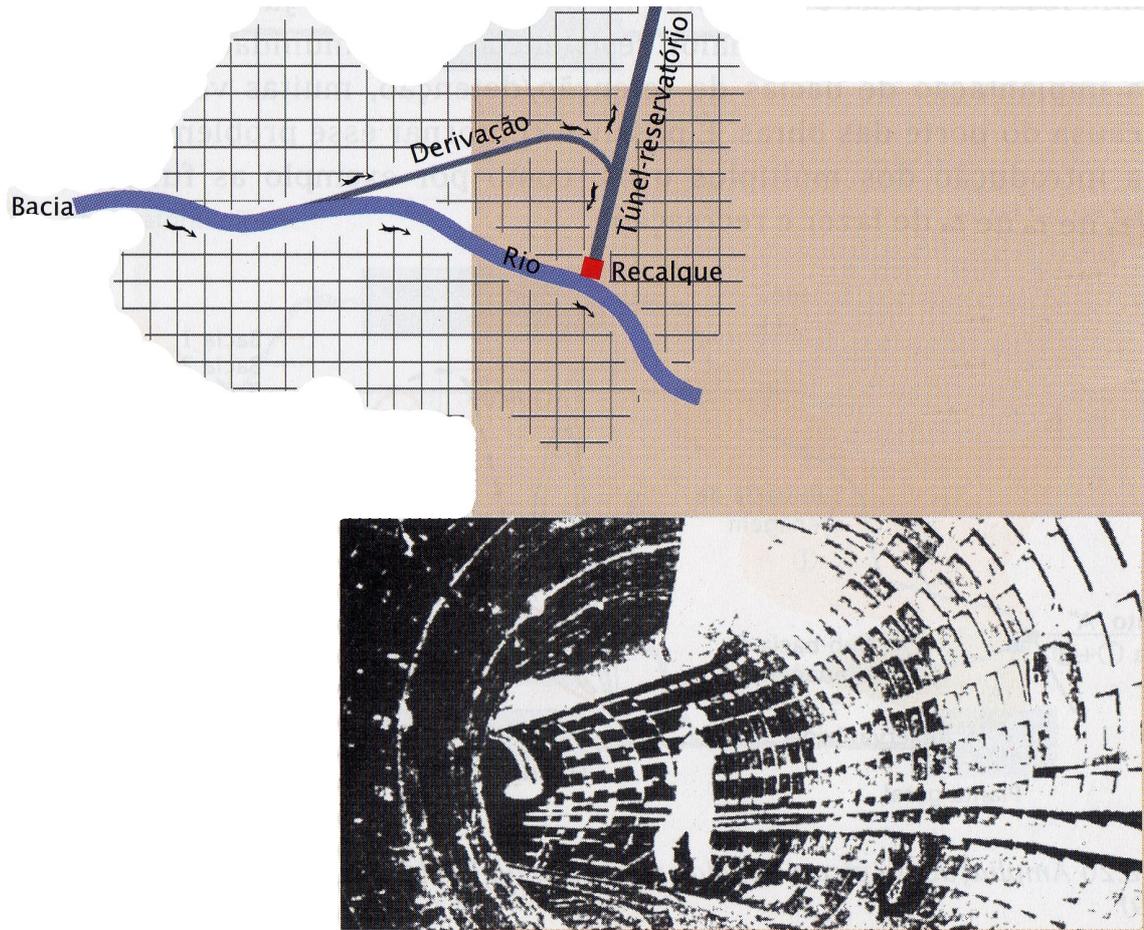
Com relação ao uso deste tipo de obra, Canholi (2005) descreve que é possível utilizar os dois reservatórios em um mesmo ponto (fig. 27), onde:

Em geral, quando a obra de reservação possui finalidade múltipla, incluindo o controle da qualidade da água, podem-se prever, em um mesmo ponto do sistema, os dois tipos de reservatórios, acoplando um reservatório off-line com a finalidade de reter os volumes iniciais do deflúvio, que contém normalmente a maior carga de poluentes, provenientes da lavagem das ruas e edificações, ao reservatório permanente on-line (CANHOLI, 2005, p. 57).



**Figura 27** – Reservatórios on-line e off-line. Canholi, 2005.

Diversos países vêm utilizando e aperfeiçoando o uso destes dispositivos. No Japão o emprego de estruturas off-line se dá pela construção de túneis-reservatório implantados em Tóquio (fig. 28). Por meio dos sistemas de derivação para as estruturas subterrâneas off-line, pretende-se proteger a bacia para precipitações de até 75mm/h (Canholi, 2005).



**Figura 28** – Esquema de túnel reservatório off-line, em Tóquio. Canholi, 2005.

Como destacado anteriormente, nos Estados Unidos a prática usual na construção dos reservatórios é pelas bacias de detenção, dado o interesse pelo seu múltiplo uso. A seguir, são apresentados alguns exemplos de sua utilização (Fig. 29 e 30).

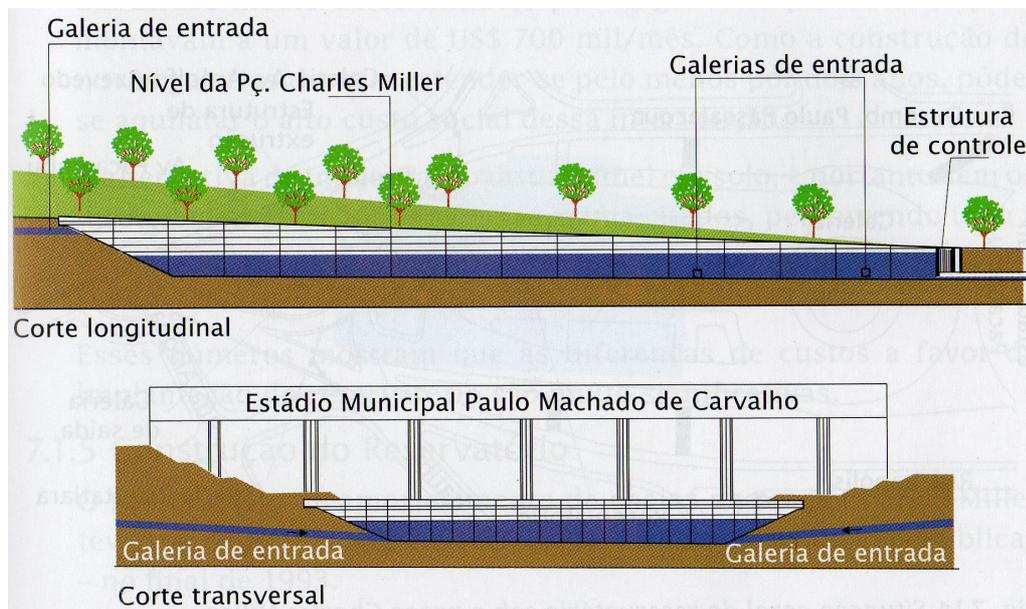


**Figura 29** – Reservatório associado à área de lazer (Beverly Hills). Canholi, 2005.



**Figura 30** – Bacia de detenção e controle de (*debris*) detritos (Califórnia). Canholi, 2005.

Outro ponto referente aos reservatórios que merece destaque é a possibilidade de reabilitação de antigos sistemas de drenagem. Nesse sentido, cabe destacar o exemplo da cidade de São Paulo que, através da construção de um reservatório subterrâneo (fig. 31), permitiu a extensão da vida útil do sistema de drenagem do córrego Pacaembu, tornando a obra um marco no trato com as águas pluviais.



**Figura 31** – Concepção geral do reservatório do Pacaembu. Canholi, 2005.

Diante deste cenário, pode-se afirmar que o conceito de reservação de águas tem adquirido uma concepção multidisciplinar abarcando tanto questões quantitativas como também qualitativas no manejo de águas pluviais. Em países mais desenvolvidos, a questão do controle da qualidade da água é vista como uma obrigação no gerenciamento dos sistemas de drenagem. Cabe destacar que

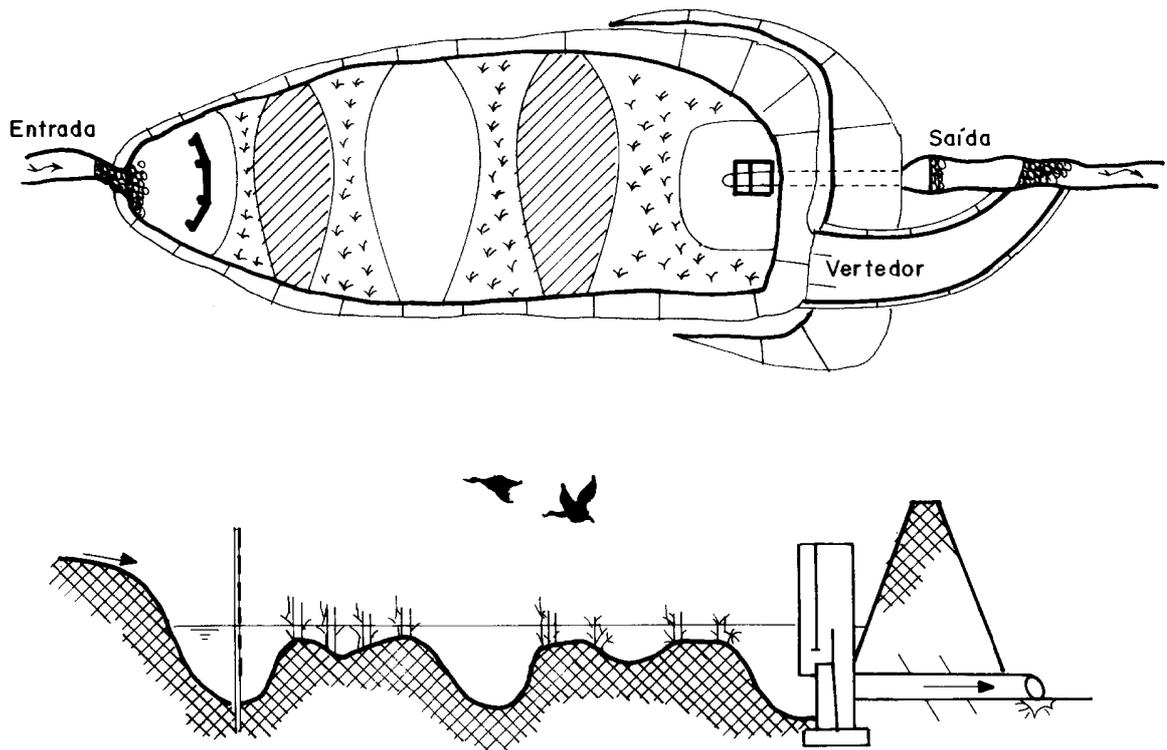
nestes países a questão dos esgotos sanitários e industriais há tempos foi resolvida ou ao menos controlada.

Nos Estados Unidos, uma norma estabelecida pela Agência de Proteção Ambiental (EPA – Environmental Protection Agency) obriga todas as cidades com mais de 100 mil habitantes a estabelecer um programa de *medidas ótimas de gerenciamento* (BMP – Best Management Practices) de drenagem urbana. Recentemente, decidiu-se que esse dispositivo passaria a vigorar, também, para cidades com população inferior à mencionada (BRASIL. Ministério das Cidades, 2003).

Entre as medidas ótimas de gerenciamento referente à qualidade das águas, destaca-se o uso dos chamados alagadiços (Wetlands). Esses terrenos são projetados para reter sedimentos e poluentes do escoamento superficial (Fig. 32a, 32b). Semelhante ao reservatório de retenção, é necessário que haja uma estrutura que possa manter uma lâmina d'água sempre no fundo. Essas estruturas são eficientes para remover compostos de fósforo e nitrogênio, compostos orgânicos, alguns metais e sedimentos. Na área que permanece alagada crescem vegetais típicos, que formam excelentes “habitats” para aves e outros animais. A declividade do terreno deve ser próxima a zero, de modo que o escoamento superficial, ao chegar, não se infiltre, mas escoe lentamente entre a vegetação e sobre a lâmina d'água existente. O alagadiço requer uma manutenção constante, uma vez que deve haver a retirada de parte da vegetação e dos sedimentos acumulados para manter as zonas de movimento da água.



**Figura 32a** - Wetland de Três Rios, Phoenix – Arizona. Yazaki, 2005.



**Figura 32b** – Funcionamento dos alagadiços (Wetlans). Adaptado de Urban Drainage and Flood District, 2005.

Interessante intervenção que merece destaque no que se refere ao controle da qualidade da água drenada está relacionada à experiência italiana no tratamento das águas pluviais nos denominados tanques de primeira chuva – *Vasche di Prima Pioggia*. Assim, como destacado por Paoletti:

Os reservatórios constituem um meio realmente decisivo para reduzir as vazões de cheia pelo efeito do processo de controle de enchentes, garantindo, assim, uma proteção hidráulica do território extremamente eficaz. Além disso, os reservatórios têm também uma notável importância ambiental, a partir do momento em que podem reter e excluir da descarga um expressivo percentual dos agentes poluentes veiculados nas águas pluviais, especialmente aqueles relativos ao início do evento (as chamadas “primeiras chuvas”), permitindo-lhes o envio sucessivo ao tratamento (PAOLETTI, 2005, p. 41).

Ainda, segundo o professor, dois aspectos devem ser destacados referentes a questão: o primeiro aspecto, o hidráulico, está ligado às chuvas de projeto – as mais intensas e mais raras de acontecer como as de 50 anos, utilizada para o dimensionamento dos reservatórios. A segunda é referente ao aspecto ambiental, que é o inverso do primeiro, pois, está ligado diretamente às freqüentes precipitações e escoamentos. Nesse sentido, os reservatórios devem

acolher a primeira água de chuva, com sua carga de poluentes, considerando a sucessão freqüente das chuvas de precipitação média e pequena.

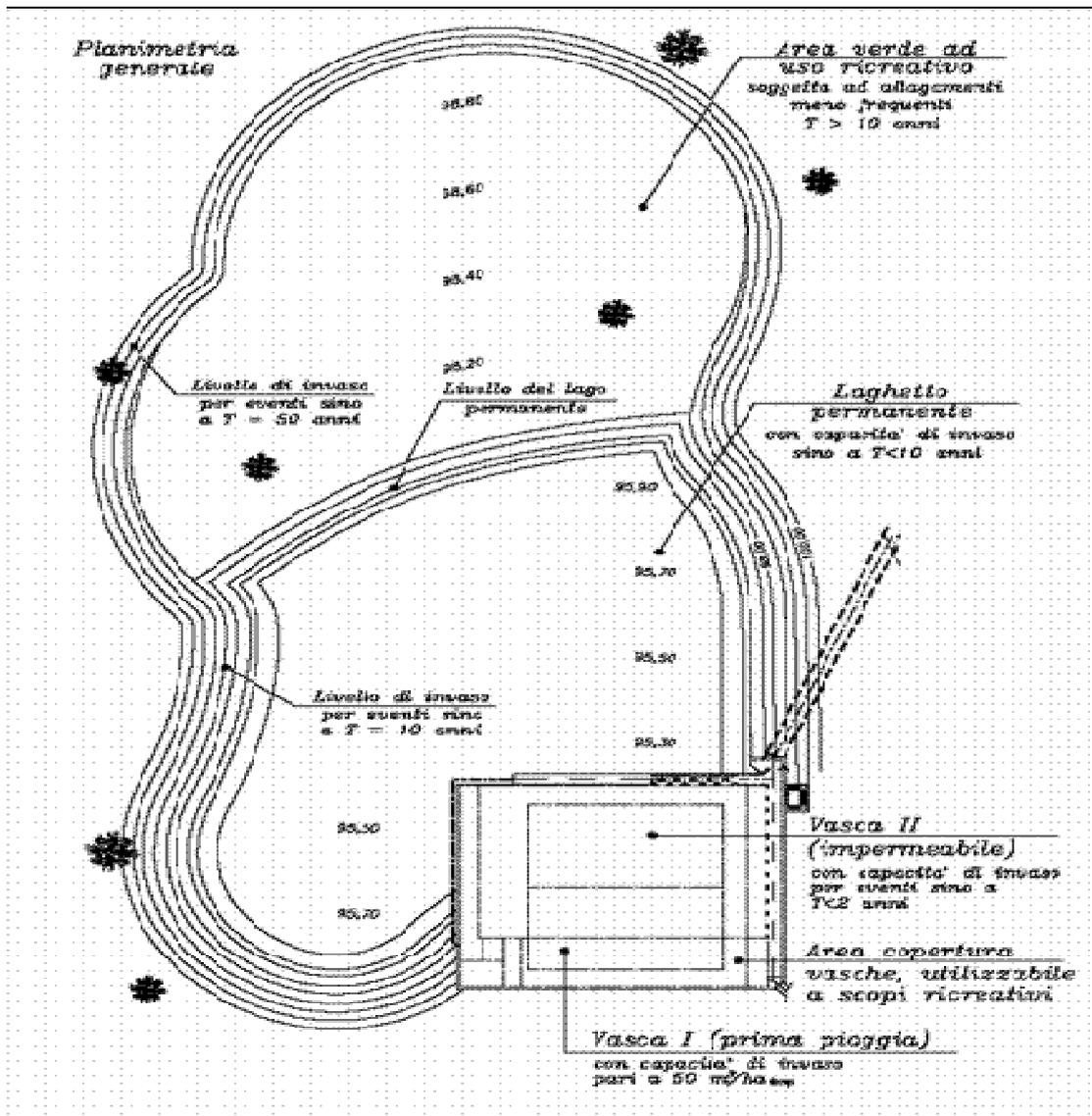
Tratam-se, portanto, de reservatórios de dimensões muito mais limitadas em comparação aos reservatórios necessários para satisfazer as necessidades de funcionalidade hidráulica da rede à jusante; eles são freqüentemente recavados dentro destes últimos ou, até mesmo utilizam os mesmos coletores da rede, utilizando os volumes internos de forma ideal com as técnicas mais recentes de controle em tempo real (PAOLETTI, 2005, p. 41-42).

Os reservatórios de primeira água de chuva são definidos do ponto de vista funcional como estruturas de dimensões restritas, sempre impermeabilizadas e às vezes cobertas, dotadas de sistemas de manutenção e gestão automáticas. Para sua concepção foram desenvolvidas técnicas inovadoras para a construção dos dispositivos anexos aos reservatórios na rede coletora de esgoto e que têm a função de regular as modalidades de enchimento e esvaziamento.

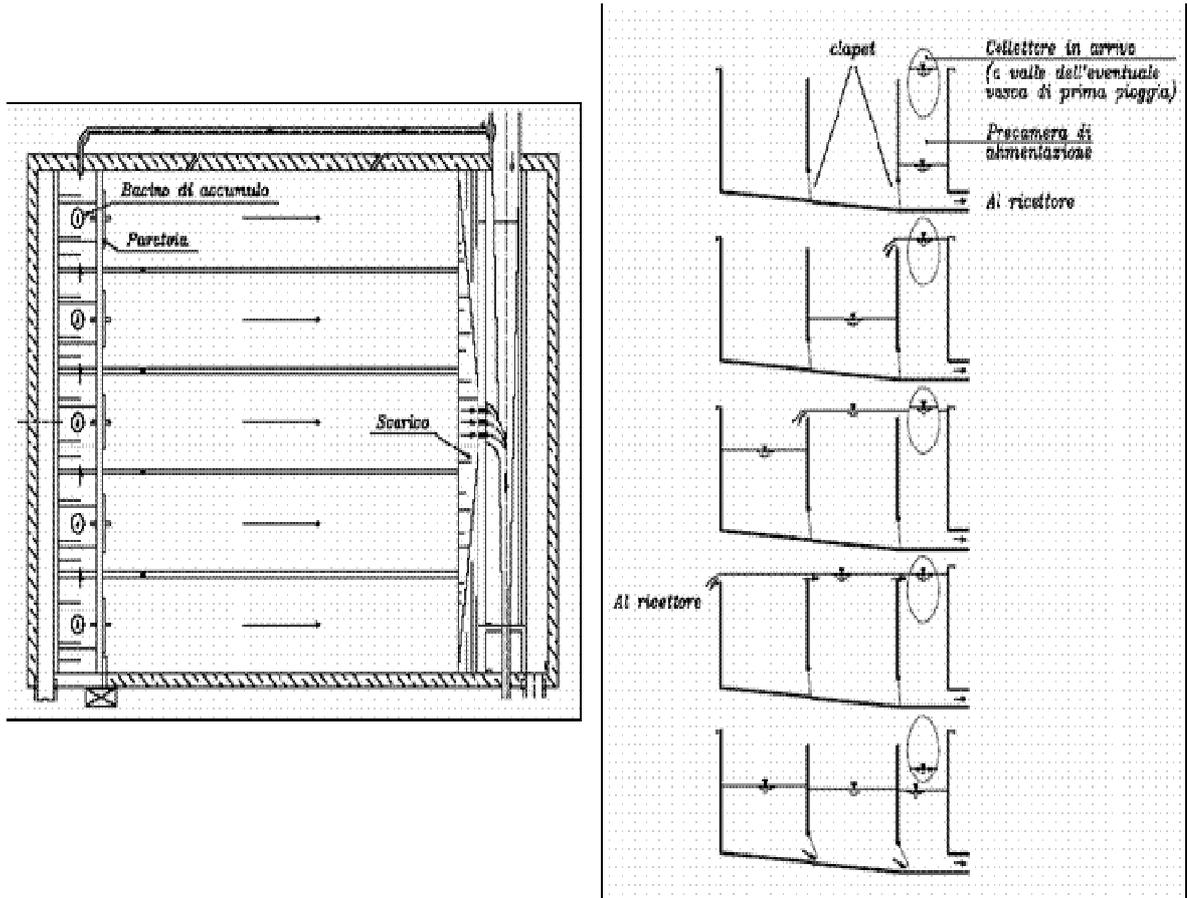
Paoletti (2005) em seus estudos afirma que uma cuidadosa atenção às exigências de gestão dos reservatórios é essencial para um projeto correto. Sua utilização coloca em evidência a importância de uma gestão automatizada e confiável capaz de garantir a manutenção de características higiênicas ideais mediante operações de remoção do material sedimentado e de lavagem dos reservatórios após cada ciclo de armazenamento-esvaziamento. Os reservatórios de primeira chuva podem ser subdivididos em vários compartimentos (reservatórios multicâmara-figuras 33 e 34), caracterizados por diversas freqüências de entrada em operação, de modo a limitar e facilitar as operações de limpeza da parte que efetivamente foi envolvida na reservação.

Nesse sentido, num primeiro compartimento de dimensões restritas, necessita de intervenções de lavagem e manutenção muito freqüentes; um segundo compartimento, que necessita de intervenções menos freqüentes e assim sucessivamente, até chegar a um último compartimento de expansão onde, em alguns casos, possuem o fundo e as margens em terreno natural, que são utilizados como reservatório apenas em ocasiões de precipitações caracterizadas por tempos de retorno superiores àquele previsto para o dimensionamento da parte equipada do reservatório (normalmente 5 - 10 anos). Estas chuvas que

chegam ao último compartimento possuem carga de poluentes insignificante, tanto devido à elevada diluição, quanto ao efeito de sedimentação desempenhado pelos compartimentos anteriores. Os compartimentos de expansão ao ar livre podem ter usos diversos, entre eles recreação, lazer e de preservação a natureza.



**Figura 33** – Tipologia de reservatório de controle de enchente realizada com setores fechados para as primeiras águas de chuva, seguido de setores abertos e para uso recreativo para as águas pluviais maiores. Paoletti, 2005.



**Figura 34** – Tipologia de reservatório fechado de primeira água de chuva subdividido em setores. Paoletti, 2005.

Referente a lavagem dos compartimentos impermeabilizados, Paoletti (2005) descreve que os reservatórios deveriam ser equipados com sistemas de lavagem automatizados (Fig. 35), onde é possível prever – de acordo com o projeto, a utilização de parte das águas que entraram no sistema de coleta a montante. Sendo que, uma fração é armazenada em um pequeno tanque separado do reservatório principal, mas ligada a ele por meio de uma comporta automática equipada com um sensor de nível que comanda sua abertura após o esvaziamento do compartimento, a abertura instantânea da comporta gera uma grande onda que percorre rapidamente toda a superfície do compartimento, capturando o material sedimentado limpando o interior para posterior uso (Fig. 35 e 36).

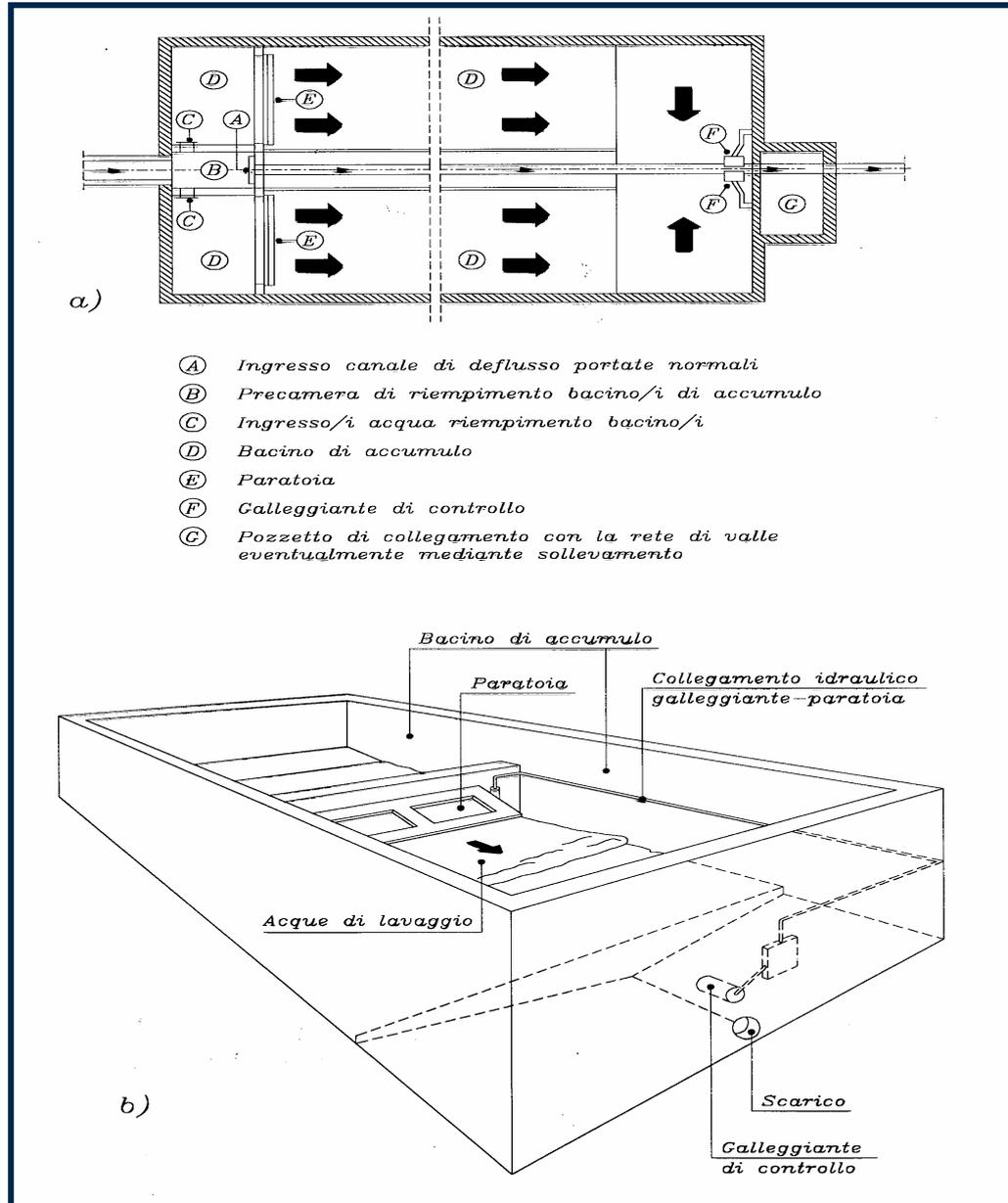


Figura 35 – Tipo de sistema automático de lavagem dos reservatórios. Paoletti, 2005.

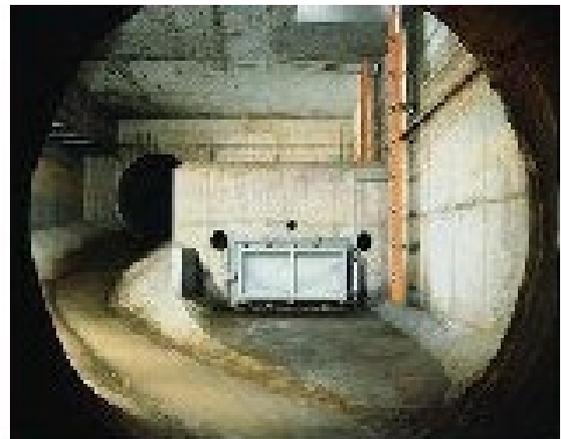
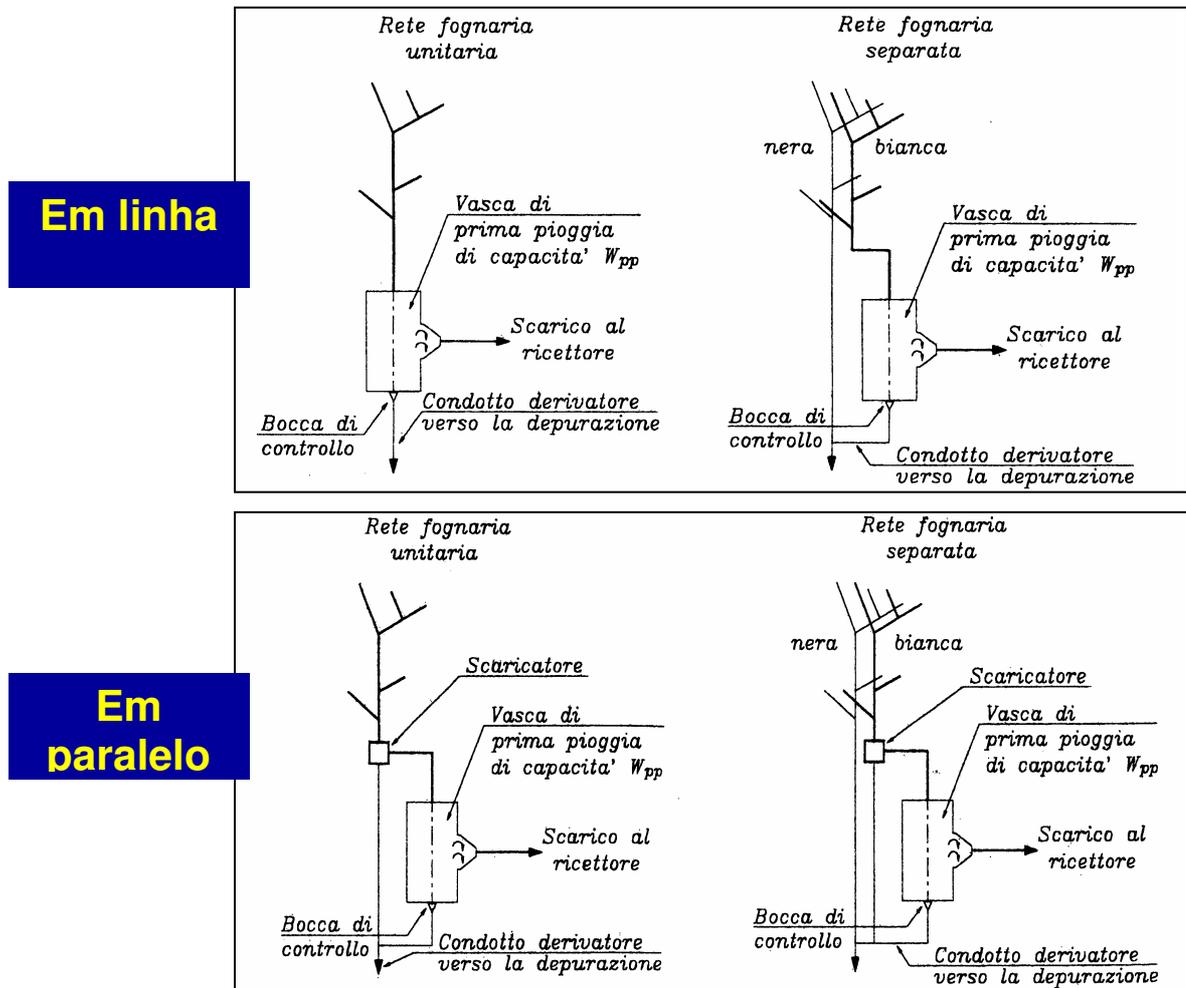


Figura 36 – Comporta para lavagem dos reservatórios. Paoletti, 2005.

Conforme destacado anteriormente o uso deste tipo de estrutura pode ser combinada com as bacias de detenção, retenção ou mesmo com as Wetlands. Sua execução pode ser pelo sistema em linha ou em paralelo aos sistemas de drenagem (fig. 37).



**Figura 37** - Esquemas de bacias de primeira chuva para sistemas mistos e separados. Paoletti, 2005.

Diversas tipologias podem ser empregadas no que se refere a reservação e questão do manejo de águas pluviais. Diante das necessidades, bacias de detenção, tanques de primeira chuva ou mesmo reservatórios alagados poderão equacionar ou ao menos mitigar a dívida deixada pelas antigas intervenções. Mais do que uma questão hidrológica quantitativa, a concepção multidisciplinar das novas técnicas utilizadas, abarca o resgate da água como componente da paisagem, valorizando rios, córregos, lagos. A seguir são apresentadas algumas diretrizes que são utilizadas na seleção de alternativas para a determinação das ações sobre os cursos d'água.

### 4.3 Critérios para escolha das alternativas

Como visto no item anterior, existem variedades de opções que podem ser empregadas para controlar as inundações, sendo elas de pequeno ou grande proporções. Diversos cenários se apresentam como perspectivas de solução, algumas voltadas para a questão quantitativa e outros abrangendo também as qualitativas.

Reconhecer o melhor caminho a trilhar nem sempre corresponde a melhor ou mais completa intervenção. Algumas variáveis, principalmente a econômica, possuem pesos diferenciados contribuindo para o encaminhamento das propostas. Esta pesquisa não tem a finalidade de mensurar os melhores ou piores critérios, mas apresentar pontos que definem as alternativas na execução dos reservatórios.

Nesse sentido, como estabelecido por Canholi (2005), a definição de uma medida em drenagem urbana deve envolver obrigatoriamente um amplo estudo comparativo das possíveis soluções, envolvendo além dos aspectos economicamente quantificáveis os aspectos de ordem ambiental, político-institucional e operacional. Seguindo a visão do autor, os aspectos de confiabilidade, flexibilidade e funcionalidade de cada solução merecem uma atenção especial, sendo que:

A confiabilidade diz respeito ao desempenho esperado da solução proposta, com relação a possíveis falhas de operação e/ou manutenção, quando da sobrecarga das estruturas (vazões afluentes acima da adotada no projeto), resistência a fatores externos (vandalismo) e outros. Por outro lado, a flexibilidade refere-se à adaptabilidade, à possível necessidade de ampliação de capacidade ou mesmo de alteração em alguma característica fundamental do sistema de drenagem. A possibilidade de construção por etapas, ou ainda de ampliação da capacidade acompanhando a expansão urbana, é característica de flexibilidade que, em alguns casos, se torna significativa no processo de seleção de alternativas. A funcionalidade relaciona-se às facilidades que a solução apresenta, principalmente as relativas à construção, operação e manutenção (CANHOLI, 2005, p. 176).

Considerando-se o exposto acima, a análise deverá contemplar uma visão de conjunto dentro da bacia em que se vai atuar, buscando compreender sua dinâmica funcional e expansiva. A princípio, devem ser levantadas todas as informações possíveis no que tange a dinâmica natural dos cursos d'água e a estrutura física da bacia, buscando reunir e sistematizar todos os dados e informações básicas que servirão de subsídio para elaboração do projeto, sejam eles já existentes ou sejam elementos novos obtidos através de levantamentos de campo.

Ramos; Barros e Palos (1999) esclarecem que estas informações são os dados básicos para início de um projeto em drenagem urbana, devendo ser completadas pelos estudos sociais e econômicos. Sobre os estudos físicos, destacam que dois tipos de informações sobre precipitação são necessários para o planejamento de obras de reservatórios. A primeira refere-se às curvas ou equações que relacionam intensidade, duração e frequência de chuvas intensas, e a segunda refere-se aos pluviogramas ou outro tipo de informação de observação direta disponível no histórico de chuvas da região. Sempre que for possível é conveniente selecionar as principais tormentas observadas, em especial aquelas mais recentes que tenham causado problemas de inundação nas áreas que fazem parte do objeto de estudo.

Por semelhante modo, a distinção das condições atuais e futuras, envolvendo cálculos hidrológicos, estimativas de sólidos em suspensão e outras cargas, ajudarão aos tomadores de decisão a melhor compreender o impacto da urbanização e reforçarão a necessidade de recomendação de obras de reservação e outras medidas voltadas para o gerenciamento do escoamento superficial (Ramos, Barros e Palos, *op. cit.*).

De posse dos estudos hidrológico-hidráulicos, mais as caracterizações do uso e ocupação do solo, o próximo passo é identificar os locais que apresentem condições favoráveis à implantação dos reservatórios, sejam eles particulares ou pertencentes ao Poder Público. A preferência que se dá, é que os locais estejam localizados a montante e o mais próximo possível das áreas que se quer proteger. Dependendo das características do local, os reservatórios poderão ser projetados para operar por gravidade (preferencialmente) tanto para

o enchimento como para o esvaziamento, outra opção é por bombeamento ou construção de canais de derivação, sua localização responderá também pela sua classificação em linha ou paralelo. Contempladas estas etapas, o critério a seguir é o de averiguar as alternativas econômicas que apresentem melhor custo-benefício.

De um modo geral, os custos de um sistema de drenagem urbana podem ser descritos a partir de três vertentes: investimento, operação/manutenção e riscos. Os custos de investimento incluem os desembolsos necessários para os estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações e indenizações. Refere-se diretamente à implantação da obra. Os custos de operação e manutenção abarcam as despesas de mão-de-obra, equipamentos, combustíveis, execução de reparos, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante a vida útil da estrutura. Por fim, o custo de risco pode ser definido como um conceito que visa a comparação de soluções com diferentes graus de atendimento, no caso da drenagem urbana, refere-se aos valores correspondentes aos danos não evitados, podendo ser medido tanto pela estimativa dos danos como pelos custos de recuperação da área afetada. (Canholi, 2005).

Em uma conceituação geral, os custos podem ser classificados como diretos ou indiretos, conforme seu grau de relação com a obra. Os custos diretos envolvem as obras civis, os equipamentos mecânicos e elétricos, as desapropriações, operação, manutenção, ou seja, os custos que estão diretamente relacionados à obra. Sua quantificação pode ser feita de modo mais simples, indicando em um estudo pormenorizado o custo envolvido.

Já os custos indiretos, podem ser descritos como aqueles resultantes da execução da obra, tais como a interrupção do tráfego, os prejuízos ao comércio do entorno, os danos causados a jusante durante a construção da obra, ressaltando a escolha de alternativas com menores prazos de execução. Sua quantificação é mais complexa, mas o seu uso contribui na escolha da melhor solução.

De uma maneira preliminar, para conseguir aferir os custos diretos com a obra e seus equipamentos, pode-se utilizar as tabelas de custos unitários de obras e serviços especializados de engenharia, como a utilizada na cidade de São Paulo (quadro 04).

**Quadro 04** – Estimativas dos custos unitários médios de alguns itens referentes à drenagem urbana. São Paulo, 2006.

<b>Serviço</b>	<b>Unidade</b>	<b>Custo unitário (jul./2006)</b>
Escavação manual de córrego	M3	29,59
Escavação mecânica de córrego	M3	2,31
Escavação mecânica para fundações e valas com profundidade menor ou igual à 4,0 m	M3	4,57
Escoramento para galerias moldadas, utilizando perfis metálicos, sem reaproveitamento		
Profundidade < ou = 4 m, com boca de 3 à 5 m	M2	259,54
Profundidade < ou = 4 m, com boca de 5 à 8 m	M2	284,13
Profundidade > 4 m, < ou = 6 m, com boca de 3 à 5 m	M2	278,34
Profundidade > 4 m, < ou = 6m, com boca de 5 à 8 m	M2	304,07
Profundidade > 6 m, < ou = 8 m, com boca de 3 à 5 m	M2	606,25
Profundidade > 6 m, < ou = 8 m, com boca de 5 à 8 m	M2	716,00
Custo de escoramento, utilizando perfis metálicos perdidos, em caso de impossibilidade do reaproveitamento previsto nos itens 7.3.	M2	211,65
Cimbramento em galeria moldada	M3	23,99
Forma para galeria moldada	M2	21,03
Fornecimento e aplicação de concreto usinado fck = 28,0 mpa à 30,0 mpa	M3	198,00
Muro de arrimo de rachão com argamassa de cimento e areia 1:3	M3	202,12
Desassoreamento, limpeza e remoção de material de galeria moldada	M3	57,76
Fornecimento e colocação de gabião, tipo caixa, h = 1,00 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado, de fio 0 = 2,7 mm	M3	276,69
Fornecimento e colocação de gabião, tipo colchão reno, h = 0,23 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em pvc, de fio 0 = 2,0 mm	M2	64,31
Fornecimento e colocação de gabião, tipo colchão reno, h = 0,30 m, de malha 6 x 8 cm, galvanizado, revestido em pvc, de fio 0 = 2,0 mm	M2	71,60
Fornecimento e colocação de gabião, tipo saco, d = 0,65 m, de malha 8 x 10 cm, galvanizado, revestido em pvc, de fio 0 = 2,4 mm	M3	166,40
Esgotamento d'água com bomba submersa	Hpxh	0,64
Fornecimento e aplicação de manta geotêxtil bidim op-60 ou similar em junta de dilatação	M2	14,63
Remoção de terra além do primeiro km, até a distância média de ida e volta de 15,0 km	M3	12,40
Boca de lobo simples	Un	626,18
Boca de lobo dupla	Un	1.110,43
Dreno de brita	M3	46,74
Dreno de areia	M3	56,94

O uso da tabela de custos unitários pode ser importante para comparar as melhores alternativas de intervenção.

Outro ponto fundamental na escolha da melhor alternativa está relacionado aos benefícios oriundos de sua aplicação. Entretanto, como destaca Canholi (2005), a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de uma obra de drenagem urbana talvez seja a atividade mais complexa dentro do planejamento urbano. Segundo o autor, um dos enfoques mais adotados é a quantificação dos danos evitados relativos aos bens e propriedades, congestionamento no trânsito, prejuízos nos comércios e serviços entre outros. Também importantes, mas de difícil quantificação são os benefícios decorrentes da redução dos índices de doenças, mortes e melhorias nas condições de vida.

Assim, como colocado por Berezuschy (2001):

Quando os benefícios de um determinado projeto de reservatório ou sistema de drenagem, ou de obras em geral, excedem o valor de custo, pode-se considerá-la economicamente viável com grande probabilidade de se obter êxito. Esta filosofia é utilizada há muitos anos no mundo, ou seja, o valor máximo de (benefício – custo). Todas as alternativas de melhoria do sistema de drenagem deverão ser consideradas e aquela que apresentar a diferença máxima ou máxima proporção é a melhor. O resultado do procedimento de comparação determinado para a melhor alternativa é chamado de otimização (BEREZUSCHY, 2001, p. 5).

De posse destas variáveis, cabe ao responsável pela obra decidir qual a melhor alternativa para a execução dos reservatórios. Vale salientar que existem outras possibilidades de avaliação destes critérios, mas todas são direcionadas para indicar a melhor propositura de intervenção.

Este capítulo procurou demonstrar que a partir da nova visão ambiental, é possível conciliar drenagem urbana com a valorização das águas no meio ambiente urbano. Resgatar os rios e córregos do seu sepultamento de concreto trazendo-os a superfície perceptível da paisagem é hoje um dos maiores desafios a se conquistar. Em muitos países desenvolvidos tal conquista já caminha a passos largos nesta harmonização, contrário a outros, que ainda enxerga os seus corpos hídricos como condutores de esgoto e, alegando modernidade, enterra-os sob vias de circulação.

No próximo capítulo será apresentado um estudo de caso, onde é possível evidenciar como estão sendo encaminhadas as ações referentes ao manejo de águas pluviais com o seu enfoque multidisciplinar, abarcando as medidas estruturais e não-estruturais.



## **5 Reservatórios de detenção da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo: um estudo de caso**

De acordo com Gil (1994) o estudo de caso é caracterizado por estudo detalhado de um ou poucos objetos, cujo escopo é permitir um conhecimento amplo e detalhado do mesmo. Entretanto, cabe destacar que a unicidade do estudo não deve ser generalizada uma vez que, o objeto de estudo, pode apresentar subjetividades passíveis de serem intrínsecas ao seu meio. Mesmo assim, o estudo de caso pode estabelecer bases para uma investigação posterior, mais precisa e sistemática, norteando discussões mais amplas com um satisfatório grau de confiabilidade.

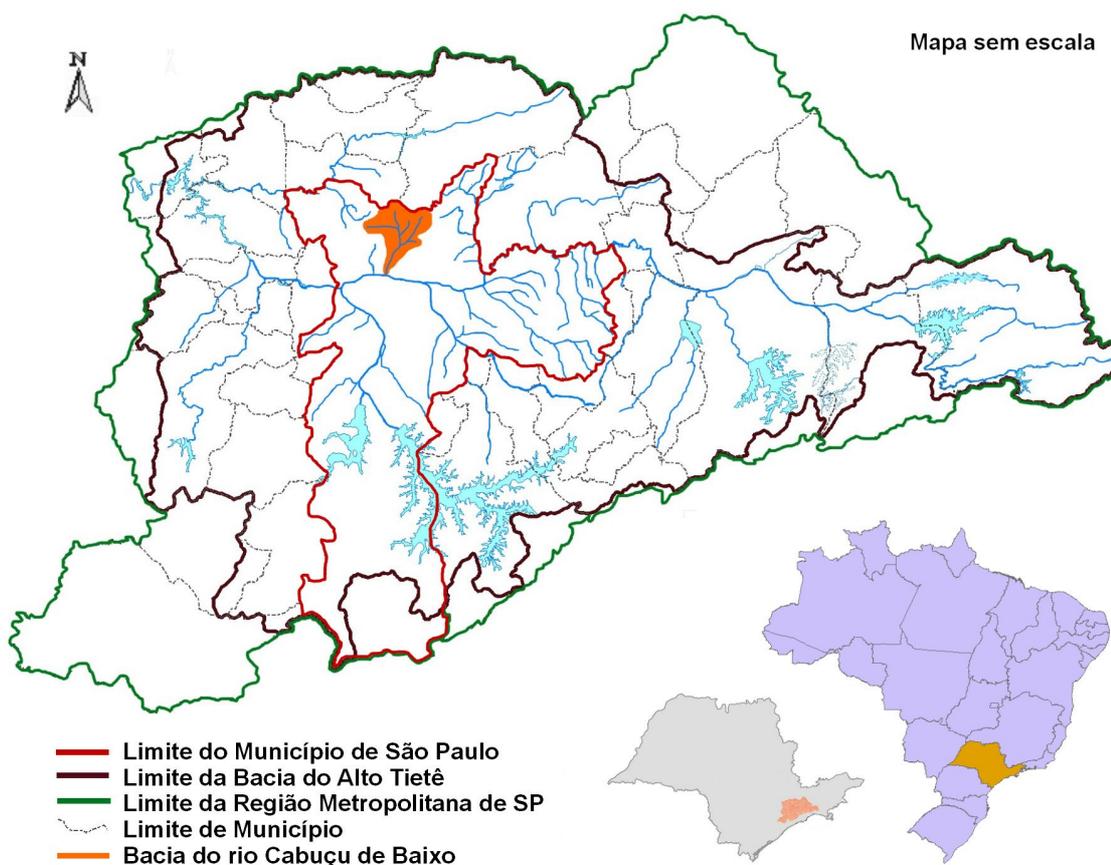
Assim, a opção por um estudo de caso far-se-á pela necessidade de demonstrar como estão sendo encaminhadas as políticas públicas referentes ao manejo de águas pluviais na Cidade de São Paulo. De posse da literatura existente e dos desdobramentos das ações frente a essa temática, a escolha por apresentar um estudo da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo direciona a um levantamento e questionamento no que tange a aplicabilidade do “novo” conceito ambiental no trato com as águas pluviais.

O estudo não tem como objetivo discutir exaustivamente a eficiência das ações que foram despendidas na bacia, mas fomentar uma discussão de como estas ações foram implementadas sob a égide ambiental da sustentabilidade e do resgate da valorização da água no meio urbano, discorrendo para isso a partir da aplicabilidade das chamadas medidas não-estruturais, sua implementação e gestão.

Entre outras eletivas, a escolha da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo foi feita pelo seu diversificado mosaico espacial, apresentando áreas naturais com remanescentes de Mata Atlântica e áreas densamente ocupadas e impermeabilizadas, configurando-se como uma Bacia que apresenta características e problemas comuns à maioria das bacias hidrográficas, embora com especificidades interessantes ao manejo sustentável de águas pluviais uma vez que, a montante, suas cabeceiras ainda encontram-se preservadas, premissa fundamental para o amortecimento das águas precipitadas.

## 5.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo está inserida na Bacia hidrográfica do Alto Tietê, sendo um contribuinte direto do principal escoadouro da cidade, o Rio Tietê (fig. 38).



**Figura 38** – Localização da Bacia do Cabuçu de Baixo e a Bacia do Alto Tietê. EPUSP, 2005.

O Córrego Cabuçu de Baixo é um afluente da margem direita do Rio Tietê, com suas nascentes junto à Serra da Cantareira<sup>15</sup>, localiza-se na região noroeste da cidade de São Paulo, seus formadores principais são: Córrego do Bananal, correndo na direção oeste-leste, o Córrego Itaguaçu, em direção norte-sul, e os córregos Bispo e Guaraú, em direção leste-oeste.

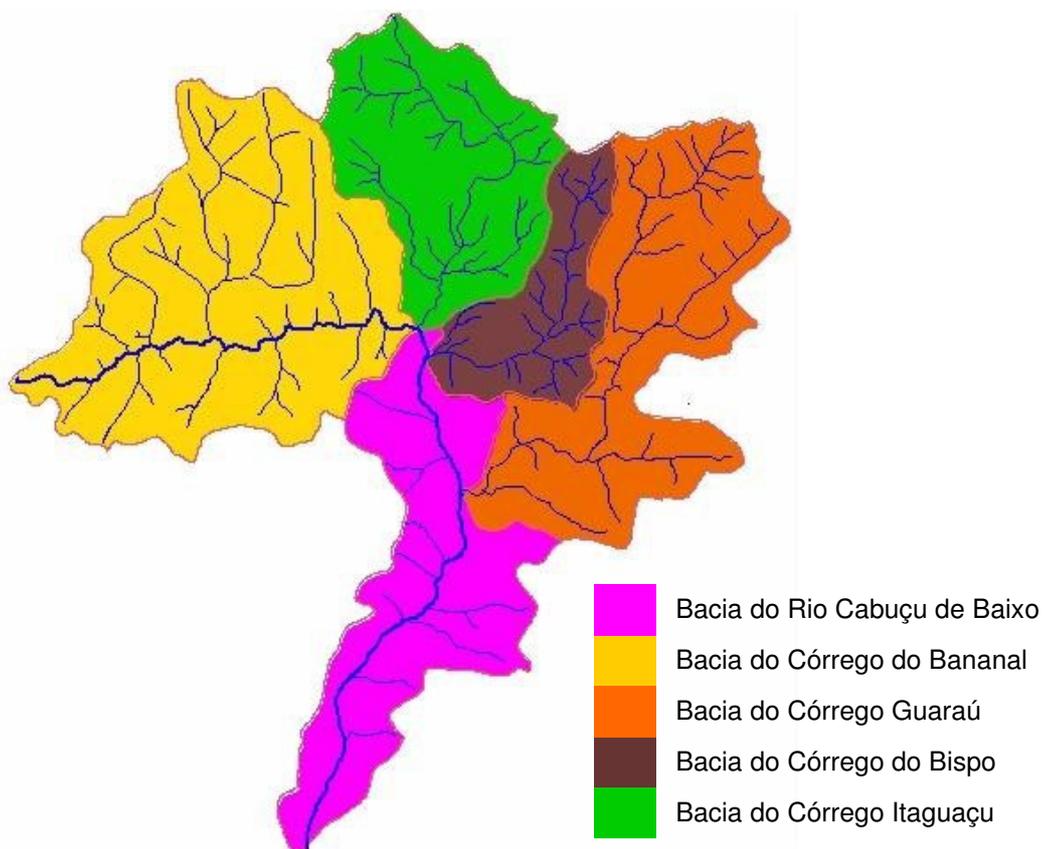
<sup>15</sup> Destaca-se que a Bacia, em sua jurisdição, contempla duas áreas de matas protegidas por Lei, sendo elas: a Reserva Estadual da Cantareira – Decreto 41.626, de 1963 e o Parque Estadual da Capital – Decreto 35.544, de 1992, somando cerca de 20 km<sup>2</sup> de áreas de florestas, correspondendo, praticamente, a metade da bacia.

Sua área de drenagem corresponde à cerca de 42 km<sup>2</sup>, com declividade variando entre 1,1% e 2,8%. Sua média anual de precipitação é igual a 1.620 mm. Atualmente o Córrego Cabuçu de Baixo encontra-se canalizado em praticamente toda sua extensão, sob a avenida Inajar de Souza, desde sua foz no rio Tietê até a confluência do Córrego Itaguaçu, em um total de 7 Km (Canholi, 2005; EPUSP, 2005).

A rede hidrográfica da Bacia do Cabuçu de Baixo soma em média 110 km de rios. Entre seus principais formadores podemos destacar como características:

- O córrego Bananal apresenta uma densa urbanização em sua margem direita, acarretando grandes problemas de inundação, fator que vem se agravando com a consolidação da urbanização em sua margem esquerda.
- O córrego Itaguaçu situado em grande parte em área preservada, não apresenta ocupação, o restante pertence a uma empresa do ramo imobiliário cuja pretensão é implantar em suas dependências um conjunto de moradias de médio e alto padrão.
- O córrego do Bispo ainda encontra-se em leito natural (não canalizado) apresentando duas faces: a margem direita que se encontra a maior parte na Reserva da Cantareira preserva suas características naturais, já a margem esquerda, encontra-se ocupada, em grande parte, por habitações consideradas subnormais.
- No córrego Guaraú a montante foi implantada a Estação de Tratamento de Água Guaraú da SABESP, que conta com uma barragem que permite a regulação das vazões de cheia. Suas margens em diversos pontos são ocupadas por edificações irregulares, avenidas de fundo de vale e, eventualmente, em algumas áreas ainda apresenta vegetação natural. Junto à sua foz, o córrego encontra-se canalizado numa extensão de 680 m.

De acordo com estudo realizado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e o FCTH<sup>16</sup>, a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo é composta por cinco sub-bacias, a saber: Córrego Bananal, Córrego Itaguaçu, Córrego Guaraú, Córrego do Bispo e Rio Cabuçu de Baixo (fig. 39). O quadro 05 apresenta as principais características físicas das sub-bacias.



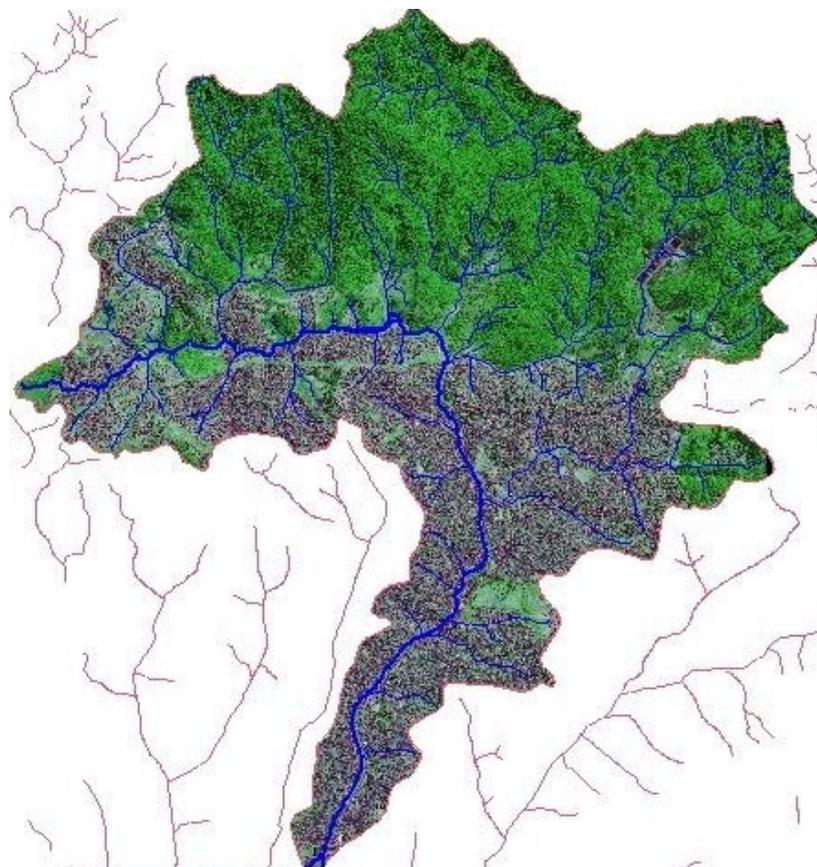
**Figura 39** – Sub-Bacias do Córrego Cabuçu de Baixo. Barros, 2004.

**Quadro 05** – Características físicas das sub-bacias. EPUSP, 2005.

Sub-bacia	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Declividade média do talvegue (m/m)	Comprimento do curso principal (km)	Perímetro (km)	Tempo de concentração (horas)
Bananal	13,61	0,0330	6,5	17,5	1,6
Itaguaçu	7,11	0,0376	6,5	11,5	1,2
Bispo	3,70	0,0371	8,3	10,1	0,8
Guaraú	9,67	0,0267	8,0	19,4	1,8
Cabuçu de Baixo	8,36	0,0017	7,5	19,9	1,0

<sup>16</sup> Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - Gerenciamento Integrado de Bacias Hidrográficas em Áreas Urbanas. Projeto: 02 - CIAMB - 01/97 - 03/01-2 - PADCT III – CNPQ.

Levando-se em consideração as características de ocupação, a Bacia do Cabuçu pode ser dividida em três grandes áreas: áreas totalmente urbanizadas; áreas em processo de urbanização e áreas em mata nativa (fig. 40).



**Figura 40** – Mancha de ocupação da Bacia do Cabuçu de Baixo. Barros, 2004.

A área totalmente urbanizada abrange a parte à jusante da bacia até o trecho médio-superior, na área que vai da sua foz até a margem do córrego do Bispo e a margem direita do córrego do Bananal. A ocupação urbana nessa região está completamente consolidada. As casas são construídas em alvenaria, os serviços públicos essenciais como luz, água, telefone e esgoto já foram instalados e a malha viária está quase totalmente asfaltada.

No que se refere à área em urbanização, destaca-se as regiões localizadas a montante dos córregos do Bananal e Canivete, Jardim Vista Alegre e uma parte do empreendimento imobiliário localizado na bacia Itaguaçu, além da margem esquerda do córrego do Bispo e o trecho médio e de montante do Córrego do Guaraú. Nessa região as construções são precárias, na maioria das vezes construídas em madeira ou com blocos sem reboco, e contam com poucos serviços públicos.

Por fim, a área em mata nativa é contemplada em uma parcela da bacia junto às encostas da Serra da Cantareira. Essa área ainda está em estado natural pelo fato de contar com uma topografia bastante desfavorável às construções. Grande parte desta área preservada está no loteamento de alto padrão cuja propaganda a utiliza como marketing de venda (fig. 41).

**Canto das Águas**

**Um paraíso dentro de São Paulo para você**

**RESIDÊNCIAS EM CONDOMÍNIO FECHADO, COM TOTAL SEGURANÇA E PRIVACIDADE**

Um condomínio de 37 casas localizado a 10 minutos da Marginal Tietê, dentro do "Loteamento Parque Itaguaçu da Cantareira" ao final da Av. Inajar de Souza, propiciando DUPLA SEGURANÇA.

Terrenos com áreas que variam de 117 m<sup>2</sup> à 185 m<sup>2</sup>, com residências contendo 03 dormitórios (01 suite), sala para dois ambientes, com duas vagas na garagem. Tudo com financiamento direto com a construtora. Você poderá ser proprietário de uma residência que conta com:

- circuito interno individual com interfone e câmeras;
- portaria 24 horas;
- playground;
- infra-estrutura completa.

E o melhor de tudo:

- Tranquilidade, desfrutada numa área de lazer natural, enriquecida com espécies nativas da região e preservadas pelo meio ambiente. Um paraíso dentro de um bairro com 128.000 m<sup>2</sup> de área verde para você e sua família viverem em perfeita harmonia com a natureza.
- Uma extensão de área verde para manter o convívio familiar com liberdade e privacidade;
- Um projeto urbano integrado á natureza, desenvolvido em parceria pela Maubertec e Trihex, contando com uma completa infra-estrutura bem planejada, envolvendo toda a região de acesso;
- Uma crescente valorização do seu imóvel.

**Figura 41** – Propaganda do loteamento na Bacia do Itaguaçu.

A forma como a sociedade se organiza, seja de maneira planejada ou não, reflete diretamente no estabelecimento de formas de ocupação, direcionando a diferentes tipologias de assentamentos e aglomerações. Sendo assim, cabe tecer algumas considerações acerca do processo histórico da bacia enquanto substrato de ocupação.

A História de ocupação da Bacia do Cabuçu de Baixo data de 1580 onde, através dos bandeirantes foi fundado o Distrito da Freguesia do Ó – hoje bairro de classe média da cidade, localizado a jusante da bacia. Serviu de retiro campestre para figuras importantes do Império e, depois na República, foi produtor de cana-de-açúcar.

Segundo o jornalista Célio Pires<sup>17</sup>, a Freguesia do Ó permaneceu isolada do crescimento de São Paulo até a década de 1930. Só a partir de então é que passou a ganhar estrutura urbana e se expandir. Até 1920 era muito utilizado pelos moradores o transporte fluvial, através do Rio Cabuçu e Tietê. Posterior a primeira década de 1920, após ganhar impulso com a urbanização da cidade e com a chegada de imigrantes, novos loteamentos foram empreendidos no vetor norte da bacia, ocupando cada vez mais áreas verdes da Serra da Cantareira.

Entre os novos loteamentos abertos, em 1947 foi loteado um antigo sítio, pertencente a Brasília Simões e vendido à Empresa Brasilândia de Terrenos e Construções, que mais tarde tornar-se-ia o Bairro Brasilândia (fig. 42), conhecido como “primo pobre da Freguesia”, um dos maiores bairros da Bacia do Cabuçu de Baixo.



**Figura 42** – Fundação do Bairro da Brasilândia. Pires, 2006.

Nesse bairro, conforme descreve Célio Pires:

Os primeiros moradores do loteamento vieram principalmente das moradias populares e cortiços existentes no Centro e que foram demolidos para dar lugar às avenidas São João, Duque de Caxias, Ipiranga, durante gestão do prefeito Prestes Maia (1938-1945). Começava assim a história de um bairro marcado pela

---

<sup>17</sup> Jornal Freguesia News. Origem da região – Freguesia do Ó. Disponível em: <http://www.portaisassociados.com.br/portal/origemb.asp>. Acessado em 21 de setembro de 2006.

exclusão e abandono. Também veio para a Brasilândia toda a leva de migrantes que chegara a S. Paulo na época, assim como imigrantes portugueses e italianos, além de interioranos de S. Paulo, de Jaú, Pederneiras e Bariri - todos atraídos pelo novo loteamento que oferecia a quem comprasse um terreno, parte dos tijolos e telhas para dar início a sua moradia (PIRES, 2006, *mimeo*).

Posteriores a esse loteamento vieram outros e o bairro cresceu por sobre seus morros e fundos de vale. Na década de 1960 surgiram novos bairros como vila Santa Teresinha, os Jardins Carumbé, Damasceno, Vista Alegre, Princesa, Guarani, entre outros, em grande parte irregulares, destinados a famílias de baixa renda. Muitas ocupações se deram em terrenos íngremes, nas margens dos córregos e principalmente em áreas verde da Serra da Cantareira.

Esse retrato sem retoques da configuração espacial da bacia direciona a uma preocupante situação no que tange as águas pluviais, uma vez que, a ocupação predatória sobre os corpos hídricos e áreas de amortecimento natural acabam amplificando as cheias e, conseqüentemente, o problema das enchentes ribeirinhas e urbanas.

Mesmo que de forma sumária, a apresentação do processo histórico de ocupação da bacia nos remete a uma tipologia diferenciada do uso e ocupação do solo detalhada a seguir.

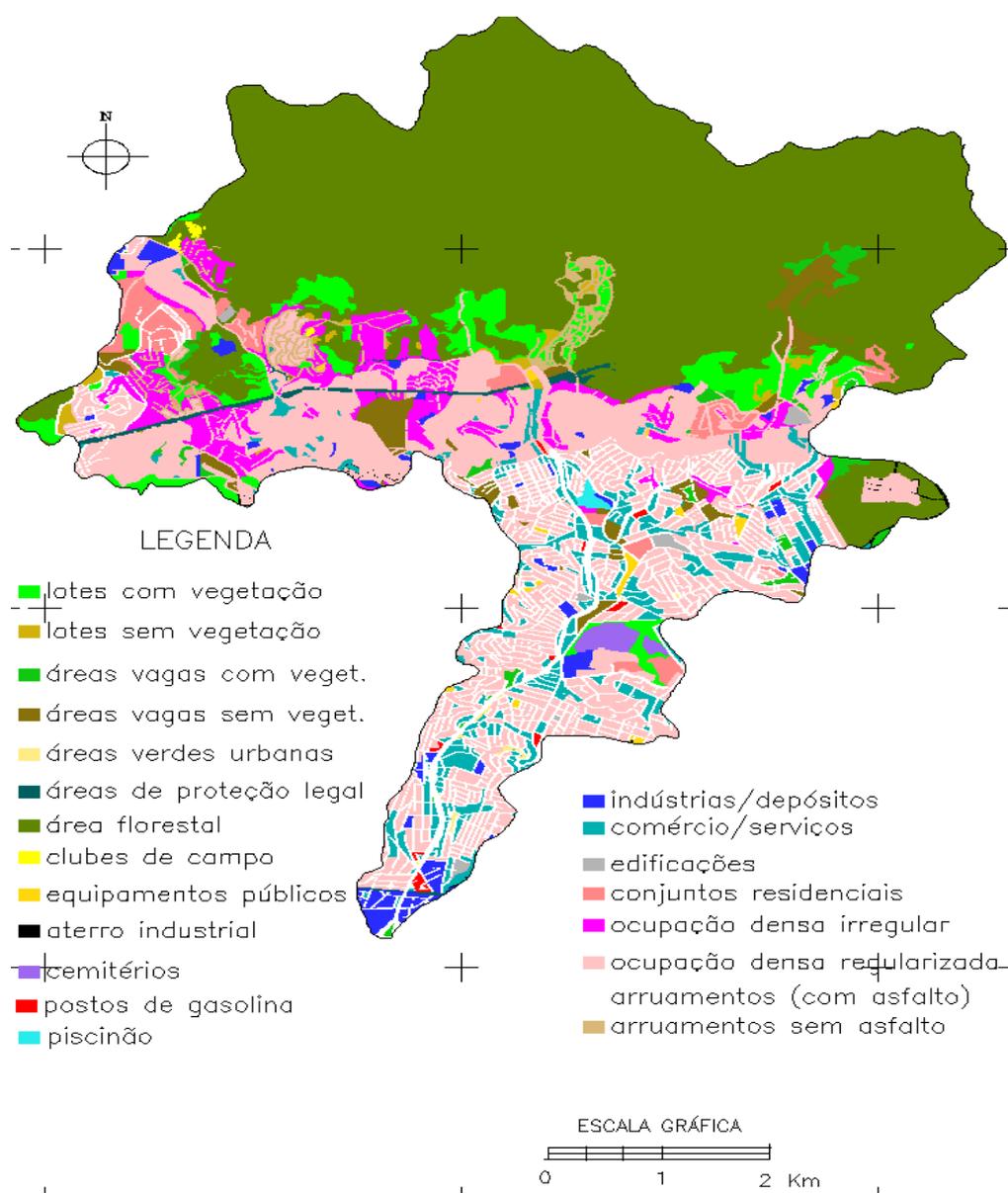
#### 5.1.1 Uso e ocupação do solo

Grande parte dos habitantes da Bacia do Cabuçu de Baixo, ocupa áreas residenciais criadas irregularmente, sem levar em consideração a legislação urbanística, e na maioria dos casos, sem o auxílio de técnicos habilitados. Em virtude da precária situação econômica e da severa rigidez das regras legais existentes, a ocupação irregular se faz à regra e não como exceção.

As pessoas de baixa renda ou sem renda, ao procurarem um espaço para morar, escolhem locais que correspondam à sua capacidade financeira. Na bacia, o recurso encontrado por essas famílias consiste na invasão de terrenos

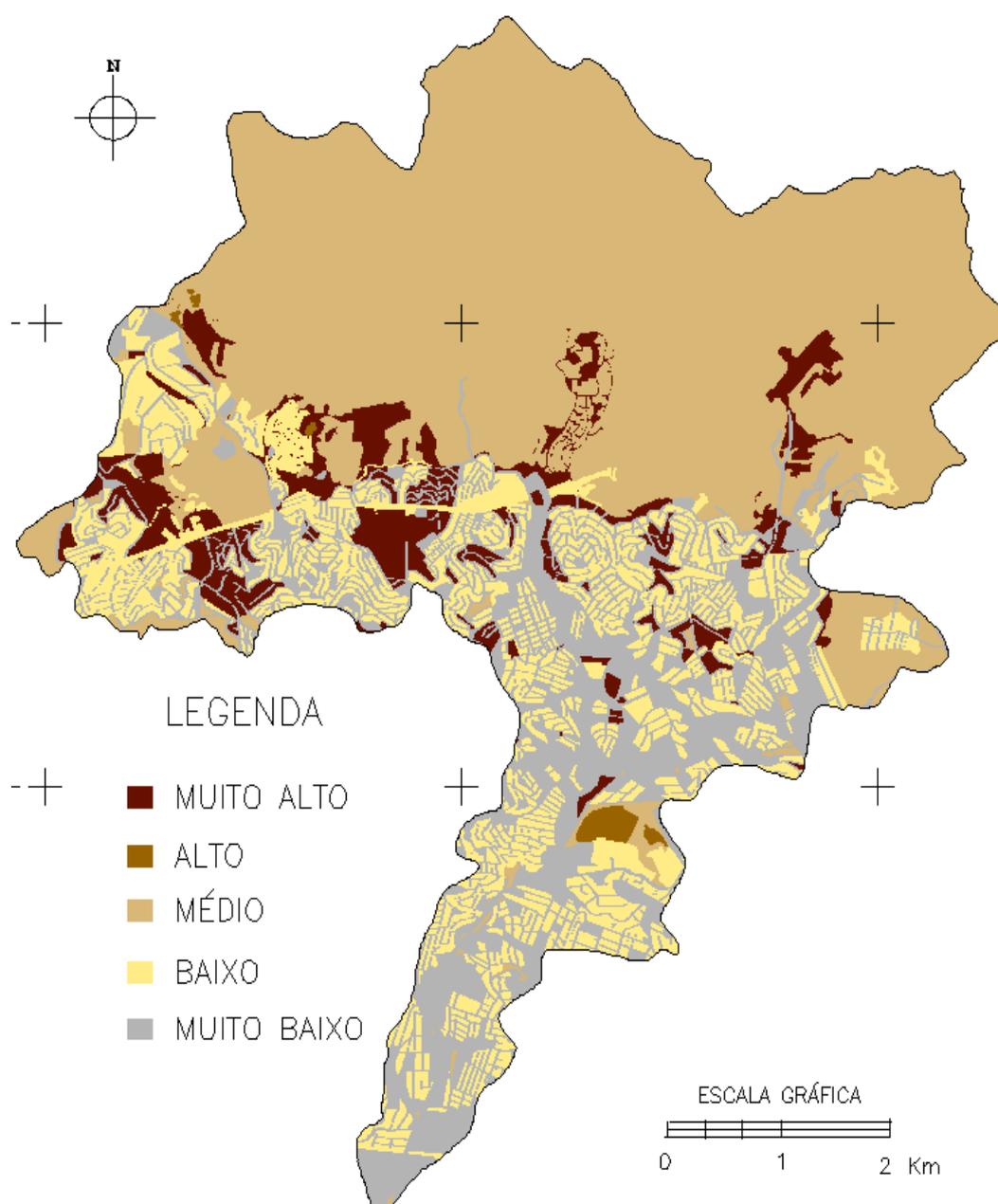
desocupados, na ocupação de fundos de vale e de loteamentos irregulares, utilizando padrão de moradia típico de favelas - habitações sub-normais (EPUSP, 2005).

As sub-bacias Bananal, Bispo e Guaraú são as que apresentam as maiores áreas irregulares com um grande número de favelas e ocupações com algumas irregularidades urbanísticas, jurídicas e /ou ambiental. A sub-bacia Itaguaçu é praticamente natural em contraposição a sub-bacia do Cabuçu de Baixo que está totalmente urbanizada com uma ocupação extremamente densa, com um nível de impermeabilização de solo igual a 100%. De acordo com a figura 43 é possível visualizar o uso e ocupação do solo da bacia.



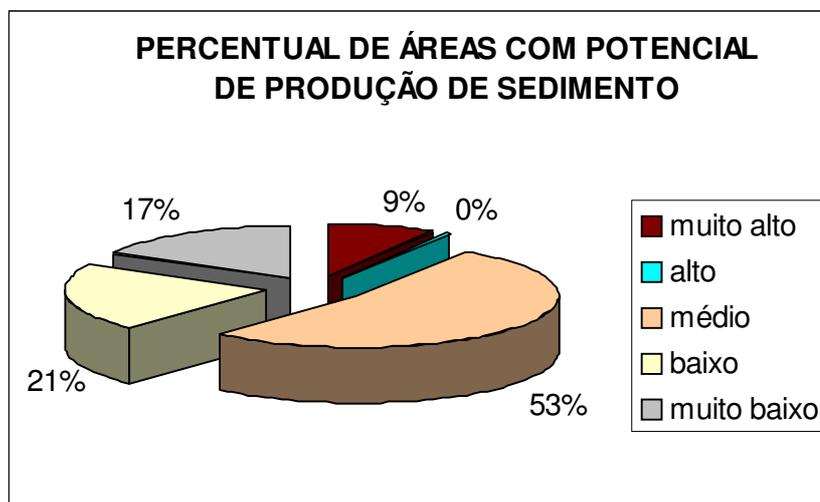
**Figura 43** – Uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo. EPUSP, 2005.

Seguindo a análise feita pela Escola Politécnica da USP para a Bacia, no que tange a produção de sedimentos pelo uso e ocupação do solo, é possível evidenciar um aumento nos problemas de assoreamento nas estruturas de micro e macrodrenagem tanto na sub-bacia em questão quanto no rio Tietê. Nesse sentido, foi elaborado um mapa (fig. 44), com o objetivo de estimar as áreas com maiores potenciais para “exportar” os sedimentos e conseqüentemente agravar o problema das inundações.



**Figura 44** – Distribuição das áreas em função de seu potencial de produção de sedimentos. EPUSP, 2005.

A área ocupada por cada classe de potencial de produção de sedimento na bacia pode ser observada na figura 45.



**Figura 45** – Gráfico de distribuição percentual das áreas com potencial de produção de sedimento. EPUSP, 2005.

Conforme exposto acima, as classes Baixo e Muito Baixo, correspondem respectivamente a 21% e 17% da área total da bacia, sendo a segunda e terceira classes com maiores áreas. Embora, como destacado pelo estudo essas áreas, encontram-se estabilizadas quanto às suas formas de uso e cobertura da terra (fig. 46).



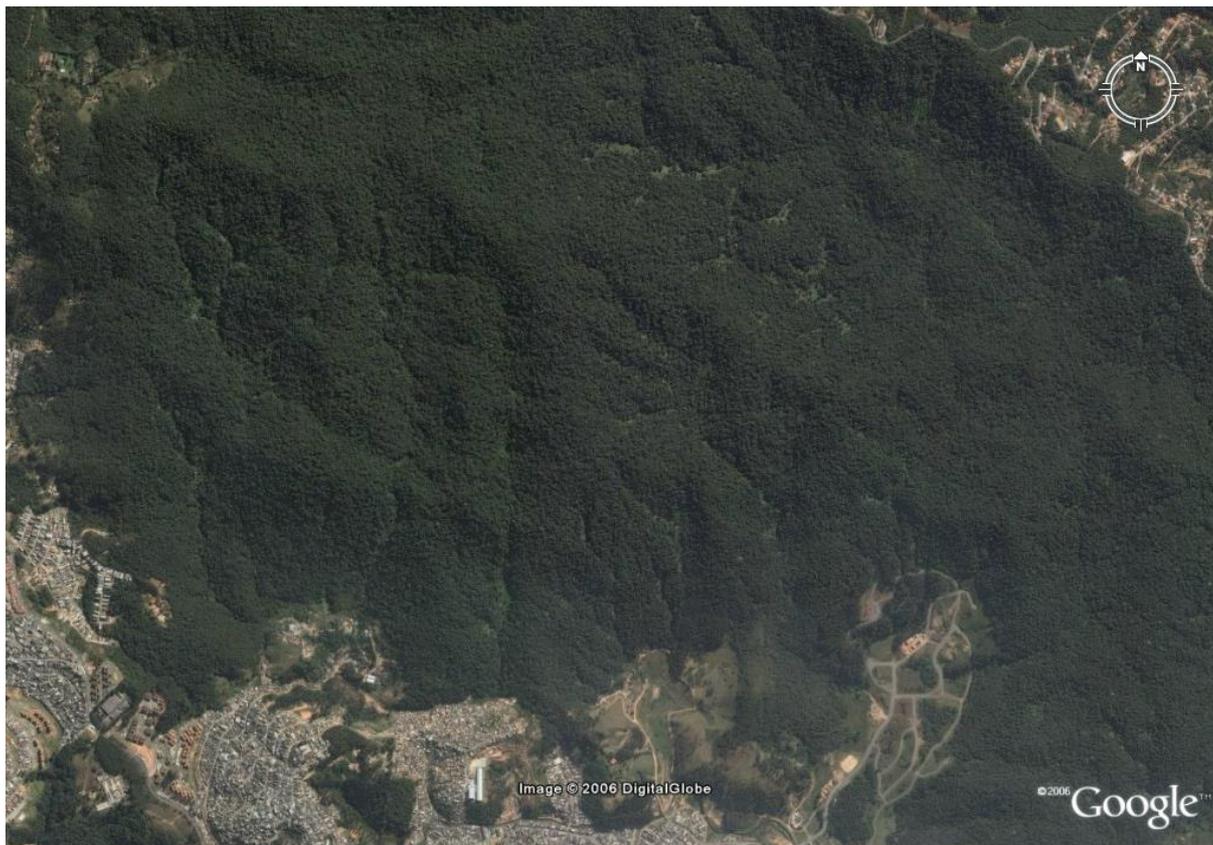
**Figura 46** – Tipologia de ocupação da Bacia do Cabuçu de Baixo a jusante com baixo ou muito baixo potencial de produção de sedimentos. Google Earth.

As classes alto e, principalmente, muito alto encontram-se em bairros novos e /ou ainda em expansão territorial. Ademais, a maior parte das áreas incluídas na classe muito alto encontra-se em bairros não-regularizados. Isso, por sua vez, significa que além de não possuírem coletas regulares de lixo e nem redes de coleta de esgotos, esses bairros são, portanto, desprovidos de sistemas de microdrenagem, caixas de coleta de sedimentos e vias asfaltadas e, ainda, elevado índice de obras civis contribuindo com importantes cargas de sedimento para os córregos (fig. 47).



**Figura 47** – Áreas com muito alto potencial de produção de sedimentos – Bacia do Bananal. EPUSP, 2005.

A classe com médio potencial para exportar sedimentos exige uma análise mais acurada, posto que, corresponde essencialmente a áreas florestais públicas e áreas particulares contíguas, as quais representam o único vetor com potencial de crescimento urbano (fig. 48). Dada a disposição de ocupação na bacia através de invasões e abertura clandestina de novos bairros, o controle e fiscalização da ocupação dessas áreas devem ocorrer de maneira criteriosa e ostensiva de modo a coibir esse tipo de expansão territorial predatória.



**Figura 48** – Área com médio potencial de sedimentos. Google Earth, 2006.

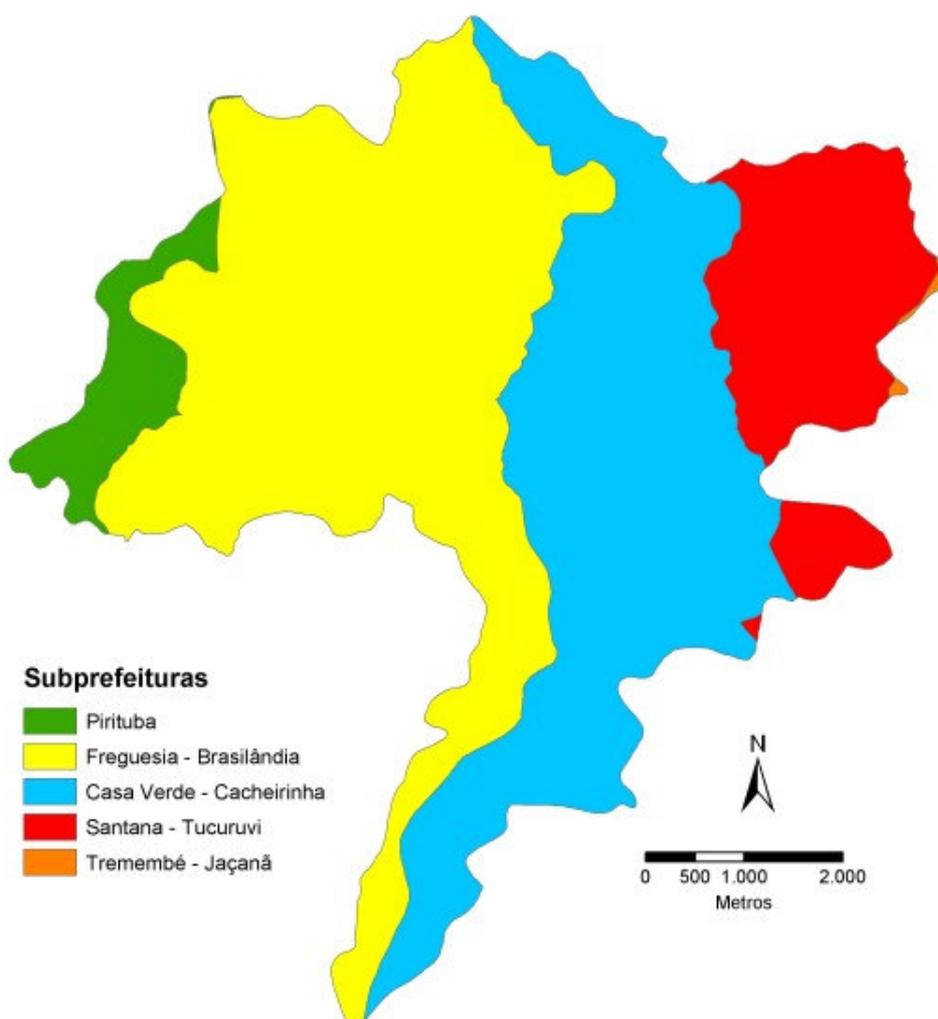
Com relação às áreas privadas existentes no entorno das áreas florestais têm sido expressiva sua taxa de ocupação representando em sua maioria, às classes medidas como tendo muito alto o potencial de produção de sedimento, possuindo claramente a tendência de ser ampliada.

As ocupações além de agravarem as inundações na bacia devido ao aumento da impermeabilização do solo resultam também na contribuição de sedimentos para os córregos devido ao intenso processo de erosão, assim como em decorrência do aporte de sedimentos gerados nas obras civis. Justificam-se também as péssimas condições sanitárias na região, principalmente junto às favelas erguidas nas margens dos córregos (EPUSP, 2005).

Conforme salientado anteriormente, o resultado das tipologias de ocupação é reação direta da organização da sociedade. Nesse sentido, a seguir são apresentadas algumas características socioeconômicas responsáveis pelo arcabouço organizacional da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.

### 5.1.2 Aspectos sociais e econômicos

A Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo está inserida na região noroeste da cidade de São Paulo e, de acordo com a divisão administrativa adotada pela Prefeitura do Município<sup>18</sup>, está dividida em cinco subprefeituras, sendo elas: Pirituba; Freguesia do Ó / Brasilândia; Casa Verde / Cachoeirinha; Santana / Tucuruvi e Tremembé / Jaçanã, conforme ilustra a figura 49. As subprefeituras que contemplam a maior parte da bacia são Freguesia do Ó / Brasilândia e Casa Verde / Cachoeirinha que, juntas, abrangem pouco mais de 80%.



**Figura 49** – Subprefeituras na Bacia do Cabuçu de Baixo. EPUSP, 2005.

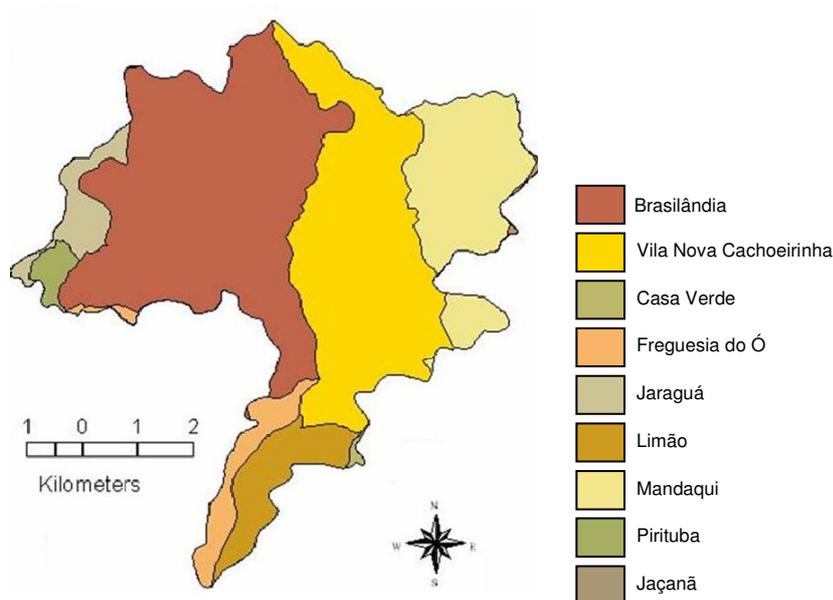
<sup>18</sup> As subprefeituras foram implantadas pela lei n.º 13.399, de 1.º de agosto de 2002 (Projeto de Lei n.º 546/01, do Executivo). Foram estabelecidas para a cidade de São Paulo 31 divisões em subprefeituras.

O quadro 06 demonstra as subprefeituras e suas respectivas áreas na Bacia do Cabuçu de Baixo.

**Quadro 06** – Áreas das subprefeituras na bacia do rio Cabuçu de Baixo. EPUSP, 2005.

SUBPREFEITURA	ÁREA (km <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Tremembé – Jaçanã	0,08	0,2
Casa Verde – Cachoeirinha	15,02	35,4
Freguesia do Ó – Brasilândia	19,17	45,1
Pirituba	2,12	5,0
Santana – Tucuruvi	6,08	14,3
<b>TOTAL:</b>	<b>42,47</b>	<b>100</b>

Dos distritos de cada subprefeitura, nove estão inseridos na área da bacia, sendo eles: Brasilândia, Vila Nova Cachoeirinha, Casa Verde, Freguesia do Ó, Jaraguá, Limão, Mandaqui, Pirituba e Tremembé, como mostra a Figura 50 (EPUSP, 2005).



**Figura 50** – Distritos na bacia do rio Cabuçu de Baixo. EPUSP, 2005.

Entre outras atribuições as subprefeituras são responsáveis pela: manutenção e fiscalização do uso e ocupação do solo, articulação e coordenação de projetos nas áreas sociais, planejamento, gestão e implantação das políticas públicas para a região fixada pela prefeitura. Embora essa descentralização possa contribuir para uma melhor administração local, pode dificultar as ações integradas na região, principalmente para ações sobre a bacia e a preservação da

área de proteção ambiental, pois cada subprefeitura tem relativa autonomia sobre os investimentos municipais em sua área de atuação.

A Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo é composta por diferentes “realidades” sociais e econômicas, visto que, contempla desde áreas com todos os equipamentos urbanos essenciais instalados e outras com precária ou nenhuma infra-estrutura. De acordo com os dados do Censo do IBGE de 2000, a Bacia do Cabuçu de Baixo possui 85,80% de sua população residente em setores considerados normais e 14,20% em áreas denominadas subnormais (quadro 07).

**Quadro 07** – Distribuição da população segundo as sub-bacias e setorização (normal e sub-normal). EPUSP, 2005.

População Residente	Total	SETOR NORMAL						SETOR SUBNORMAL					
		Geral		Homens		Mulheres (%)		Geral		Homens		Mulheres (%)	
		Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Guaraú	76853	57618	74,97%	27609	47,92%	30009	52,08%	19235	25,03%	9418	48,96%	9817	51,04%
Cabuçu de Baixo	137007	126282	92,17%	60313	47,76%	65969	52,24%	10725	7,83%	5286	49,29%	5439	50,71%
Itaguçu	13	13	100,00%	9	69,23%	4	30,77%	0	-	0	-	0	-
Bananal	137885	119997	87,03%	58453	48,71%	61544	51,29%	17888	12,97%	8860	49,53%	9028	50,47%
Bispo	25515	20037	78,53%	9707	48,45%	10330	51,55%	5478	21,47%	2722	49,69%	2756	50,31%
<b>Total</b>	<b>377273</b>	<b>323688</b>	<b>85,80%</b>	<b>155967</b>	<b>48,18%</b>	<b>167721</b>	<b>51,82%</b>	<b>53585</b>	<b>14,20%</b>	<b>26412</b>	<b>49,29%</b>	<b>27173</b>	<b>50,71%</b>
Responsáveis Domicílios	Total	SETOR NORMAL						SETOR SUBNORMAL					
		Geral		Homens		Mulheres (%)		Geral		Homens		Mulheres (%)	
		Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Guaraú	21227	16378	77,16%	11936	72,88%	4442	27,12%	4849	22,84%	3307	68,20%	1542	31,80%
Cabuçu de Baixo	38064	35374	92,93%	24873	70,31%	10501	29,69%	2690	7,07%	1975	73,42%	715	26,58%
Itaguçu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bananal	36285	31726	87,44%	23403	73,77%	8323	26,23%	4559	12,56%	3340	73,26%	1219	26,74%
Bispo	6800	5419	79,69%	3807	70,25%	1612	29,75%	1381	20,31%	949	68,72%	432	31,28%
<b>Total</b>	<b>102376</b>	<b>88897</b>	<b>86,83%</b>	<b>64019</b>	<b>72,01%</b>	<b>24878</b>	<b>27,99%</b>	<b>13479</b>	<b>13,17%</b>	<b>9571</b>	<b>71,01%</b>	<b>3908</b>	<b>28,99%</b>

Censo IBGE 2000

Dentro do setor subnormal, destaca-se que, em termos absolutos e maior concentração, as sub-bacias do Guaraú (19.235 habitantes) e do Bananal (17.888 habitantes), são as que possuem maiores irregularidades, apresentando respectivamente 12,97% e 25,03% (EPUSP, 2005).

De acordo com Barros (2004), a participação de homens e mulheres é praticamente a mesma. Entretanto, ao se considerar a questão dos responsáveis pelos domicílios a participação masculina é superior a feminina, tanto entre os setores normais quanto nos subnormais, a menos dentre aqueles que ganham até um salário mínimo (quadro 08).

**Quadro 08** – Dados dos responsáveis pelos domicílios. EPUSP, 2005.

Responsáveis Domicílios	TOTAL	SETOR NORMAL						SETOR SUBNORMAL					
		Geral		Homens		Mulheres (%)		Geral		Homens		Mulheres	
		Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
<b>Alfabetizados</b>	93480	82223	87,96%	60270	73,30%	21953	26,70%	11257	12,04%	8196	72,81%	3061	27,19%
10 a 19 anos	823	643	78,13%					180	21,87%				
20 a 49 anos	67961	58653	86,30%					9308	13,70%				
50 a 69 anos	20724	19123	92,27%					1601	7,73%				
70 anos ou mais	3972	3804	95,77%					168	4,23%				
<b>Não Alfabetizados</b>	8896	6674	75,02%	3749	56,17%	2925	43,83%	2222	24,98%	1375	61,88%	847	38,12%
10 a 19 anos	25	21	84,00%					4	16,00%				
20 a 49 anos	3869	2603	67,28%					1266	32,72%				
50 a 69 anos	3464	2674	77,19%					790	22,81%				
70 anos ou mais	1538	1376	89,47%					162	10,53%				
<b>Curso Mais Elevado</b>													
alfabetização de adultos	639	514	80,44%					125	19,56%				
antigo primário	26745	23393	87,47%					3352	12,53%				
antigo ginásio	5325	4892	91,87%					433	8,13%				
antigo clássico, científico etc.	547	518	94,70%					29	5,30%				
primeiro grau	34595	28690	82,93%					5905	17,07%				
segundo grau	18882	17691	93,69%					1191	6,31%				
superior	6612	6397	96,75%					215	3,25%				
mestrado ou doutorado	135	128	94,81%					7	5,19%				
<b>Anos de Estudo</b>													
0 a 5 anos	53926	44614	82,73%	30446	68,24%	14168	31,76%	9312	17,27%	6430	69,05%	2882	30,95%
6 a 11 anos	41722	37761	90,51%	28573	75,67%	9188	24,33%	3961	9,49%	2978	75,18%	983	24,82%
12 anos ou mais	6728	6504	96,67%	4995	76,80%	1509	23,20%	224	3,33%	168	75,00%	56	25,00%
<b>Rendimentos</b>													
até 1 SM	8656	7252	83,78%	3121	43,04%	4131	56,96%	1404	16,22%	664	47,29%	740	52,71%
1 a 5 SM	52399	44420	84,77%	31462	70,83%	12958	29,17%	7979	15,23%	5975	74,88%	2004	25,12%
5 a 15 SM	23016	21875	95,04%	18295	83,63%	3580	16,37%	1141	4,96%	1015	88,96%	126	11,04%
mais do que 15 SM	3943	3883	98,48%	3436	88,49%	447	11,51%	60	1,52%	53	88,33%	7	11,67%
sem rendimento	14362	11461	79,80%	7706	67,24%	3755	32,76%	2901	20,20%	1863	64,22%	1038	35,78%

Censo IBGE 2000

Na bacia, a maioria dos responsáveis alfabetizados (91%), enquadra-se na faixa etária dos 20 aos 49 anos, no entanto a maioria completou somente o primeiro grau considerando o antigo primário e o primeiro grau, efetivamente (Barros, 2004). Poucos responsáveis possuem nível superior e, nas áreas subnormais, a maioria (69%) estudou no máximo durante cinco anos, demonstrando um baixo nível de formação, resultando até mesmo no desconhecimento da ocupação irregular e no risco de ocupar locais com fragilidade ambiental.

Com relação aos dados dos domicílios bem como a disposição da infra-estrutura, no quadro 09, pode-se observar que, em grande parte, a bacia dispõe de abastecimento de água por meio da rede geral onde cerca de 99% dos domicílios é abastecido, atendendo em torno de 341.099 habitantes. Para os setores normais, isto também se aplica ao esgotamento sanitário, cerca de 90% dos domicílios é atendido por rede coletora. Embora, vale ressaltar que, para os setores subnormais, o índice de atendimento da rede de esgoto é de apenas 51%, salientando que grande parte (34%) lança seu esgoto *in natura* diretamente

nos rios e córregos da região, fato esse agravado com os 2,39% domicílios (setor subnormal) que lançam seus resíduos sólidos nos corpos hídricos (Barros, 2005).

**Quadro 09** – Dados dos domicílios. Barros, 2004.

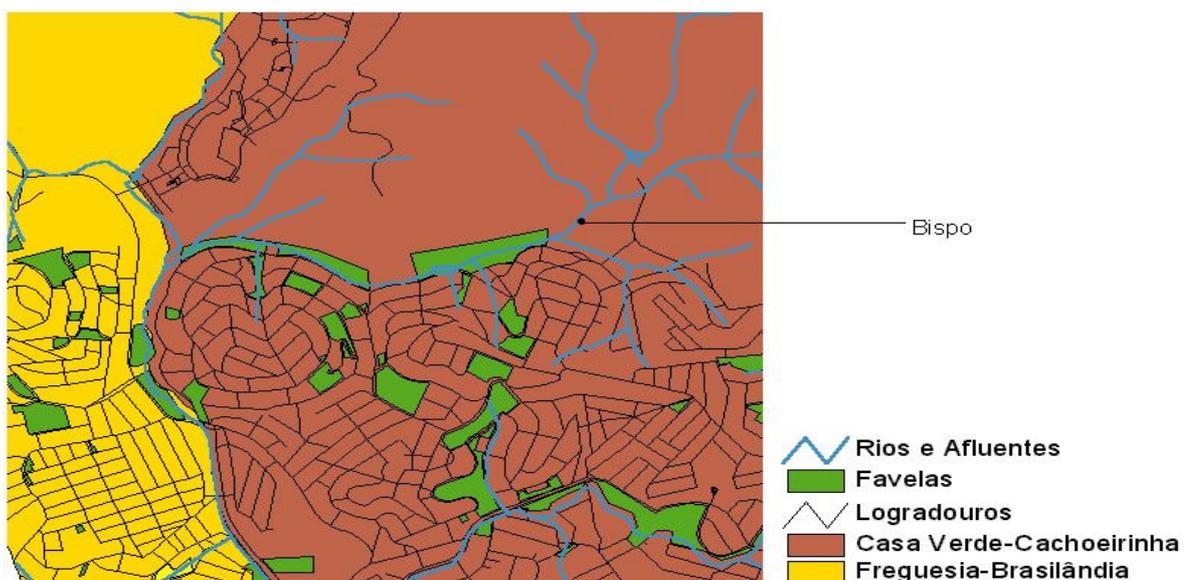
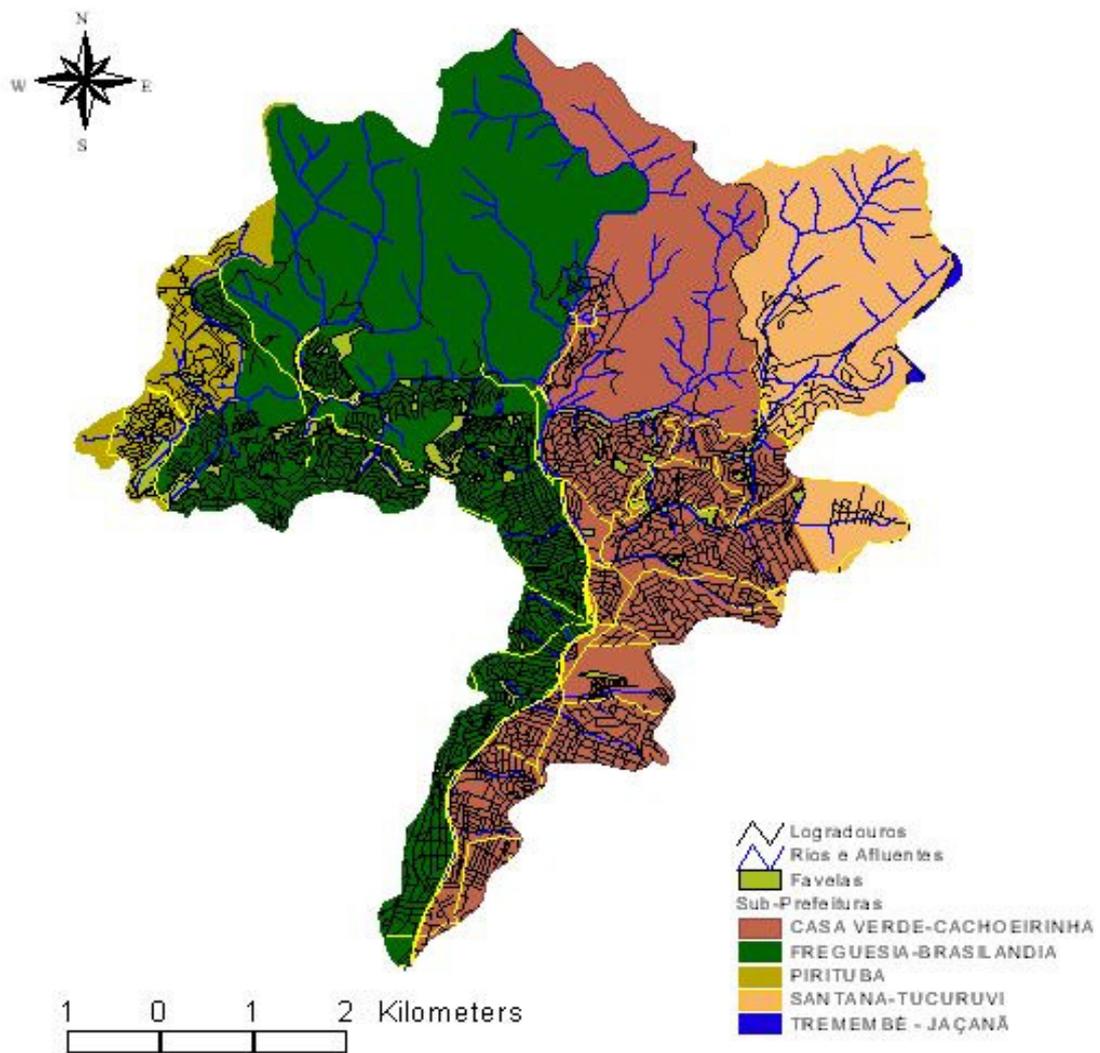
DOMICÍLIOS	TOTAL	SETOR NORMAL		SETOR SUBNORMAL	
		Total	(%)	Total	(%)
Total	103096	89559		13537	
Part. Permanentes	102353	88868	99,23%	13485	99,62%
Outros	743	691	0,77%	52	0,38%
<b>Tipo</b>					
Casa	88526	75645	85,12%	12881	95,52%
Apartamento	12044	11673	13,14%	371	2,75%
Cômodo	1783	1550	1,74%	233	1,73%
<b>Condição</b>					
Próprio	69349	61649	69,37%	7700	57,10%
Alugado	19855	19031	21,41%	824	6,11%
Outras	13149	8188	9,21%	4961	36,79%
<b>Abastecimento Água</b>					
Rede Geral	101441	88058	99,09%	13383	99,24%
Poço ou Nascente	328	292	0,33%	36	0,27%
Outras	584	518	0,58%	66	0,49%
<b>Esgotamento</b>					
Rede Geral	87051	80191	90,24%	6860	50,87%
Fossa Séptica	2541	1926	2,17%	615	4,56%
Fossa Rudimentar	571	478	0,54%	93	0,69%
Rio, Lago, Mar	8761	4197	4,72%	4564	33,85%
Outras	3043	1788	2,01%	1255	9,31%
sem banheiro	386	288	0,32%	98	0,73%
<b>Lixo</b>					
Coletado	100539	87660	98,64%	12879	95,51%
Queimado ou Enterrado	103	95	0,11%	8	0,06%
Jogado em Rio, Lago, Mar	466	144	0,16%	322	2,39%
Outras	1245	969	1,09%	276	2,05%
<b>Moradores</b>					
1 Morador	7747	6798	7,65%	949	7,04%
2 Moradores	17117	15301	17,22%	1816	13,47%
3 a 5 Moradores	64086	55844	62,84%	8242	61,12%
6 a 8 Moradores	11856	9732	10,95%	2124	15,75%
9 Moradores ou mais	1547	1193	1,34%	354	2,63%

Censo IBGE 2000

Como fator complicador, muitas ocupações foram edificadas nas margens dos córregos da bacia, sendo que, as regiões das subprefeituras da Freguesia do Ó / Brasilândia e Casa Verde / Cachoeirinha concentram cerca de 90% (quadro 10) das favelas existentes na bacia, localizadas, na sua maioria, ao longo dos seus principais córregos, Bananal, no distrito de Brasilândia, Bispo e Guaraú, ambos no distrito de Vila Nova Cachoeirinha (figura 51 e 52).

**Quadro 10** – Quantidade de favelas por Subprefeitura. EPUSP, 2005.

Subprefeitura	Quantidade de Favelas
Freguesia – Brasilândia	81
Casa Verde – Cachoeirinha	41
Pirituba	14
Santana – Tucuruvi	1
Total	137



**Figura 51** – Visão geral da distribuição das favelas na bacia (acima) e detalhe da ocupação das margens dos rios (abaixo). EPUSP, 2005.



**Figura 52** – Ocupação de margens e lançamento de esgoto in natura (Bacia do Bananal). Arquivo POLI, 2005.

Diante deste cenário, e retomando o objetivo desta pesquisa, é fato presumir o aumento da incidência de casos de enchentes e, conseqüentemente grandes perdas. A população diretamente atingida pelas enchentes, por causa da inundação de suas moradias ou dos transtornos ao tráfego na avenida Inajar de Souza<sup>19</sup>, totalizava cerca de 300 mil pessoas. Sendo que, a população da área inundável era de aproximadamente 20 mil habitantes, sujeitos freqüentemente a perdas sociais, econômicas e humanas – tanto por afogamento como por doenças de veiculação hídrica (Canholi, 2005).

Canholi (2005) ainda argumenta que:

Por muito tempo, a avenida Inajar de Souza, e suas transversais vinham sendo duramente castigadas pelas enchentes, tendo prejuízos elevados, com as lojas e moradias inundadas e com a interrupção dessa importante artéria viária. A freqüência e a gravidade dessas inundações aumentavam ano a ano, gerando protestos dos moradores e das associações dos bairros atingidos, além das ações judiciais contra a Prefeitura (CANHOLI, 2005, p. 244).

<sup>19</sup> O tráfego nessa avenida em seu trecho final é de 50 mil veículos por dia (Canholi, 2005).

O problema das inundações exigia uma solução que pudesse acabar ou, ao menos, mitigar a incidência dos prejuízos causados pelas águas de chuva. Assim, em 1993 a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica e a Universidade de São Paulo, desenvolveram um estudo para a Siurb/PMSP, abrangendo toda a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo. A conclusão foi de que a canalização do córrego deveria ser substituída por canal aberto, em uma extensão de 5,60 Km ou como alternativa, a execução de um túnel de derivação, desde a confluência com o córrego Guaraú até o rio Tietê, aliviando a canalização existente (Canholi, 2005).

Embora eficientes do ponto de vista hidráulico, as soluções iriam requerer prazos longos, transtornos ao tráfego de veículos e a utilização de vultuosos recursos financeiros. Dessa maneira, optou-se pela aplicação de soluções “não convencionais”, ou seja, a construção de reservatórios de amortecimento de cheias uma vez que, durante sua construção, não haveria grandes problemas com tráfego de veículos, os custos seriam menores (quadro 11) e, o fato da Bacia possuir fisicamente o formato de um cálice o que é bastante favorável a implantação de reservatórios.

**Quadro 11** – Orçamentos aproximados das alternativas. Canholi, 2005.

ALTERNATIVA	TEMPO DE RECORRÊNCIA DA OBRA (anos)	SEM REFORÇO DA GALERIA		COM REFORÇO DA GALERIA	
		Tempo de recorrência resultante na galeria (anos)	Custo (10 <sup>6</sup> US\$)	Tempo de recorrência resultante na galeria (anos)	Custo (10 <sup>6</sup> US\$)
<b>Túnel de derivação</b>	25	10	49	25	58
<b>Canal de concreto</b>	25	25	71	25	71
<b>Reservatórios</b>	25	10	22*	25	38

(\*) O total de US\$ 22x10<sup>6</sup> corresponde às parcelas de obras (US\$ 17x10<sup>6</sup>) e desapropriações (US\$ 5x10<sup>6</sup>).

O sistema proposto resultou na escolha da construção de dois reservatórios nos córregos Guaraú e Bananal. A ampliação da capacidade das galerias poderia ser dispensada numa primeira etapa das obras, implementando-se apenas as melhorias necessárias em pontos mais críticos (Canholi, 2005).

No período entre 1996 e 2001, a Prefeitura de São Paulo desenvolveu as obras mencionadas, resultado do Projeto PROCAV II apresentado a seguir.

## 5.2 Programa PROCAV: uma proposta de intervenção

O Programa PROCAV – Programa de Canalização de Córregos e Implantação de Vias de Fundo de Vale foi instituído durante a gestão municipal do Prefeito Jânio Quadros, através do Decreto n. 23.440 de 1987, cujo objetivo era promover a canalização de córregos e a construção de avenidas. O Programa contava para sua execução com recursos obtidos junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). O gerenciamento ficaria a cargo de um grupo executivo – GEPROCAV, subordinado ao Secretário de Vias Públicas.

O grupo executivo era composto de um secretário executivo, um membro da Secretaria Municipal de Planejamento, um da Secretaria de Finanças, e um da Secretaria de Negócios, além do próprio Secretário de Vias Públicas. Contava também com uma série de cargos técnicos cujo preenchimento se daria por novas contratações ou destacamento entre os servidores públicos. O Geprocav, de acordo com o decreto, seria responsável por desenvolver estudos e projetos de drenagem e implantação de vias, fiscalizar as obras e negociar os contratos com o BID e com os contratados. Embora não fosse aventado no decreto, o Procav seria gerenciado por uma empresa contratada, responsável pela intermediação entre o Geprocav e as demais empresas contratadas para a execução das obras. Assim, durante a primeira etapa do Programa – PROCAV I, a empresa escolhida foi a Logos Engenharia S. A. (Travassos, 2004).

O PROCAV 1 é um Programa de obras múltiplas realizadas em bacias hidrográficas da Região Metropolitana de São Paulo iniciado em 1987, onde foram investidos US\$ 421,6 milhões, sendo US\$ 249,6 milhões (59,2%) do BID, US\$ 77,5 milhões (18,38%) da Caixa Econômica Federal e US\$ 122 milhões (22,42%) da Prefeitura da Cidade de São Paulo, na canalização de 9 córregos, num total de 27,9 km de canais, 23,8 km de avenidas, remoção de 1.590 famílias e 995 imóveis das áreas de intervenções das obras (SÃO PAULO. Prefeitura, 2006, mimeo).

O Programa se propunha a construir avenidas e a canalização dos córregos Tiquatira, Gamelinha, Mooca e Mongaguá na zona leste; *Cabuçu de Baixo* e Lauzane na zona norte; Jaguaré na zona oeste; Morro do S e Uberaba na

zona sul. Dado o objeto de análise desta pesquisa, destaca-se que a intervenção no Córrego Cabuçu de Baixo se deu à jusante com canalizações pontuais.

Durante o andamento da primeira etapa do Programa, tomou posse como Prefeita da cidade Luiza Erundina que, entre 1989 e 1992<sup>20</sup>, empreendeu uma revisão conceitual do Programa, alterando inclusive o nome, passando a se chamar “Programa de recuperação ambiental e social de fundos de vale do município de São Paulo”. A principal mudança estava relacionada ao tratamento dado ao fundo de vale, que abarcava a questão ambiental e um plano de reassentamento habitacional, desvinculando a intervenção a prática da construção de vias de fundo de vale. Para essa nova etapa, foi calculado um orçamento de US\$ 300 milhões a serem aplicados em 22 bacias da cidade. Entretanto, com todas essas inovações incluídas, esta nova etapa não foi concretizada e nenhum contrato do Procav foi assinado na gestão Erundina (Travassos, 2004).

Em 1993 o então Prefeito Paulo Maluf através do Decreto n. 35.995, de 12 de fevereiro, muda o nome do Geprocav, passando a se chamar “Grupo Executivo dos Programas de Canalização de Córregos, Implantação de Vias e Recuperação Ambiental e Social de Fundos de Vale”, agregando novamente a implantação de vias sobre os córregos de fundo de vale. O mesmo decreto contemplava a inserção de um novo membro ao Geprocav, um representante da Sehab – Secretaria de Habitação e desenvolvimento Urbano. Fazia-se então, o reconhecimento da existência de um expressivo número de habitações erguidas nas margens dos córregos, justificando a necessidade de um plano de reassentamento.

No ano seguinte, novas mudanças institucionais ocorreram, sendo que, a partir do Decreto 33.995, de 25 de fevereiro de 1994, adicionava mais um membro ao grupo executivo do Geprocav, desta vez, um representante da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA). A nova redação, diferentemente do decreto de 1987, descrevia que o programa seria objeto de

---

<sup>20</sup> Vale destacar que o Programa possa ter sido influenciado pela emergente discussão ambiental que se articulava mundialmente na década 90.

financiamento de agentes internacionais. Entretanto, em 1994 foi lançado o PROCAV II, contando com o financiamento do BID<sup>21</sup>.

A inclusão de um membro da Secretaria do Meio Ambiente acenou como um acordo junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento, posto que, em contrapartida ao financiamento, exigiu a adoção de um programa de educação ambiental junto à população das bacias atendidas pelo Procav II (Travassos, 2004).

Sendo assim, a coordenação do Geprocav continuava a cargo da Secretaria de Vias Públicas, a qual definiu as diretrizes e articulações necessárias para a realização das obras. Para a Sehab, coube cuidar do plano de reassentamento da população moradora nos locais de intervenção do Programa, a SVMA, ficou responsável pelas questões ambientais divididas em dois subprojetos: Proteção ambiental das bacias hidrográficas, referente à criação e manutenção de áreas verdes nas bacias contempladas pelo projeto e, Educação ambiental, visando um programa de conscientização para os moradores das bacias e dos conjuntos habitacionais para onde as famílias fossem relocadas.

A empresa Logos Engenharia foi novamente designada para gerenciar e fiscalizar a segunda fase do Programa. Embora, vale salientar que no ano de 2000, foi realizada uma auditoria em conjunto por AUD-I e AT-Engenharia, nos contratos e obras sob responsabilidade do Geprocav onde se constatou acréscimos de até 150% do valor das obras em relação aos valores contratados, quando o permitido seria de até 25%. A Logos foi considerada inidônea para gerenciar o programa, no entanto continuou a gerenciar<sup>22</sup> (SÃO PAULO, TCMSP, 2000).

Sendo assim, implementou-se o programa denominado "Microdrenagem de São Paulo II", PROCAV II (BR – 0159), caracterizando-se por ser um programa

---

<sup>21</sup> Outros decretos foram promulgados – 32.995/93, 33.995/94, 34.611/94, 35.450/95 e 42.353/02. Agregando ou modificando o grupo de executivos do programa.

<sup>22</sup> Em julho de 2002 o tribunal de Contas do Município resolveu arquivar o processo. TC 6.953.00-55 - Poder Judiciário - Logos Engenharia S.A. - Solicitação de informações referentes à decisão proferida no TC nº 2.874.99-23, que determinou a aplicação da pena de inidoneidade à Logos Engenharia S.A. para contratar com o Poder Público, objetivando instruir os autos do Mandado de Segurança com pedido de liminar para suspensão da referida pena, impetrado pela interessada Relator: Cons<sup>o</sup> Edson Simões. EMENTA: Determinado o arquivamento dos autos. - Unanimidade.

de múltiplas obras, dentre elas, urbanização e proteção dos fundos de vale das sub-bacias consideradas mais críticas no município de São Paulo. As sub-bacias selecionadas incluem a canalização de quatorze córregos (Quadro 12), responsáveis pelas inundações de cerca de 400 ha, muitas das quais bastante habitadas, necessitando a remoção de famílias de algumas áreas. O Quadro 13 apresenta os custos relativos ao Programa (GEPROCAV, *mimeo*, s.d.).

**Quadro 12** – Córregos do Programa. Geprocav, s.d.

<b>NOME DO CÓRREGO</b>	<b>ÁREA SUJEITA A INUNDAÇÃO (HA)</b>
Aricanduva	100
Cabuçu de Baixo*	105.0
Franquinho	20.0
Guaraú	11.8
Itaquera	24.3
Inhumas	8.0
Machados	4.0
Maria Paula	16.5
Mandaquí	71.7
Paciência	54.6
Ponte Rasa	6.8
Rio das Pedras	1.5
Taboão	<u>11.8</u>
<b>TOTAL</b>	<b>382.8</b>

\* As partes do córrego Cabuçu de Baixo, "Baixo a montante" e "Cabuçu de Baixo a jusante", estão considerados como dois projetos distintos.

**Quadro 13** – Custos de medidas ambientais e sociais e de desapropriações. Geprocav, s.d.

<b>Medidas ambientais e sociais e Desapropriações</b>	<b>Custos em milhões de US\$</b>
Proteção de Fundos de Vale	24,5
Educação Ambiental	5,9
Fortalecimento da SVMA	3
Subprograma de reassentamento	47,3
Desapropriações	<u>46,7</u>
<b>TOTAL</b>	<b>127,4</b>

As intervenções visavam, principalmente (GEPROCAV, s.d.):

- *Reduzir inundações com a drenagem de águas pluviais;*
- *Reduzir os riscos de solapamento com conseqüentes danos às vias e edificações às margens dos córregos;*

- *Colaborar para a redução dos volumes de lixo e de esgotos lançados nos cursos d'água, através de uma atuação coordenada com o Programa de Despoluição do rio Tietê, financiado pelo BID;*
- *Redução da incidência de doenças devido ao contato da população com águas pluviais e vetores de doenças;*
- *Remover e/ou urbanizar favelas situadas nos fundos de vale, assegurando à população em ambos os casos, a infra-estrutura adequada e/ou acesso aos equipamentos sociais básicos;*
- *Melhorar as condições locais de tráfego.*
- *Dar uso adequado aos terrenos a serem recuperados e a terrenos municipais desocupados nos fundos de vales, de modo a evitar futuras invasões e valorizar seu benefício social.*

O PROCAV-II se descreve como um projeto que integrou componentes de melhoria de drenagem de baixo impacto ambiental com componentes de melhoria social. Utilizando obras múltiplas de canalização de córregos, construção de vias marginais, travessias e urbanização de favelas remanescentes em quatorze córregos, situados nas zonas norte e leste do município de São Paulo. Buscando intervir de forma integrada com outros programas, tendo a bacia como unidade de planejamento. Os impactos positivos esperados pelo projeto iriam melhorar as condições das populações mais carentes das áreas de intervenção; os impactos negativos que eram esperados, basicamente teriam caráter temporário, caso as medidas de mitigação fossem aplicadas corretamente.

No que tange ao reassentamento de famílias, o Programa estimou que a população atingida giraria em torno de 3.900 famílias perfazendo um total de 22.500 pessoas (quadro 14). Somando as desapropriações (8.000 pessoas de classe média) o montante final seria de 30.500.

**Quadro 14** – Favelas nas áreas do projeto\*. Fonte: Geprocav, s.d.

Córrego	Nº de Favelas atingidas	Nº de total de barracas	Equivalente de famílias (X 1.12)			N. pessoas (X 5.8)
			Permanência	Remoção	Total	
Cabuçu de Baixo	1	270	112	190	302	1.752
Paciência	2	335	201	174	375	2.175
Guaraú	5	1.500	448	1.232	1.680	9.744
Mandaqui	0	0	0	0	0	0
Rio das Pedras	0	0	0	0	0	0
Aricanduva	0	0	0	0	0	0
Machados	2	415	56	409	465	2.697
Taboão	6	855	342	616	958	5.556
Ponte Rasa	2	443	67	429	496	2.877
Maria Paula	2	40	-	45	45	261
Itaquera	7	229	-	256	256	1.485
Franquinho	10	348	65	325	390	2.262
Inhumas	1	248	78	290	278	1.612
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>4.683</b>	<b>1.369</b>	<b>3.876</b>	<b>5.245</b>	<b>30.421</b>

\* valores estimados

O Programa de reassentamento ofereceu como alternativa habitacional, a transferência para conjuntos habitacionais de cinco andares com quatro apartamentos por andar (42 m<sup>2</sup> cada um), nas áreas City Jaraguá, Inácio, Monteiro e Garagem. O restante das favelas, foram urbanizadas dispendo de arruamentos e serviços básicos de infra-estrutura. Para as famílias faveladas que não aceitaram serem reassentadas nos conjuntos habitacionais, seja por absoluta escassez de recursos financeiros ou outros motivos, foram oferecidas três possibilidades: (a) Troca de "senha de cadastramento" com outra família da mesma favela não sujeita ao reassentamento compulsório, mas que estivesse interessada em ter acesso ao Conjunto Habitacional; (b) Permanência na favela em decorrência de urbanização e (c) Reassentamento em outra favela urbanizada envolvida no programa (Geprocav, s.d.).

Para garantir que as obras do programa de drenagem fossem duráveis, estavam previstos serviços de limpeza, desobstrução, desassoreamento e uma melhora na coleta de lixo. Além disso, o programa previu a implantação do componente de educação ambiental para a população, tanto nas áreas de

intervenção, como nas novas áreas de reassentamento, dando ênfase na coleta do lixo e preservação de áreas verdes. Por fim, para evitar novas invasões das áreas verdes nas várzeas dos fundos de vale e nos locais onde as famílias foram removidas, a Prefeitura iniciou um programa de vigilância contra novas invasões.

Em relação às medidas de baixo impacto ambiental o Programa descreve que:

O PROCAV II é a segunda fase de implantação de obras previstas no Plano Diretor de Drenagem do Município de São Paulo e proporciona à cidade de São Paulo um sistema de drenagem efetivo. Por seu carácter moderno o PROCAV II é uma inovação do PROCAV I, deixando de ser um programa clássico de obras civis. A nova concepção procura conservar e melhorar, onde for possível, os sistemas de drenagem natural nas várzeas dos fundos de vale ainda não urbanizadas e usar as áreas livres como bacias de amortecimento e de infiltração, através da criação de espaços úteis tais como parques, campos de esporte e hortas comunitárias (GEPROCAV, s.d. *mimeo*).

Nesse contexto, pode se concluir que o Programa abarcou o novo conceito ambiental diante do contexto de manejo de águas pluviais. Contemplando medidas corretivas de engenharia civil onde foram necessárias (medidas estruturais) e as medidas não-estruturais, incluindo: Plano de educação ambiental, controle de uso e ocupação do solo, Programa de limpeza, desobstrução, desassoreamento e de coleta de lixo.

A seguir, dado o objeto de análise da pesquisa, serão apresentadas as intervenções realizadas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo bem como a avaliação das ações estruturais e não-estruturais, fazendo uma reflexão do projeto executivo e as intervenções que de fato ocorreram.

### 5.3 Medidas estruturais

Conforme salientado anteriormente, as obras de engenharia civil ou, as chamadas medidas estruturais, são importantes e necessárias, posto que, em muitos casos a intervenção humana sobre os corpos hídricos já apresentam estágios avançados de ocupação e degradação. A correção utilizada consiste em “domesticar” os cursos d’água buscando mitigar as agruras decorrentes das grandes cheias. Nessa esteira, o Programa PROCAV II contemplou a canalização de diversos córregos, entre eles o Córrego Guaraú e Cabuçu de Baixo. Entretanto, no decorrer das obras, problemas de interrupção de recursos diversas vezes acabaram por encalacrar o termino dentro do prazo estipulado.

Desde novembro, as obras antiinche da Prefeitura de São Paulo estão paradas em razão da crise financeira enfrentada pela gestão Celso Pitta. "Enfrentamos dificuldades inesperadas no fim do ano passado e tivemos de parar as obras", disse Emilio Azzi, secretário-executivo do Procav (programa da prefeitura que cuida das obras antiinche). "Em 97, acabamos gastando apenas metade do que pensávamos investir no setor." Segundo Azzi, a meta era ter gasto R\$ 240 milhões nas obras contra alagamentos em 97, mas apenas R\$ 120 milhões foram efetivamente empregados. Ele afirmou que a prefeitura dará reinício às obras no próximo mês, mas que os trabalhos ganharão ritmo mesmo só em março. Azzi negou que as obras da prefeitura estejam abandonadas. "Foi apenas uma paralisação. Tem sempre gente da prefeitura olhando as obras" (PIVETTA, 1998, *mimeo*).

Mesmo em processo de letargia, os córregos acabaram sendo canalizados, em uma primeira etapa foi contemplado o Córrego Cabuçu de Baixo e posteriormente o Guaraú. O Córrego Cabuçu de Baixo teve, além da canalização em alguns trechos, a execução do reforço das galerias sob a avenida Inajar de Souza. Dessa forma, as galerias passaram a atender vazões de recorrência de 25 anos (fig. 53). Outro trecho canalizado a montante do Córrego Cabuçu foi realizado posteriormente compreendendo um trecho de aproximadamente 1060m entre a avenida General Penha Brasil e o loteamento Imobel na Bacia do Itaguaçu<sup>23</sup> (fig. 54).

---

<sup>23</sup> Entretanto, segundo informações de um consultor da Imobel Empreendimento Imobiliários, esse trecho foi financiado pela própria empresa com o objetivo de facilitar o acesso até o local.



**Figura 53** – Trecho canalizado a céu aberto no Córrego Cabuçu de Baixo. EPUSP, 2005.



**Figura 54** – Canalização a montante do Córrego Cabuçu de Baixo. Google Earth. 2006.

O Córrego Guaraú recebeu dois tipos de intervenção: a primeira consistiu na canalização a céu aberto de 2.825 metros (fig. 55) e, a segunda, na construção do sistema viário, com canteiro central, passeio lateral e refugio de 3.445 metro (fig. 56), perfazendo um total de 6.270 metros de canalizações. Embora o Programa tivesse um caráter ambiental de resgate a valorização da água no meio urbano, destaca-se que as intervenções no caso do Guaraú correspondem a replicação do conceito de aumento de condutividade hidráulica, uma vez que, a

maior parte da canalização foi efetuada em galerias fechadas, escondendo o corpo d'água da paisagem urbana.



**Figura 55** – Córrego Guaraú: canalização a céu aberto. EPUSP, 2005.



**Figura 56** – Córrego Guaraú: canalização em galeria fechada e canteiro central. Google Earth. 2006.

Por semelhante modo, foram executados dois desvios: o primeiro pela rua Luís Macário de Castro com cerca de 400 metros (fig. 57a e 57b), com o intuito de desviar o fluxo do córrego Guaraú para dentro da bacia de amortecimento construída no local, o segundo, foi realizado no Córrego Água Preta, afluente do Córrego Guaraú, numa extensão de 300 metros, invertendo seu fluxo para o Córrego Guaraú e conseqüentemente para dentro da bacia mencionada.



**Figura 57a** – Obras executadas para desvio do Córrego Guaraú.



**Figura 57b** – Desvios executados na Bacia do Córrego Guaraú. Canholi, 2005.

Conforme mencionado anteriormente, o Projeto PROCAV II – dado o seu caráter “inovador”, como medida estrutural dentro do projeto hidráulico para a região, contemplou a construção de duas bacias de amortecimento. Pois:

Tendo em vista a premência de minorar as inundações no vale do Cabuçu de Baixo e considerando que as soluções convencionais propostas anteriormente – de reforço de galerias ou ainda de derivação por túnel – exigiriam um longo prazo para sua implantação, foi analisada a possibilidade de se promover o amortecimento das cheias, pela implantação de reservatórios em pontos estratégicos (CANHOLI, 2005, p. 249).

Nesse sentido, foram analisadas alternativas de implantação de até três reservatórios: na foz do Córrego Bananal, na foz do Córrego Guaraú e no Córrego Cabuçu de Baixo a montante. Entretanto, optou-se pela construção de dois reservatórios, um junto a foz do Córrego Bananal e outro na foz do Córrego Guaraú (fig. 58). Além da redução nos picos das vazões, outra importante função levada em consideração para a escolha de sistema de reservatórios, foi o de poder controlar o transporte de sedimentos e de lixo pelos córregos, aspecto crítico na Bacia do Córrego Cabuçu de baixo dadas as suas características de uso e ocupação do solo destacado anteriormente.



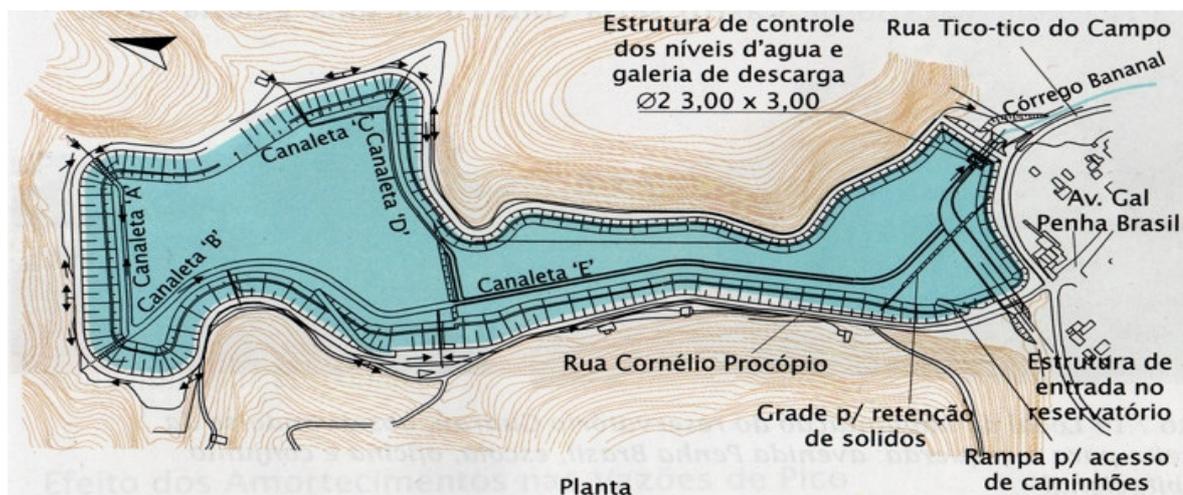
Figura 58 – Medidas estruturais efetuadas na Bacia do Córrego Cabeçu de Baixo. Google Earth.

O reservatório Bananal foi construído em uma área particular, mas não urbanizada junto a Serra da Cantareira, enquanto o reservatório Guaraú exigiu desapropriações de áreas edificadas inclusive a remoção de uma favela. Embora estivesse prevista a utilização total da área, ainda no local existe uma escola estadual e um depósito comercial de ferro.

O “Piscinão” do Bananal – como é chamado, foi construído em uma área de 144.000 m<sup>2</sup>, sua lagoa de reserva ocupa uma área de 70.000 m<sup>2</sup>, com a capacidade para armazenar 198.000 m<sup>3</sup> de água. Foi construído no sistema “in line” tendo o Córrego Bananal passando em seu interior. Sua estrutura é escavada em solo, revestida por rachão no fundo. O controle dos níveis d’água é feito por estrutura de concreto com galeria de fundo e vertedouro em patamares. Seu sistema de esvaziado é feito por gravidade, sem a intervenção de máquinas e equipamentos, foi inaugurado em 14 de dezembro de 1999 durante a gestão do Prefeito Celso Pitta. No local existia uma quadra de futebol de areia e um campo de futebol que eram utilizados pelos moradores adjacentes. Próximo ao sopé da serra, algumas fontes naturais de água formavam um lago natural que servia como abrigo para animais e lazer para os freqüentadores. Ainda hoje, a área é utilizada para pastagem de vacas e criação de cavalos.

A escolha pela área foi feita dada às características de não ser urbanizada – o que diminuiu o gasto com desapropriações, e estar junto a foz do Córrego Bananal. Sendo de suma importância para reter os picos de vazão dos córregos da Bacia do Bananal e para controle de sedimentos gerados a montante do reservatório. Sua administração é realizada pela Subprefeitura da Brasilândia / Freguesia do Ó.

As figuras 59 e 60 apresentam a planta geral do reservatório bem como sua disposição espacial.



**Figura 59** – Reservatório Bananal (Planta geral) – Projeto Themag Engenharia. Canholi, 2005.



**Figura 60** – Disposição espacial do Reservatório Bananal. Google Earth. 2006.

Por sua vez, o reservatório do Guaraú foi construído em um terreno particular, comprado pela Prefeitura para a execução das obras. Na sua porção sudoeste existia uma favela com 276 famílias, que foram removidas pelo plano de

reassentamento ou aceitaram permuta para outra favela urbanizada pelo Programa (Procav, 2003). Lembrando que somente uma família ainda permanece no local (fig. 61).



**Figura 61** – Família moradora do Reservatório do Guaraú.

O reservatório foi estabelecido na confluência dos córregos Cabuçu de Baixo e Guaraú, nas imediações da avenida Inajar de Souza, avenida General Penha Brasil e rua Lagoinha de Leste. O local tem 77.000 m<sup>2</sup> com uma lagoa de reservação de 50.000 m<sup>2</sup> cuja capacidade é de armazenar 185.000 m<sup>3</sup> de água. Sua estrutura segue o mesmo padrão do que foi utilizado no reservatório Bananal, escavado em solo e revestido por rachão. Seu sistema de esvaziamento é feito por gravidade, aproveitando as características físicas do local. No interior do reservatório existe uma lâmina permanente de água, resultado do desvio do Córrego Guaraú para controle de vazão, caracterizando-se como um reservatório “em linha”, embora não diretamente na calha do córrego, mas por uma intervenção humana.

Embora, vale destacar que atualmente este reservatório opera com apenas 80% de sua capacidade final, dada a não remoção da escola, do depósito comercial de ferro e, de uma família ainda alocada em suas dependências. Segundo informações do Portal eletrônico da Prefeitura de São Paulo ([www.prefeitura.sp.gov.br](http://www.prefeitura.sp.gov.br)), quando essas obras estiverem concluídas, a lagoa de reservação ocupará uma área de 60.000 m<sup>2</sup> e terá a capacidade para armazenar 230.000 m<sup>3</sup> de água. O reservatório está em funcionamento desde dezembro de 2002, sua administração é executada pela Subprefeitura de Casa Verde / Cachoeirinha. As figuras 62, 63a e 63b apresentam algumas características do reservatório do Guaraú bem como uma visão aérea de suas dimensões.



**Figura 62**  
Disposição espacial do Reservatório do Guarajú.



**Figura 63a** – Entrada do Córrego Guaraú com paliteiros para controle de resíduos sólidos.



**Figura 63b** – Área para extravasamento das cheias.

De acordo com o Programa Provac II os reservatórios foram construídos levando em consideração o período de retorno de 25 anos (Geprocav, s.d.). Os volumes de reservação estipulados segundo Canholi (2005) para os períodos de 10 e 25 anos, podem ser visualizados no quadro 15.

**Quadro 15** – Amortecimento das cheias nos reservatórios. Canholi, 2005.

Reservatório	TR (anos)	Q <sub>AFL</sub> Máx. (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>EFL</sub> Máx. (m <sup>3</sup> /s)	H <sub>RES</sub> Máx. (m)	V <sub>RES</sub> Máx. (m <sup>3</sup> )
Guaraú	25	60,6	6,1	3,1	223.000
	10	42,4	4,7	2,1	154.000
Bananal	25	69,4	6,3	3,2	234.000
	10	45,6	4,7	2,1	153.000

Onde:

Q<sub>AFL</sub> Máx – pico da vazão afluente ao reservatório

Q<sub>EFL</sub> Máx – pico da vazão efluente do reservatório

H<sub>RES</sub> Máx – altura máxima da lâmina d'água no reservatório

V<sub>RES</sub> Máx – volume do reservatório, correspondente a H<sub>RES</sub> Máx.

De posse desses números, é possível indagar o efetivo cumprimento no que tange a reservação dos córregos mencionados, posto que, a informação oficial<sup>24</sup> via Secretaria Municipal de Infra-estrutura e Obras de São Paulo – Siurb, é de que o reservatório do Bananal tem capacidade máxima de 198.000 m<sup>3</sup> o que, segundo o estudo, corresponde somente ao amortecimento de cheias com tempo

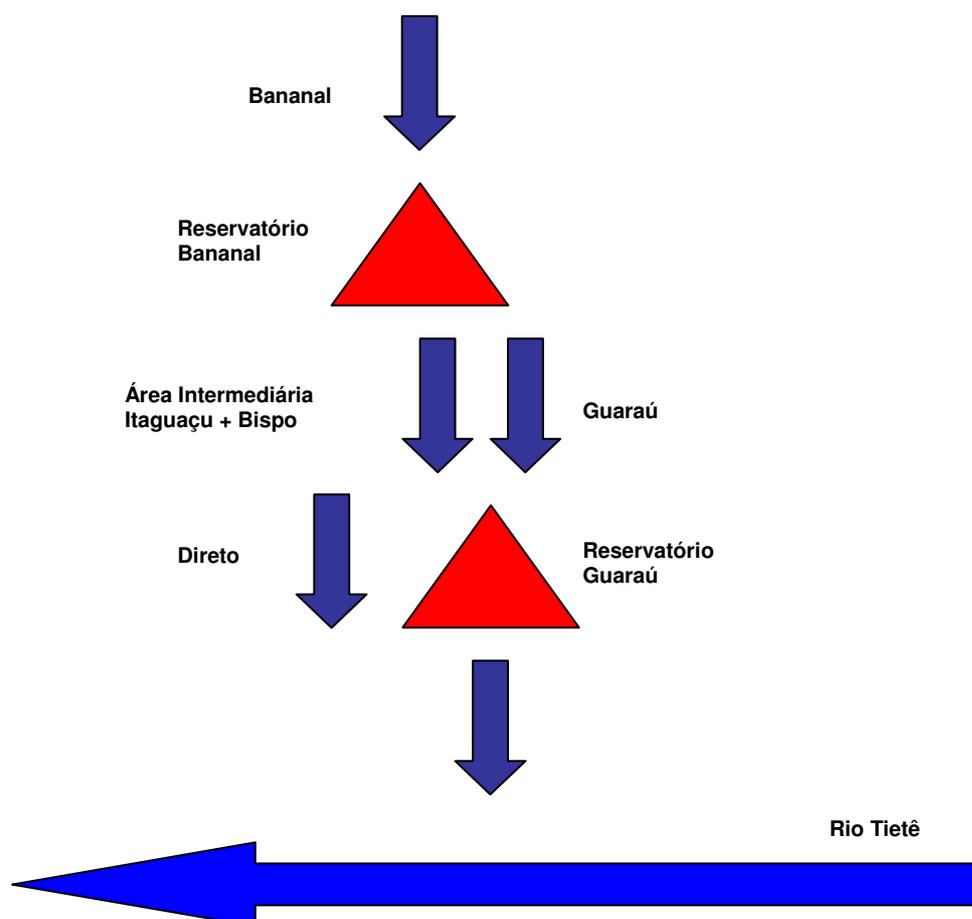
<sup>24</sup> Disponível em:

<http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/piscinoes/0014/portal/secretarias/infraestruturaurbana/piscinoes/0005>

<http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/piscinoes/0014/portal/secretarias/infraestruturaurbana/piscinoes/0013>

Acessado em: 30 de setembro de 2006.

de retorno de 10 anos ou um pouco mais, inviabilizando seu uso para cheias de 25 anos descrita pelo Programa Procav II. Por semelhante modo, o reservatório Guaraú também não contempla o volume necessário para chuvas com TR de 25 anos, chegando somente a esse montante com as desapropriações que ainda não foram efetuadas. Embora apresentando contradições em seu montante de reservação, o projeto de drenagem da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo estabeleceu que a máxima vazão afluyente ao rio Tietê é de  $92\text{m}^3/\text{s}$  para chuvas de 25 anos e, com o funcionamento dos dois reservatórios mais o aprofundamento da calha do Rio Tietê (podendo escoar cheias de 100 anos), as vazões de pico do Córrego Cabuçu de Baixo podem ser absorvidas pelo Tietê com certa segurança, principalmente se for considerada a não concomitância de eventos críticos nas bacias dos rios Mandaqui / Cabuçu de Baixo e Tamanduateí (EPUSP, 2005). A figura 64 mostra o esquema de funcionamento da drenagem na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.



**Figura 64** – Esquema do Projeto de Drenagem Themag / PMSP no Cabuçu de Baixo. EPUSP, 2005.

Para garantir que as obras do programa de drenagem fossem duráveis, foram previstos serviços de limpeza, desobstrução, desassoreamento e melhora de coleta de lixo, bem como planos de monitoramento, vigilância e educação ambiental. Essas medidas chamadas não-estruturais configuram-se como importante avanço no que tange as ações públicas sobre o manejo de águas pluviais urbanas. Nesse sentido, a seguir serão apresentadas as ações abrangidas pelo Programa.

#### 5.4 Medidas não-estruturais

As medidas não-estruturais contempladas pelo Programa direcionam as ações para um novo patamar de intervenções. Nesse sentido, a implantação dos projetos de canalização e de sistemas viários, possibilitaria a criação de novas áreas verdes e hortas comunitárias em terrenos desocupados nos fundos de vale. O subprograma, que também inclui implantação de equipamentos de lazer, constituiria um fator positivo no equilíbrio ambiental, bem como valorizaria o preço dos terrenos nas áreas contíguas. Além disso, as condições hidráulicas iriam melhorar pela restauração dessas áreas em função do amortecimento do escoamento superficial (Geprocav, s.d.).

De acordo com esse pensamento, as medidas não-estruturais foram delineadas em diversos subprogramas entre eles:

- Proteção de fundos de vale e criação de novas áreas verdes;
- Programa de Monitoramento;
- Programa de fiscalização contra novas invasões;
- Plano de Educação Ambiental.

O Programa de proteção de fundos de vale consistia em dois componentes: urbanização através de criação de áreas verdes com alto grau de benefício público e condições hidráulicas favoráveis e um programa permanente de fiscalização através de cooperação entre vários órgãos de fiscalização estaduais,

municipais e associações de moradores. Além disso, o programa também seria constituído de atividades complementares, principalmente a coleta de lixo nas favelas. Segundo o Programa, a eliminação dos lançamentos de lixo nos córregos seria promovida, através da implantação e/ou otimização de serviços de limpeza pública, tais como: melhoria dos serviços de coleta e varrição ou implantação onde não existissem; implantação de mutirões de limpeza e "cata-bagulhos" nas áreas circunvizinhas aos córregos; implantação de áreas centralizadas para descarga de entulhos e colocação de lixeiras.

Referente ao Programa de Monitoramento, para execução das atividades previu-se a formação de equipes técnicas especializadas que, com periodicidade mensal, desenvolveriam atividades de campo e de gabinete visando a confecção de relatórios de monitoramento e de controle da qualidade ambiental. Estes relatórios seriam encaminhados aos órgãos competentes para execução das ações, obras de manutenção e eventuais correções necessárias.

Outro importante Programa de Monitoramento consistiria na previsão meteorológica. Operado pelo CTH, o radar meteorológico poderia localizar, identificar a intensidade e o deslocamento de chuvas na região. A partir da comparação de varreduras consecutivas e um modelo matemático seria possível determinar as evoluções meteorológicas e estimar o risco de inundações que estas chuvas poderiam provocar na região. Estabelecendo os seguintes critérios para fins de ações:

- estado de observação
- estado de atenção
- estado de alerta.

Esta previsão seria feita com uma antecipação de 3 horas e, a cada 15 minutos, a Comissão Municipal de Defesa Civil, COMDEC, seria informada pelo CTH das condições meteorológicas e, dependendo da situação, tomar as ações previstas no Plano de Contingência pré-estabelecido (Geprocav, s.d.).

Embora o Programa de fiscalização contra novas invasões não estivesse incluído no financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento, sua implementação seria de vital importância para o sucesso

permanente do projeto. Sendo assim, o Programa fomentaria a formação de um grupo constituído por comitês de moradores e órgãos públicos a fim de fiscalizar futuras invasões nas áreas desocupadas pelo Programa.

Por fim, talvez um dos mais importantes instrumentos para o sucesso das intervenções, o Plano de Educação Ambiental seria desenvolvido com a população do entorno das obras do Procv II e com as famílias reassentadas nos conjuntos habitacionais construídos pelo programa de reassentamento. O Plano de Educação Ambiental deveria ser aplicado nas regiões Norte e Leste do município de São Paulo – locais de intervenção do Procv II.

Sendo assim, o Instituto Ecoar para a Cidadania, em consórcio com a Cógito Consultoria e Planejamento, ganhou a concorrência pública junto à Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente do município de São Paulo para realização do programa de educação ambiental. A partir da efetivação do contrato, foi elaborado o programa denominado “Educ-Ação”, baseado no tripé:

- Pesquisa-ação participativa pelas próprias comunidades e escolas da região para que pudessem reconhecer sua referência com o meio ambiente, memória e qualidade de vida, bem como a criação de propostas de atuação na melhoria das suas condições sócio-ambientais.
- Projetos de geração de renda, ambientalmente sustentáveis, visando estimular o aprendizado contínuo e o aperfeiçoamento do trabalho produtivo e reprodutivo das comunidades, bem como, adequar estes trabalhos a uma melhoria de qualidade de vida e do ambiente urbano.
- Comunicação, envolvendo escolas, através de rede informatizada, de TV e rádios comunitárias.

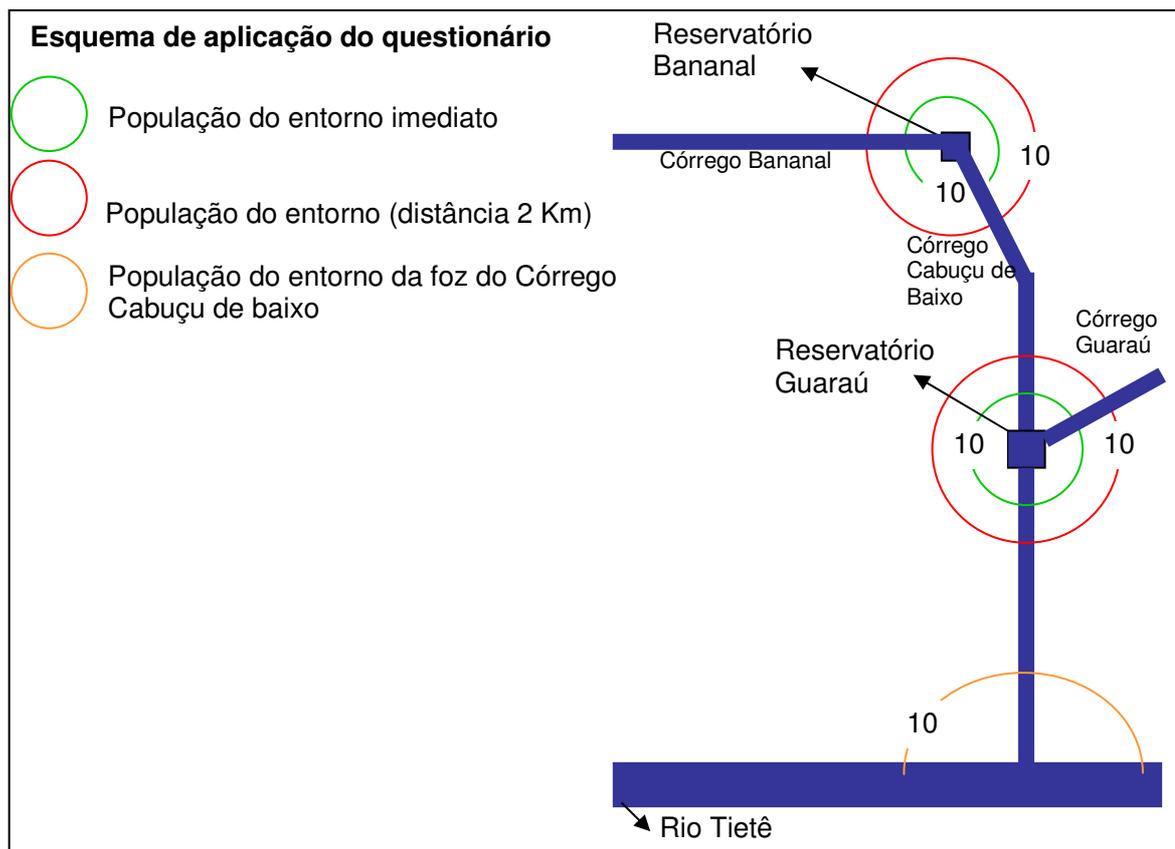
Os conteúdos comunicados referiam-se à pesquisa participante, aos projetos de geração de renda e ao monitoramento da qualidade ambiental da região pelas próprias escolas. Dessa maneira, o Plano de Educação Ambiental aplicado nas escolas, serviria como veículo multiplicador da consciência sobre meio ambiente uma vez que, o conhecimento adquirido poderia ser repassado pelos próprios alunos participantes.

Feita as apresentações sobre as medidas estruturais e não-estruturais contempladas pelo Programa de Microdrenagem São Paulo II – PROCAV II, para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo, a seguir serão analisadas as intervenções e ações que de fato ocorreram na região. Assim, a dicotomia entre discurso e prática mais uma vez se faz presente evidenciando algumas lacunas do Programa, pois embora o discurso sobre meio ambiente e manejo sustentável de águas pluviais urbanas fosse contemplado pelo Programa, a realidade demonstra interfaces passíveis de uma discussão sobre a ruptura de fato com o conceito higienista do aumento da condutividade hidráulica e o resgate da valorização da água no meio urbano.

### 5.5 Avaliação das intervenções

De posse destas informações, foi elaborado um questionário quantitativo e qualitativo para ser aplicado junto à população moradora da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo. O intuito foi ouvir as opiniões da população sobre a eficiência das intervenções realizadas na bacia. Sendo assim, foi estipulado um montante de 50 pessoas divididas em 5 blocos de acordo com a localização dentro da bacia.

Foi adotado como critério a exigência que os entrevistados morassem ou possuíssem estabelecimento comercial na micro-bacia há mais de oito anos, posto que as intervenções tiveram início no ano de 1999. O questionário foi elaborado contendo seis questões (apêndice A): três quantitativas e três qualitativas. As perguntas quantitativas tiveram como resposta apenas dois itens: sim ou não. A simplicidade foi escolhida visando quantificar a satisfação com as ações e o conhecimento das medidas não-estruturais. Já as perguntas qualitativas foram deixadas em aberto, para que o entrevistado pudesse fornecer informações – mesmo que subjetivas, pertinentes às ações realizadas na bacia. A figura 65 apresenta o esquema de distribuição bem como a quantidade de entrevistados.



**Figura 65** – Esquema de aplicação do questionário.

A população do entorno imediato próxima ao reservatório do Bananal foi denominada **A1** e, próxima ao reservatório Guaraú denominada **A2**. A população do entorno com uma distância média de até 2km, foi designada respectivamente como **B1** (Bananal) e **B2** (Guaraú). Na parte jusante da bacia, a população entrevistada foi caracterizada como **C**. Todas as áreas escolhidas tiveram um montante de dez entrevistados. O quadro 16 apresenta os números correspondentes aos anos de residência ou comércio dos entrevistados.

**Quadro 16** – Porcentagem de entrevistados por anos de moradia ou comércio na bacia.

Morador / Comerciante (anos)	Área A1	Área A2	Área B1	Área B2	Área C	Total	%
8 – 10	1	3	0	2	0	6	12
11 – 15	2	3	1	3	1	10	20
16 – 20	6	3	4	0	1	14	28
Mais de 21	1	1	5	5	8	20	40
<b>Total</b>	10	10	10	10	10	50	100

A partir dos números acima, é possível afirmar que os entrevistados presenciaram a construção dos reservatórios e as discussões que foram

encaminhadas, no âmbito do Programa Procav II. O quadro 17 ilustra os resultados obtidos em relação às perguntas quantitativas.

**Quadro 17** – Questionário quantitativo (perguntas 1, 3 e 5).

<b>1. O reservatório (Piscinão) é satisfatório para combater as enchentes do Bairro?</b>		
<b>Área</b>	<b>Sim (%)</b>	<b>Não (%)</b>
<b>A1</b>	90%	10%
<b>A2</b>	70%	30%
<b>B1</b>	80%	20%
<b>B2</b>	50%	50%
<b>C</b>	100%	/
<b>Total (geral)</b>	78%	22%
<b>3. Você foi procurado(a) pelo Poder Público para discutir sobre a implantação do reservatório?</b>		
<b>Área</b>	<b>Sim (%)</b>	<b>Não (%)</b>
<b>A1</b>	10%	90%
<b>A2</b>	30%	70%
<b>B1</b>	/	100%
<b>B2</b>	/	100%
<b>C</b>	/	100%
<b>Total (geral)</b>	8%	92%
<b>5. Você tem conhecimento sobre algum programa educacional sobre meio ambiente?</b>		
<b>Área</b>	<b>Sim (%)</b>	<b>Não (%)</b>
<b>A1</b>	10%	90%
<b>A2</b>	30%	70%
<b>B1</b>	30%	70%
<b>B2</b>	40%	60%
<b>C</b>	60%	40%
<b>Total (geral)</b>	40%	60%

Com relação à pergunta número um, sobre a eficiência do reservatório para combate as enchentes, a maioria (78%) dos entrevistados aprovaram a sua implementação, justificado principalmente pela população mais próxima a obra (A1 e A2). A área B2 foi a que apresentou um maior equilíbrio posto que, a população ainda sofre com alguns pontos de alagamento face ao entupimento de bocas de lobo ou estrangulamento de córregos, onde a população credita sua responsabilidade pelo não funcionamento da obra, explicando o maior número de reprovação da pesquisa. A área C localizada a jusante da bacia foi a que apresentou a maior aprovação (100%).

A pergunta número três tinha como pretensão avaliar se foram encaminhadas as discussões referentes à implementação do reservatório junto a população, lembrando que o Programa Procav II assinalava como importante

medida o apoio da comunidade para a plena eficácia da obra. Entretanto, somente 8% das pessoas entrevistadas tiveram algum contato com o Poder Público referente à execução das obras, salientando que somente nas áreas próximas aos reservatórios foi possível constatar o contato.

Por fim, a pergunta número cinco foi escolhida com a intenção de avaliar se, como destacado pelo Procav II, houve a implementação de um programa de educação ambiental. Somente 40% dos entrevistados sabiam ou tinham algum tipo de informação sobre educação ambiental verificando-se os maiores índices em áreas mais próximas a jusante da bacia, onde se verifica a presença de população com melhores condições sócio-econômicas. Buscando adquirir mais informações sobre a opinião da população, as perguntas 2, 4 e 6 foram formuladas para abarcar itens qualitativos referentes à implementação dos reservatórios e das medidas não-estruturais. A pergunta número 2 questionou quanto aos pontos positivos e negativos atinentes aos reservatórios. Os entrevistados assinalaram que de positivo, o “piscinão” acabou com os problemas das enchentes, fato esse, respondido por 100% dos entrevistados na área C, local mais distante dos reservatórios. Ainda sobre esta área, como positivo, foi destacada a valorização dos imóveis depois da construção dos piscinões. Por outro lado, todos os entrevistados sem exceção, responderam que o mau cheiro, a proliferação de insetos e ratos, o abandono, a falta de manutenção e, a desvalorização das áreas do entorno imediato configuram-se como pontos negativos.

A pergunta número quatro buscou, a partir daqueles que tiveram contato com o Poder Público, entender como foram encaminhadas as discussões relativas à implementação dos reservatórios. Assim, do total de entrevistados, apenas quatro pessoas (8%) tiveram contato com o Poder Público. Ressaltando que um entrevistado da área A1, teve contato antes da execução das obras, descrevendo que: *“uma assistente social explicou que ali seria construído um piscinão, daquele igual ao do Pacaembu (Coberto) e que iriam ser construídas quadras de futebol e um parque para os moradores”*. Os outros três entrevistados da área A2 tiveram contato depois do início das obras, relatando que o Poder Público através de representantes foram até o local e afirmaram que ali seria construído um reservatório para combater as enchentes da região. Destaca-se

que neste local houve processo de desapropriação e, pelo fato de haver resistência por parte da população removida, foi maior o contato da Prefeitura.

Por semelhante modo, a pergunta número seis foi formulada com a intenção de descrever o conhecimento sobre educação ambiental dos entrevistados que responderam sim na pergunta número cinco (40% do total de entrevistados). Embora a pergunta tivesse relação com o Programa de Educação Ambiental destacado pelo Procav II, as respostas dadas acenavam para um desconhecimento do que venha ser educação ambiental, pois grande parte dos entrevistados, afirmaram que a Prefeitura tinha um programa de combate a dengue na região e que os filhos estudavam na escola a importância da natureza para a vida. Com relação ao Programa Educ-Ação arquitetado pelo Procav II e pelo Instituto Ecoar, nenhum dos entrevistados tinha conhecimento.

O questionário possibilitou evidenciar que a população de um modo geral aprovou o uso dos reservatórios. Embora não conhecessem as medidas não-estruturais todos alegaram ser importante a manutenção constante das obras e que de fato existisse um programa de educação ambiental para a comunidade. A maior queixa por parte dos moradores é o abandono das obras, o risco de doenças de veiculação hídrica e as promessas não cumpridas da criação de áreas de lazer dentro dos reservatórios.

A partir da opinião da população com as entrevistas, buscou-se levantar a visão dos executores e gestores das intervenções realizadas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo. Entretanto, por problemas de agenda do Secretário Executivo do Geprocav, não foi possível levantar as informações referentes ao posicionamento oficial dos responsáveis pelas obras. Da mesma maneira, não foram bem sucedidas as diversas tentativas de obter, do Instituto Ecoar, as informações relativas à implementação do programa de educação ambiental, viabilizando-se o acesso somente às informações vinculados pelo endereço eletrônico da Instituição<sup>25</sup>.

Neste contexto, é possível afirmar que as medidas estruturais entendidas como obras de engenharia civil, foram implementadas e de fato

---

<sup>25</sup> [www.ecoar.org.br](http://www.ecoar.org.br)

romperam com a visão higienista do aumento da condutividade hidráulica. Embora tão importante quanto a obra, às ações não-estruturais foram relegadas ou mesmo ignoradas posto que somente os reservatórios foram construídos. A superação do conceito higienista que buscava afastar-se rapidamente das águas contaminadas, **nesse contexto** deveria ser revisto uma vez que os reservatórios funcionam como criadouros de pragas urbanas, como insetos, ratos e microorganismos nocivos à saúde pública. Conforme preconizado pelo Programa Procav II a redução de doenças de veiculação hídrica seria um dos mais importantes componentes de intervenção realizada. Contraditório a essa afirmação é possível visualizar dentro do reservatório do Guaraú o funcionamento de uma escola pública (fig. 66).



**Figura 66** – Localização de uma escola pública dentro do reservatório do Guaraú.

A remoção da escola chegou a ser cogitada para outro local próximo à região – entretanto, até hoje continua funcionando normalmente. Um funcionário da escola relatou que é possível presenciar ratos andando pelo pátio e corredores, periodicamente é necessário colocar veneno para combater as pragas e que as aulas chegam a ser canceladas no período noturno, face à grande

quantidade de mosquitos. As áreas de lazer prometidas no contato com a população e contempladas pelo Programa Procav II, foram construídas de forma precária pelos moradores com o apoio de candidatos que, em ano eleitoral, ofereceram ajuda, mesmo desconsiderando o risco da contaminação por doenças de veiculação hídrica.

Associada ao problema das doenças, a manutenção nos reservatório é muito precária, caracterizando-se como uma simples limpeza. Conforme relato dos moradores: *“tem um trator que vem aqui e ajunta o lixo, depois... de vez em quando... aparecem os caminhões para levar, mas ai já espalhou tudo né... os caras só dão uma carioca, só para falar que limparam”*. Segundo informações vinculadas no Jornal SPTV no dia 12/09/2006, a manutenção de córregos e piscinões contam com um orçamento de R\$ 22.800.000,00 e a manutenção estava sendo executada periodicamente. Entretanto, conforme o relato dos moradores e as figuras 67 e 68, os reservatórios continuam assoreados.



**Figura 67** – Assoreamento do reservatório do Bananal.



**Figura 68** – Assoreamento do reservatório do Guarau. EPUSP, 2005.

O serviço de manutenção dos reservatórios é feito por empresas terceirizadas, que fornecem a mão-de-obra e os equipamentos necessários. Em conversa com um funcionário da empresa Anastácio S.A. foi relatado que o

pagamento é feito por metro cúbico retirado mais às horas de trabalho da máquina que faz a raspagem do material assoreado. Vale lembrar que após as chuvas parte do material acumulado nos reservatórios é retirada pelos moradores para complemento de renda, em especial as garrafas pets e latas de alumínio. O uso e ocupação do solo também não contaram com um plano de monitoramento, o que fomentou inúmeras ocupações irregulares e predatórias nas áreas a montante. Essa ocupação gera uma grande movimentação de terra para a construção das casas que conseqüentemente é carregada pelos córregos e acabam sendo depositadas no fundo dos reservatórios. As ocupações irregulares por não terem um planejamento despejam seu esgoto e resíduos sólidos diretamente nos cursos d'água agravando ainda mais a qualidade das águas nos reservatórios. O gerenciamento da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo conforme destacado anteriormente é dividida em cinco subprefeituras o que acaba refletindo na condução das ações sobre o manejo de águas pluviais. A individualização e não cooperações entre os órgãos acabam por fragmentar as intervenções, desconsiderando a bacia enquanto unidade de planejamento.

Frente a este cenário é possível estabelecer uma interface no discurso oficial redigido no Programa Procav II. De um lado, a crescente preocupação ambiental foi enfatizada e contemplada, principalmente por exigência do órgão financiador internacional (BID) do outro, a luz da realidade, as obras civis foram a ação de fato concretizada. As medidas não-estruturais e o caráter inovador foram guardados, esquecidos e ignorados posteriormente ao término das obras. Fato semelhante foi observado por Margareth Uemura sobre o Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Guarapiranga, que afirma que existe um descompasso entre as medidas estruturais e não-estruturais e que sua implementação daria salvaguarda aos investimentos realizados.

O acompanhamento social, o trabalho de educação ambiental, o monitoramento do uso e manutenção da infra-estrutura instalada seriam elementos estruturadores e “preventivos”, assim como a regularização e a fiscalização, para que o programa consolidasse as intervenções realizadas e não se tornasse um “dreno” de investimentos públicos (JEMURA, 2000, p. 208).

Pode-se afirmar que as intervenções realizadas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo abarcaram apenas parte o novo conceito de manejo de águas

pluviais. Foram de fato construídos dois reservatórios para amortecimento das cheias, visando reservar o pico de vazão próximo ao local gerado. Entretanto, com relação às medidas de convivência com os cursos d'água o Programa contemplou somente a idéia e se limitou ao discurso.



## 6 Considerações finais

Durante muito tempo as modernizações das cidades foram arquitetadas sem levar em consideração os fluxos habituais da natureza. Neste contexto deu-se “domesticação” dos rios e o aprisionamento de suas águas em superfícies impermeabilizadas. A crença no afastamento das águas para resguardo da saúde foi associada aos conceitos de engenharia hidráulica e amplamente difundido no meio acadêmico e técnico das instituições. A falsa segurança proporcionada pelas canalizações possibilitou que a população ocupasse as várzeas e fundos de vale, locais que antes pertenciam às grandes cheias.

O aumento populacional nos centros urbanos acompanhado da crescente ocupação predatória engendrou problemas cada vez maiores nos sistemas naturais hídricos. A necessidade de grandes intervenções começou a mostrar fragilidades estruturais tornando ineficientes os sistemas de drenagem existentes. As ações pontuais utilizadas só produziam novos pontos de alagamento, precisando, portanto, de um planejamento que levasse em consideração a bacia hidrográfica como um todo. Sendo assim, novos paradigmas começaram a serem discutidos frente ao crescente imperativo ambiental das intervenções.

Esta pesquisa buscou demonstrar as diferentes concepções sobre o manejo de águas pluviais, com maior ênfase na terceira fase, que agrega as preocupações com a questão ambiental. No Brasil por mais recente que seja, já existem interessantes projetos que levaram em consideração a questão do meio ambiente. Como forma de avaliar os resultados de projetos que incorporam novas abordagens foi feito o estudo de caso da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo, localizada na região noroeste da cidade de São Paulo. A bacia foi objeto de intervenção do Programa Procav I e II, que incorporam obras com diferentes abordagens. O primeiro tinha como escopo a canalização de córregos e a construção de avenidas de fundos de vale relacionada principalmente à necessidade de interligação viária, já que grande parte da extensão do córrego

corre sob uma das principais artérias de circulação da bacia, a avenida Inajar de Souza. Já o segundo Programa abarcou, no discurso, uma nova concepção, que agrega as necessidades social e ambiental das intervenções.

De acordo com a literatura existente o Programa Procav II contemplou todas as premissas ambientais no trato com o manejo de águas pluviais urbanas, justificando a necessidade de uma integração nas ações realizadas, com um efetivo controle do uso e ocupação do solo, com um plano de educação ambiental, de monitoramento e de manutenção, buscando com isso, romper a visão limitada de apenas intervir sobre os cursos d'água e resgatar a importância da água na paisagem urbana.

Apesar do caráter amplo e emocionante do discurso, a realidade demonstrou que a prevalência hidráulica com o predomínio de obras continua arraigada às ações públicas referentes à drenagem. De todas as premissas contempladas no discurso apenas as obras de amortecimento foram executadas. As medidas de caráter compensatório de melhor convívio com os corpos hídricos foram relegadas ou tiveram apenas a função de retórica na negociação com o órgão financiador internacional (BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento), que exigiu que a intervenção tivesse um cunho social e ambiental. Os rios continuam a agonizar em seus leitos de concreto e, para a população moradora das várzeas e fundos de vale, ficam as conseqüências do abandono, da inadequada manutenção e da ausência das necessárias medidas de caráter não estrutural. O resgate da importância dos rios e córregos é possível e a nova visão sustentável do manejo de águas pluviais urbanas traz novas perspectivas para um cenário de melhoria da qualidade das águas. Os Planos Diretores de Drenagem Urbana poderão desempenhar um papel importante, neste sentido. Espera-se que, a partir do melhor entendimento do papel de cada um na sociedade e sua responsabilidade na manutenção da vida seja possível afastar a idéia de que a canalização dos rios e córregos, escamoteada da paisagem, seja a melhor solução para o problema das enchentes urbanas. Exemplos recentes, como o do Projeto da Teia – Casa de Criação, de Recuperação Ambiental do Córrego do Tijuco Preto na cidade de São Carlos, onde foi executado o destamponamento do córrego e criado um parque linear, mostram que a valorização da água no meio urbano é possível. Nesse contexto

identifica-se a conveniência de ampliar e aprofundar o debate sobre o manejo das águas pluviais e estratégias para efetiva implementação de medidas não-estruturais de prevenção das enchentes.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, Alex kenya, et al. **Urbanismo**: História e desenvolvimento. São Paulo, 1995. Disponível em <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/ttpcc16.pdf> Acesso em 03/12/2005.

AGÊNCIA ESTADO. **Pesquisa ressalta importância das várzeas paulistanas**. São Paulo. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/print/2001/out/04/56.htm/> em fevereiro de 2003.

AGRA, Sidnei Gusmão. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. Porto Alegre: UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2001. (Dissertação de Mestrado).

ANDRADE, Carlos Roberto Monteiro de. **A peste e o plano**: o urbanismo sanitário do engenheiro Saturnino de Brito. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1992. 2v. (Dissertação de Mestrado).

BARROS, André Luiz Monteiro de. HIDROPLAN o Plano discutido. In: **Revista Engenharia**, São Paulo, n. 548, 2001. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com.br/Hidroplan548.htm>. Acesso em: 20 jul. 2006.

BARROS, Mario Thadeu Leme de. (Coord.). **A questão da água nas cidades brasileiras**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

\_\_\_\_\_. (Coord.). **Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas em áreas urbanas**. São Paulo: EPUSP, 2004.

BAPTISTA, Márcio, NASCIMENTO, Nilo, BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005.

BENEVOLO, Leonardo. **As origens da urbanística moderna**. 3. ed. Lisboa: Ed. Presença, 1994.

BEREZUSCHY, Elias. **Reservatórios de retenção**: critérios de projeto, métodos construtivos e problemas. São Paulo: FCTH, 2001. Disponível em: <http://www.fcth.br/public/cursos/unimar.html>. Acesso em: 18 jun. 2006.

BLAY, Eva Alterman. **Eu não tenho onde morar**: vilas operárias na cidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Nobel, 1985.

BRAGA, Roberto, CARVALHO, Pompeu F. C. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003.

BRASIL. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **A questão da drenagem urbana no Brasil**: elementos para formulação de uma Política Nacional de Drenagem Urbana. Brasília: MCidades, 2003.

BRITO, Francisco Saturnino Rodrigues de. **Obras completas de Saturnino de Brito**: Esgotos. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943. Vol. II.

\_\_\_\_\_. **Obras completas de Saturnino de Brito**: Defesa contra inundações. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1944. Vol. XIX.

\_\_\_\_\_. **Obras completas de Saturnino de Brito**: Urbanismo. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1944. Vol. XX.

CANHOLI, Aluisio P. **O Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê**. S.D. disponível em: <http://www.geocities.com/capitolhill/senate/6505/drenagem.htm>. em maio de 2003.

\_\_\_\_\_. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Ed. Oficina de textos, 2005.

\_\_\_\_\_. *O Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê*. In: **Revista Água e Energia**, São Paulo, abril de 1999. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista/raee9904/drenagem.htm>. Acesso em: 21 jul. 2006.

CARDOSO NETO, Antônio. **Sistemas urbanos de drenagem**. São Paulo: s.d., Disponível em: <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2537/> em abril de 2005.

CARDOSO, Francisco José. **Ação pública em terrenos urbanos de fundo de vale**: estudo de uma bacia hidrográfica do município de Alfenas. Campinas: PUCCAMP, 2003. (Dissertação de Mestrado)

CASTRO, Leonardo Mitres Alvim; NASCIMENTO, Nilo Oliveira; BAPTISTA, Márcio Benedito. *Reflexões sobre critérios para a avaliação de sistemas de drenagem urbana*. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Aracaju: ABRH, 2001.

COELHO NETTO, Ana Luiza. *Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia*. In: GUERRA, Antonio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista da. (Orgs.) **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 3. ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1998.

COMITÊ DA BACIA DO ALTO TIETÊ (CBHAT). **Plano da Bacia do Alto Tietê**: Sumário Executivo. São Paulo: FUSP, 2002.

CRUZ, Marcus Aurélio S.; ARAUJO, Paulo Roberto; SOUZA, Vladimir Caramori B. *Estruturas de controle do escoamento urbano na microdrenagem*. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: ABRH, 1999.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares. *et al. Valorização da água no meio urbano: um desafio possível*. In: **XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Curitiba: ABRH, 2003.

DAEE. *Drenagem urbana no ABCD Paulista*. In: **Revista Água e Energia**, São Paulo, outubro de 1998. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista/raee9810/Piscinoes.html>. Acesso em: 21 jul. 2006.

DAEE; CONSÓRCIO ENGER-PROMON-CKC. **Plano Diretor de Macro drenagem da Bacia do Alto Tietê**: Calha do Rio Tietê entre as Barragens da Penha e Edgar de Souza: Diagnóstico Hidráulico-Hidrológico. São Paulo: DAEE, 1999. Disponível em: [www.dae.sp.gov.br/combateaenchantes/macrodrenagem/calhatietete/relatorio\\_calhatietete.html](http://www.dae.sp.gov.br/combateaenchantes/macrodrenagem/calhatietete/relatorio_calhatietete.html). Acesso em: 21 jul. 2006.

DEÁK, Csaba, SCHIFFER, Sueli Ramos (Orgs.). **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1999.

DREW, David. **Processos interativos Homem-Meio Ambiente**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2002.

EPUSP. **Plano de bacia urbana**: relatório final. São Paulo: FUSP, 2005.

FRANCO, Edu José. **Dimensionamento de bacias de retenção das águas pluviais com base no método racional**. Curitiba: UFPR - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2004. (Dissertação de Mestrado).

FUSP. **Plano da Bacia do Alto Tietê**. São Paulo: Comitê da Bacia do Alto Tietê. Fundação Universidade de São Paulo, 2002.

FRANÇOISE, Choay. **O urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 2000.

GEPROCAV. **Programa de Canalização de Córregos, Implantação de Vias e Recuperação Ambiental e social de fundos de Vale – PROCAV II**: Resumo Ambiental. São Paulo: São Paulo, *mimeo*, s.d..

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1994.

HAROUEL, Jean-louis. **História do urbanismo**. Tradução de Ivone Salgado Campinas: Ed. Papirus, 1990.

LEINZ, Viktor, Sérgio Estanislau do. **Geologia geral**. 13. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1998.

LIMA, Gilson Lameira de. **Segurando as águas**: modelo de reabilitação de sistema de drenagem urbana com enfoque em retenção urbanística. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2003. 2v. (Tese de Doutorado).

MARTINS, José Rodolfo S. *Obras de macro drenagem*, In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, Ed. UFRGS, 1995.

MATTES, Delmar. **O espaço das águas:** as várzeas de inundação na cidade de São Paulo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2001. (Dissertação de Mestrado).

MAUBERTEC Engenharia e Projetos LTDA. Projeto de melhoria hidráulica do Rio Tietê. **Revista Água e Energia**, São Paulo, outubro de 1998. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista/raee9810/Projeto.html> Acesso em: 21 jul. 2006.

MEYER, Regina, GROSTEIN, Marta Dora, BIDERMAN, Ciro. **São Paulo: metrópole**. São Paulo: Edusp/Imprensa Oficial, 2004.

MILOGRAMA, Jussanã; CAMPANA, Nestor Aldo. *Avaliação do desempenho de reservatórios de retenção no controle das cheias em áreas urbanas*. In: **XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Aracaju: ABRH, 2001.

MORETTI, R. S. ; NISHIHATA, N. M. . *Melhorias no Manejo de Águas Pluviais urbanas - Possibilidades Associadas aos Estacionamentos*. In: **XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2006, Florianópolis. A Construção do Futuro, 2006.

OLIVEIRA, Márcio de. A trajetória do discurso ambiental em Curitiba (1960-2000). In: **Revista de sociologia e política**. Curitiba, n. 16, p. 97-106, jun. 2001.

OLIVEIRA, Cleverson de. **Critérios de projeto para estruturas de reservação em drenagem urbana**. São Paulo: Escola Politécnica, 2004. (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, Paulo Sérgio Garcia de. **Estudo das várzeas visando o controle de cheias urbanas e a restauração ecológica:** o caso do parque linear do ribeirão das pedras, em Campinas, SP. Campinas: UNICAMP, 2004. (Tese de Doutorado).

ORTIZ, José Bernardo. *Um pouco do passado, presente e futuro*. In: **Revista Água e Energia**. São Paulo, outubro de 1998. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br/acervoepesquisa/relatorios/revista/raee9810/hist.html>. Acesso em: 21 jul. 2006.

OSTROWSKY, Maria de Sampaio Bonape. **Sistemática Integrada para controle de inundações em sub-bacias hidrográficas urbanas:** estudo de caso: a Bacia do Córrego Pirajussara sob o enfoque da integração de obras com ações de educação e percepção ambiental. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2000. (Tese de Doutorado).

PAOLETTI, Alessandro. *Modulo di approfondimento tematico 2*. In: **Curso de Gestão Integrada das Águas e dos Resíduos na Cidade**. Brasília: MCidade / HYDROAID, 2005.

PIVETTA, Marcos. Dificuldades fizeram construções parar em novembro, mas prefeitura prevê entregar três piscinões neste ano. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 10 jan. 1998, Caderno Cotidiano, p. 3.

PETRONE, Pasquale. *São Paulo no século XX*. In: AZEVEDO, Aroldo de. **A cidade de São Paulo**: Estudos de geografia urbana. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958.

PORTO, Mônica Ferreira do Amaral. Gestão Urbana e gestão das águas: caminhos da integração. In: **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 17, n. 47, p. 129-145, jan./abr. 2003.

\_\_\_\_\_. **Recursos hídricos e saneamento na Região Metropolitana de São Paulo**: um desafio do tamanho da cidade. Brasília: Banco Mundial, 2003.

PORTO, Rubem. *et al. Drenagem urbana*. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: ABRH / Ed. UFRGS, 2002.

RAMOS, Carlos Lloret; BARROS, Mário Thadeu Leme de; PALOS, José Carlos Francisco (Coord.). **Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo**. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999.

REIS FILHO, Nestor Goulart. **São Paulo e outras cidades**: produção social e degradação dos espaços urbanos. São Paulo: Ed. Hucitec, 1994.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal. *Legislação de uso e ocupação do solo*. In: **Plano Diretor Estratégico**. São Paulo: SEMPLA, 2003.

SILVA, Ricardo Toledo. **Saneamento de estruturas urbanas precárias**: subsídios para uma metodologia de intervenção. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1984. (Dissertação de Mestrado).

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. *Aspectos históricos da drenagem urbana no Brasil*. In: TUCCI, Carlos E.M. et al. **Hidrologia urbana na Bacia do Prata**. Porto Alegre: ABRH: IPH / UFRGS, 2002.

SILVEIRA, André Luiz Lopes da. *Hidrologia urbana no Brasil*. In: TUCCI, Carlos E.M. MARQUES, David M. L. da Mota. **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH / UFRGS, 2000.

SITTE, Camillo. **A construção das cidades segundo seus princípios artísticos**. São Paulo: Ed. Ática, 1992.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial**. Porto Alegre: UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2002. (Tese de Doutorado).

SPIRN, A.W., **O Jardim de Granito**. São Paulo: EDUSP, 1995.

SPÓSITO, Maria Encarnação Beltrão (Org.). **Urbanização e cidades: perspectivas geográficas**. Presidente Prudente: Ed. GASPERR / Unesp, 2001.

TASSI, Rutinéia. **Efeito dos microreservatórios de lote sobre a macrodrenagem urbana**. Porto Alegre: UFRGS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2002. (Dissertação de Mestrado).

TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa. **A dimensão socioambiental da ocupação dos fundos de vale urbanos no Município de São Paulo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. (Dissertação de Mestrado).

TUCCI, Carlos E.M. *Gerenciamento da Drenagem Urbana*, **RBRH**, v. 7, n. 1 p.5-25, 2002.

\_\_\_\_\_. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Porto Alegre: MCidades / Global Water Partnership / World Bank / UNESCO, 2005.

\_\_\_\_\_. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.

\_\_\_\_\_. **Curso de gestão das inundações urbanas**: módulo 01. Porto Alegre: MCIDADES / SNSA / PMSS. 2005.

TUCCI, Carlos E. M, GENZ, Fernando. *Controle do impacto da urbanização*. In: TUCCI, Carlos E.M. (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH / Ed. UFRGS, 1995.

TUCCI, Carlos E. M.; TASSI, Rutinéia. **Manejo de águas pluviais: avaliação e controle das águas pluviais**. Brasília: MCidades / Caixa Econômica Federal, 2005.

TUCCI, Carlos. E. M., BERTONI, Juan Carlos. (Org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

UEMURA, Margareth Matiko. **Programa de saneamento ambiental da Bacia do Guarapiranga: alternativa para proteção dos mananciais?**. Campinas: PUCAMP, 2000. (Dissertação de Mestrado)

YAZAKI, Luiz Fernando Orsini. *Plano de águas pluviais de Nova Friburgo*. In: **Termo de Referência para o Plano de Águas Pluviais de Nova Friburgo**. Nova Friburgo: MCidades – SNSA – Programa de drenagem urbana sustentável, 2005.

\_\_\_\_\_. **Revisão do Plano da Bacia hidrográfica do Alto Tietê: Drenagem urbana**. São Paulo: FABHAT / FUSP, 2006. Disponível em <http://www.agenciaaltotiete.org.br/documents/Drenagem.pdf>

**Anexos**

---

## Anexo A

Os Diferentes tipos de escoamento das bacias podem ainda ser classificado como:

- a) *Exorreicas*, quando o escoamento das águas é contínuo até o mar ou oceano, isto é, quando as bacias desembocam diretamente no nível marinho;
- b) *Endorreicas*, quando a drenagem esta voltada para uma depressão, desembocando em lagos ou dissipa-se nas areias do deserto;
- c) *Arreicas*, quando a drenagem não tem estrutura de uma bacia hidrográfica dada a insignificante taxa de precipitação ou pelo movimento dunário que obscurece as linhas de drenagem;
- d) *Cripitorreicas*, quando as bacias são subterrâneas.

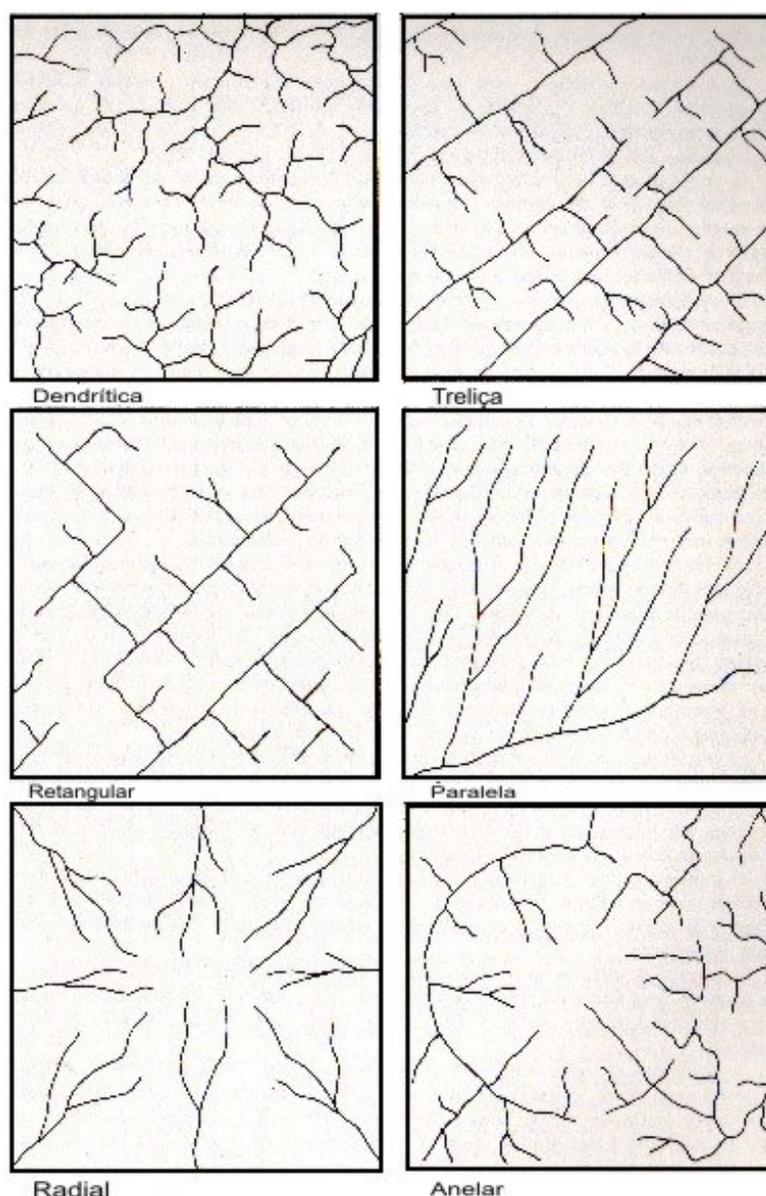
No que tange aos padrões de drenagem, Christofolletti (1974) destaca alguns tipos básicos (fig.05):

- a) *Drenagem dendrítica* – designada também como arborescente dada à semelhança a configuração de uma árvore. A corrente principal corresponde ao tronco da árvore, os tributários aos seus ramos e as correntes aos raminhos e folhas. Esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais;
- b) *Drenagem em treliça* – Predomina a direção reta e as alterações do curso se fazem em ângulos retos;
- c) *Drenagem retangular* – a configuração retangular caracteriza-se pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais, tanto as principais como as tributárias;
- d) *Drenagem paralela* – é denominada de paralela pelo fato de que os cursos d'água escoam quase paralelamente uns aos outros. Esse tipo de drenagem localizá-se em áreas onde há presença de vertentes acentuadas;

e) *Drenagem radial* – é composta por correntes fluviais que se encontram dispostas como os raios de uma roda, em relação ao ponto central, podendo se desenvolver sobre os mais variados embasamentos e estruturas;

f) *Drenagem anelar* – recebe esse nome pela semelhança com anéis, compara-se seu desenvolvimento ao crescimento anual dos dendros de uma árvore.

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, podendo ser influenciados pela disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica e pela diferentes declividades da área.



**Figura 69** – Disposição espacial dos principais tipos de padrões de drenagem. Christofolletti, 1974.

Conforme preconizado por Antonio Christofolletti em seu livro “*Geomorfologia*”, de 1974, a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence), a fim de facilitar e tornar mais objetivo os estudos sobre as bacias hidrográficas. Nesse sentido, destaca que:

[...] é justo salientar alguns conceitos empregados na análise hierárquica de bacias de drenagem. *Rede fluvial* ou *rede de canais* é o padrão inter-relacionado de drenagem formado por um conjunto de rios em determinada área, a partir de qualquer número de fontes até a desembocadura da referida rede. *Confluência* é o lugar onde dois canais se encontram; *fonte* ou *nascente* de um rio é o lugar onde o mesmo se inicia (nos mapas é representado pelo começo da linha azul). *Segmento fluvial* é o trecho do rio ou do canal ao longo do qual a *ordem* que lhe é associada permanece constante. *Rio base* de determinada rede é o rio que recebe somente tributários de ordens mais baixas que a sua. (CHRISTOFOLETTI, 1974, p. 85).

Segundo o mesmo autor, foi Robert E. Horton, em 1945 que propôs, de maneira mais precisa, os critérios referentes à ordenação dos cursos d'água. Creditava que os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os de segunda ordem somente recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem recebem um ou mais tributários de segunda ordem ou mesmo da primeira. E assim sucessivamente. Para determinar qual o afluente e qual o canal principal, destaca as seguintes regras: a) partindo da jusante da confluência, estende-se uma linha do curso d'água para montante; o canal confluyente que apresentar maior ângulo será considerado o de menor ordem; b) se ambos os cursos possuírem o mesmo ângulo, o rio de menos extensão é geralmente designado de ordem mais baixa.

## **Anexo B**

*Decreto de regulamentação municipal para controle da drenagem urbana proposto para Porto Alegre RS Brasil*

*DECRETO N o, De  
De  
Regulamenta o controle da drenagem urbana*

*O Prefeito Municipal de Porto Alegre, usando de suas atribuições legais e tendo em vista os Art. 97 e Art 135 § 6o da Lei Complementar 434/99 e considerando que:*

- compete ao poder público prevenir o aumento das inundações devido à impermeabilização do solo e canalização dos arroios naturais;*
- o impacto resultante da impermeabilização produz aumento de freqüência de inundações, piora da qualidade da água e aumento do transporte de material sólido, degradando o ambiente urbano;*
- deve ser responsabilidade de cada empreendedor a manutenção das condições prévias de inundação nos arroios da cidade, evitando-se a transferência para o restante da população do ônus da compatibilização da drenagem urbana;*
- a preservação da capacidade de infiltração das bacias urbanas é prioridade para a conservação ambiental dos arroios e rios que compõem a macrodrenagem e dos rios receptores do escoamento da cidade de Porto Alegre.*

*Declara que:*

*Art. 1º Toda ocupação que resulte em superfície impermeável, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de pluviais menor ou igual a 20,8 l/(s.ha).*

*§1º A vazão máxima de saída é calculada multiplicando-se a vazão específica pela área total do terreno.*

*§ 2º Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitam a infiltração da água para o subsolo.*

*§ 3º A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas, sarjetas e/ou redes de drenagem excetuando-se o previsto no § 4o deste artigo.*

*§ 4º As áreas de recuo mantidas como áreas verdes poderão ser drenadas diretamente para o sistema de drenagem.*

*§ 5º Para terrenos com área inferior a 600 m<sup>2</sup> e para habitações unifamiliares, a limitação de vazão referida no caput deste artigo poderá ser desconsiderada, a critério do Departamento de Esgoto Pluviais.*

*Art. 2º Todo parcelamento do solo deverá prever na sua implantação o limite de*

vazão máxima específica disposto no Art. 1º.

Art. 3º A comprovação da manutenção das condições de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo deve ser apresentada ao DEP (Departamento de Esgoto Pluviais).

§ 1º Para terrenos com área inferior a 100 (cem) hectares quando o controle adotado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório deve ser determinado através da equação:

$$v = 4,25 AI$$

Onde **v** é o volume por unidade de área de terreno em m<sup>3</sup>/hectare e **AI** é a área impermeável do terreno em %.

§ 2º O volume de reservação necessário para áreas superiores a 100 (cem) hectares deve ser determinado através de estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto com probabilidade de ocorrência de 10% em qualquer ano (tempo de retorno = 10 anos).

§ 3º Poderá ser reduzida a quantidade de área a ser computada no cálculo referido no §1º se for (em) aplicada(s) a(s) seguinte(s) ação (ões):

- Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) - reduzir em 50% a área que utiliza estes pavimentos;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem - reduzir em 40% a área de telhado drenada;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem - reduzir em 80% a área de telhado drenada;
- Aplicação de trincheiras de infiltração - reduzir em 80% as áreas drenadas para as trincheiras.

§ 4º A aplicação das estruturas listadas no § 3º estará sujeita a autorização do DEP, após a devida avaliação das condições mínimas de infiltração do solo no local de implantação do empreendimento, a serem declaradas e comprovadas pelo interessado.

§ 5º As regras de dimensionamento e construção para as estruturas listadas no § 3º bem como para os reservatórios deverão ser obtidas no Manual de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre.

Art. 4º Após a aprovação do projeto de drenagem pluvial da edificação ou do parcelamento por parte do DEP, é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície.

Parágrafo Único: A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção do volume adicional gerado de acordo com a equação do Art. 3º §1º.

Art. 5º Os casos omissos no presente decreto deverão ser objeto de análise

*técnica do Departamento de Esgotos Pluviais.*

*Art. 6º Este decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.*

## **Anexo C**

### **Capítulo III - Do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Urbano**

#### **Subseção IV - Da Drenagem Urbana**

**Art. 67** - São objetivos para o Sistema de Drenagem Urbana:  
*I - equacionar a drenagem e a absorção de águas pluviais combinando elementos naturais e construídos;*

*II - garantir o equilíbrio entre absorção, retenção e escoamento de águas pluviais;*

*III - interromper o processo de impermeabilização do solo;*

*IV - conscientizar a população quanto à importância do escoamento das águas pluviais;*

*V - criar e manter atualizado cadastro da rede e instalações de drenagem em sistema georreferenciado.*

**Art. 68** - São diretrizes para o Sistema de Drenagem Urbana:

*I - o disciplinamento da ocupação das cabeceiras e várzeas das bacias do Município, preservando a vegetação existente e visando à sua recuperação;*

*II - a implementação da fiscalização do uso do solo nas faixas sanitárias, várzeas e fundos de vale e nas áreas destinadas à futura construção de reservatórios;*

*III - a definição de mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, tais como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa;*

*IV - o desenvolvimento de projetos de drenagem que considerem, entre outros aspectos, a mobilidade de pedestres e portadores de deficiência física, a paisagem urbana e o uso para atividades de lazer;*

*V - a implantação de medidas não-estruturais de prevenção de inundações, tais como controle de erosão, especialmente em movimentos de terra, controle de transporte e deposição de entulho e lixo, combate ao desmatamento, assentamentos clandestinos e a outros tipos de invasões nas áreas com interesse para drenagem;*

*VI - o estabelecimento de programa articulando os diversos níveis de governo para a implementação de cadastro das redes e instalações.*

**Art. 69** - São ações estratégicas necessárias para o Sistema de Drenagem Urbana:

*I - elaborar e implantar o Plano Diretor de Drenagem do Município de São Paulo - PDDMSP integrado com o Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - PDMAT;*

*II - preservar e recuperar as áreas com interesse para drenagem, principalmente às várzeas, faixas sanitárias e fundos de vale;*

*III - implantar sistemas de retenção temporária das águas pluviais (piscinões);*

*IV - desassorear, limpar e manter os cursos d'água, canais e galerias do sistema de drenagem;*

*V - implantar os elementos construídos necessários para complementação do sistema de drenagem na Macrozona de Estruturação Urbana;*

*VI - introduzir o critério de "impacto zero" em drenagem, de forma que as vazões ocorrentes não sejam majoradas;*

*VII - permitir a participação da iniciativa privada na implementação das ações propostas, desde que compatível com o interesse público;*

*VIII - promover campanhas de esclarecimento público e a participação das comunidades no planejamento, implantação e operação das ações contra inundações;*

*IX - regulamentar os sistemas de retenção de águas pluviais nas áreas privadas e públicas controlando os lançamentos de modo a reduzir a sobrecarga no sistema de drenagem urbana;*

*X - revisar e adequar a legislação voltada à proteção da drenagem, estabelecendo parâmetros de tratamento das áreas de interesse para drenagem, tais como faixas sanitárias, várzeas, áreas destinadas à futura construção de reservatórios e fundos de vale;*

*XI - adotar, nos programas de pavimentação de vias locais e passeios de pedestres, pisos drenantes e criar mecanismos legais para que as áreas descobertas sejam pavimentadas com pisos drenantes;*

*XII - elaborar o cadastro de rede e instalações de drenagem.*

## Anexo D

LEI Nº 13.276, 04 DE JANEIRO DE 2002.

*Torna obrigatória à execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>.*

*Hélio Bicudo, Vice-Prefeito, em exercício no cargo de Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, faz saber que a Câmara Municipal, em sessão de 27 de dezembro de 2001, decretou e eu promulgo a seguinte lei:*

*Art. 1º - Nos lotes edificados ou não que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup> deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992.*

*Art. 2º - A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na seguinte equação:*

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$$

*V = volume do reservatório (m<sup>3</sup>)*

*A<sub>i</sub> = área impermeabilizada (m<sup>2</sup>)*

*IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h*

*t = tempo de duração da chuva igual a um hora.*

*§ 1º - Deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório.*

*§ 2º - A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.*

*Art. 3º - Os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, deverão ter 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.*

*§ 1º - A adequação ao disposto neste artigo deverá ocorrer no prazo de 90 (noventa) dias.*

*§ 2º - Em caso de descumprimento ao disposto no "caput" deste artigo, o estabelecimento infrator não obterá a renovação do seu alvará de funcionamento.*

*Art. 4º - O Poder Executivo deverá regulamentar a presente lei no prazo de 60 (sessenta) dias.*

*Art. 5º - Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.*

# Apêndice

---

Área \_\_\_\_\_  
Morador a \_\_\_\_\_ anos

**Questionário**  
**Moradores / Comerciantes**

**1. O reservatório (Piscinão) é satisfatório para combater as enchentes do Bairro?**

SIM ( )

NÃO ( )

**2. Quais os pontos positivos e negativos?**

Positivo \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Negativo \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3. Você foi procurado pelo Poder Público para discutir sobre a implantação do reservatório?**

SIM ( )

NÃO ( )

**4. Como foi?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. Você tem conhecimento sobre algum programa educacional sobre meio ambiente?**

SIM ( )

NÃO ( )

**6. Descreva**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_