Maria Cristina Santana Pereira

Relação de Eficiência e Custos dos Reservatórios de Detenção e Pavimento Permeável na Bacia Hidrográfica do rio Pirajuçara

São Paulo
2014

Maria Cristina Santana Pereira

Relação de Eficiência e Custos dos Reservatórios de Detenção e Pavimento Permeável na Bacia Hidrográfica do rio Pirajuçara

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Hidráulica, opção Recursos Hídricos.

Orientadora: Professora Dra. Monica Ferreira do Amaral Porto

São Paulo
2014

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de dezembro de 2014.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

Catalogação-na-publicação

Pereira, Maria Cristina Santana
Relação de eficiência e custos dos reservatórios de detenção
e pavimento permeável na bacia hidrográfica do rio Pirajuçara / M.C.S. Pereira. -- versão corr. -- São Paulo, 2014.
p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental.

1.Drenagem urbana 2.Reservatórios (Custos; Eficiência) 3.Simulação matemática 4.Pavimento permeável I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Pedro e Neusa,

e ao Alexandre Pelegrini

AGRADECIMENTOS

Agradeço a conclusão deste trabalho primeiramente a meus pais, pois, dentro do que puderam me ofertar, ofertaram o melhor.

À professora Monica Ferreira do Amaral Porto, que aceitou me orientar neste desafio.

Ao professor Rodolfo Scarati Martins pelo apoio, confiança e discussões a respeito de todo o trabalho.

Aos amigos e colegas do FCTH, citando a equipe da Drenagem: Rodrigo, Ana Carolina, Letícia, Luiz Orsini, Orlando, Ana Paula, Érika e, em especial a Cristiane Amaro; equipe da Hidráulica Computacional: Elisa, Flavia e Tiago; equipe do Lab: Sid, Carla, Daniela e Joaquim; e equipe do Saisp: Flavio, André e Sandra pela paciência, estímulo, discussões e dados para a elaboração deste trabalho.

Aos professores, funcionários e alunos do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP e dos demais departamentos envolvidos no programa de pós-graduação pela atenção, auxílio e presteza.

À geógrafa Letícia Palazzi pela atenção, estimulo e presteza.

Ao engenheiro Julio Canholi e à engenheira Lígia Girnius pelos dados fornecidos.

À engenheira Luciana Alves de Oliveira pela presença amiga, discussões e apoio durante todas as fases deste trabalho.

À engenheira Juliana Coelho, do CET, pela disponibilização de dados, paciência e amizade.

Ao engenheiro Armando Tobias, do DAEE, pelos dados fornecidos.

A Ana Paula, da PMSP, pela orientação precisa quanto à pesquisa de custos.

A Ana Maria, da SMA, pela presteza e cessão dos dados de logradouros do Estado de São Paulo.

Ao engenheiro Afonso Virgiliis, da Siurb, e à engenheira Rosangela Mota pela presteza, disponibilidade e atenção.

À jornalista Maria Carolina Gonçalves pela amizade, companheirismo e auxílio na correção gramatical.

Ao engenheiro Walter, da Empresascity, pelos dados fornecidos.

À amiga Débora Carvalho, pela paciência e amizade.

Aos amigos que me acompanharam durante todo esse trabalho, sem os quais a

jornada teria sido mais difícil; aos amigos dos quais me ausentei durante esse período, obrigada pela compreensão.

Aos meus irmãos e família que suportaram minha ausência e falta de companheirismo e atenção.

E acima de tudo a Deus.

EPÍGRAFE

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.”

(Leonardo da Vinci)

RESUMO

Devido à taxa de urbanização crescente e às deficiências do sistema de drenagem urbana, tem sido cada dia mais evidente a recorrência e o aumento das inundações nas cidades brasileiras. Nas últimas duas décadas, as medidas estruturais alternativas ganharam espaço nos grandes centros urbanos devido à possibilidade de redução do efeito das cheias através de sistemas de detenção e/ou retenção, sem transferir o volume incremental de água para a jusante. Esta dissertação objetiva analisar a relação custo/eficiência de reservatórios de detenção e de pavimentos permeáveis. Para tal, foi necessária a verificação da possibilidade de implantação do pavimento permeável sem infiltração, seguida da modelagem hidrológica com pavimento permeável e com reservatórios de detenção na bacia hidrográfica do rio Pirajuçara. Para o desenvolvimento dessas análises, foram realizadas simulações matemáticas com o software Hec-Hms. O software ArcGis foi a ferramenta SIG utilizada para a preparação dos dados de entrada. A base de dados que caracteriza os reservatórios de detenção foi fornecida pelo DAEE. Para o pavimento permeável, foram consultadas as pesquisas geradas em função do protótipo de pavimento permeável, implantado no estacionamento do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos, dentro da Universidade de São Paulo. Com as simulações e análises desenvolvidas, foi possível quantificar a redução do escoamento superficial gerado e estimar o custo de reservatórios de detenção e pavimento permeável por unidade de redução do escoamento superficial.

Este estudo evidencia que nas bacias de área menor, o uso do pavimento permeável apresenta uma boa relação custo/eficiência, sendo equivalente ao uso de reservatórios de detenção. Conclui-se que, quanto menor a área de implantação, mais competitivo fica o uso do pavimento permeável como medida estruturante.

Palavras-chave: Pavimento permeável. Reservatórios de detenção. Custo/eficiência.

ABSTRACT

The increasing urbanization rate and deficiency of urban drainage systems in Brazil has contributed to changes in the recurrence and impacts of urban floods. The actions to reduce the magnitude and damages caused by floods so far are mostly local and focused on classical solutions of urban drainage. The use of structural measures during the last two decades have increased in urban centers due to its effectiveness in reducing the effects of floods without transferring the incremental volume of water to downstream. The most common solutions are detention and/or retention systems. The objective of this dissertation is to analyze the relationship between cost and efficiency of detention reservoirs and permeable pavements. The feasibility of the implementing permeable pavements with retention underneath, that is, permeable pavements that do not infiltrate directly to the ground was analyzed in the Pirajuçara watershed area in São Paulo. A hydrological model was used to compare the response of the permeable pavement solution with the detention reservoirs already installed in the watershed. The hydrological simulation used the HEC-HMS software together with a GIS tool based on ArcGis software. The detention system database was provided by DAEE- Departamento de Águas e Energia Elétrica. The permeable pavement data on cost and efficiency was derived from the prototype installed the parking lot of the Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos at the Universidade de São Paulo. This study was able to quantify the reduction of runoff generated, estimate the cost of permeable pavements per unit of reduction and compare it with the peak reduction of the reservoirs. This study showed that, on small watersheds, the use of permeable pavement presents a better cost/efficiency relationship, equivalent to the use of detention reservoirs. The conclusion is that the smaller the watershed, the more competitive is the solution of permeable pavement when compared to other structural measures.

Keywords: Permeable pavement. Detention reservoirs. Cost and efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Inundação no Vale do Anhangabaú (SP) - em 27/03/2012 20
Figura 2 - Crescimento Urbano Brasileiro 25
Figura 3 - Características dos leitos do rio 27
Figura 4 - Áreas urbanas inundáveis 27
Figura 5 - Ocorrência de Inundações e/ou alagamentos em áreas urbanas do município 28
Figura 6 - Relação entre a densidade de domicílios e a impermeabilização dos terrenos em diferentes cidades 30
Figura 7 - Relação entre a densidade de domicílios e a impermeabilização na Grande São Paulo 31
Figura 8 - Evolução da utilização de obras de detenção em centros urbanos 32
Figura 9 - Trincheira de infiltração 36
Figura 10 - Esquema de uma trincheira com alimentação direta 36
Figura 11 - - Esquema de uma trincheira com alimentação indireta 37
Figura 12 - Exemplo de vala de infiltração 39
Figura 13 - Representação de uma vala de infiltração 40
Figura 14 - Esquema de um poço de infiltração 42
Figura 15 - Exemplo de um poço de infiltração 43
Figura 16 - Telhado verde 44
Figura 17 - Comparação de escoamentos em um telhado verde e em um telhado tradicional 45
Figura 18 - Esquema e exemplo de uma cobertura vegetalizada 46
Figura 19 - Exemplo de telhado verde na cidade São Paulo 46
Figura 20 - Barril de chuva e Cisterna 48
Figura 21 - Esquema da configuração de um microrreservatório 49
Figura 22 - Bacia de detenção a céu aberto Piscinão Aricanduva V 51
Figura 23 - Bacia de detenção subterrânea ou coberta. Piscinão do Pacaembu 51
Figura 24 - Reservatório com espelho d’água permanente 52
Figura 25 - Reservatório on-line 53
Figura 26 - Reservatório off-line 53
Figura 27 - Exemplo de pavimentos permeáveis em estacionamento 55

Figura 28 - Exemplo de pavimentos permeáveis com bloco de concreto 56
Figura 29 - Perfil da área revestida com Blocos Intertravados de Concreto 57
Figura 30 - Perfil da área revestida com Concreto Asfáltico Poroso tipo CPA 57
Figura 31 - Perfil da área revestida com Concreto Asfáltico Poroso tipo CPA, sem reforço de subleito.....58
Figura 32 - Perfil da área revestida com Concreto Asfáltico Poroso tipo CPA, com reforço de subleito.....58
Figura 33 - Fluxograma para análise de viabilidade.....61
Figura 34 - Hidrograma unitário - NRCS 70
Figura 35 - Bacia do rio Pirajuçara.....73
Figura 36 - Mapa altimétrico da bacia do rio Pirajuçara 74
Figura 37 - Reservatórios de Detenção na Bacia Hidrográfica do rio Pirajuçara 75
Figura 38 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na 2 ª etapa 76
Figura 39 - Base de curvas de Nível 77
Figura 40 - Pontos Cotados.....78
Figura 41 - Logradouros da bacia do rio Pirajuçara 79
Figura 42 - Discretização das sub-bacias 81
Figura 43 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica utilizando o Hec-Hms.....83
Figura 44 - Bacia do rio Pirajuçara no modelo Hec-Hms 84
Figura 45 - Curve Number natural.....85
Figura 46 - Relação de porcentagem de área impermeável x densidade domicílio/ha 87
Figura 47 - Separação da porcentagem de impermeabilização por sub-bacia 88
Figura 48 - Hietograma de projeto TR 2 anos - Reservatório de Detenção 91
Figura 49 - Hietograma de projeto TR 10 anos - Reservatório de Detenção 92
Figura 50 - Hietograma de projeto TR 25 anos - Reservatório de Detenção 92
Figura 51 - Hietograma de projeto TR 50 anos - Reservatório de Detenção 93
Figura 52 - Hietograma de projeto TR 100 anos - Reservatório de Detenção 93
Figura 53 - Hietograma de projeto TR 2 anos - Pavimento Permeável 94
Figura 54 - Hietograma de projeto TR 10 anos - Pavimento Permeável 94
Figura 55 - Hietograma de projeto TR 25 anos - Pavimento Permeável 95
Figura 56 - Hietograma de projeto TR 50 anos - Pavimento Permeável 95

Figura 57 - Hietograma de projeto TR 100 anos - Pavimento Permeável 96
Figura 58 - Curva volume x descarga - reservatório Nova República 97
Figura 59 - Curva volume x descarga - reservatório CPTM 97
Figura 60 - Curva volume x descarga - reservatório do Parque dos Pinheiros 98
Figura 61 - Curva volume x descarga - reservatório Portuguesinha 98
Figura 62 - Curva volume x descarga - reservatório Sharp.....99
Figura 63 - Curva volume x descarga - reservatório Cedrolândia 99
Figura 64 - Fluxograma das atividades de SIG para levantamento da área de implantação do pavimento permeável.....101
Figura 65 - Raster da bacia do rio Pirajuçara.....102
Figura 66 - Declividades da bacia do córrego Pirajuçara 103
Figura 67 - Declividade média por microbacia 104
Figura 68 - Logradouros com declividade menor que 1,5% 105
Figura 69 - Hidrogramas no exutório das bacias do rio Pirajuçara.....114
Figura 70 - Hidrogramas no exutório da bacia do rio com pavimento permeável....117
Figura 71 - Hidrograma no exutório da bacia do rio Pirajuçara com reservatório de detenção 120
Figura 72 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 2 anos 126
Figura 73 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 10 anos 126
Figura 74 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 25 anos 127
Figura 75 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 50 anos 127
Figura 76 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 100 anos 128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População e urbanização na América Latina 24
Tabela 2 - Técnicas compensatórias. 34
Tabela 3 - Reservatórios em operação na bacia do rio Pirajuçara. Fonte: DAEE (2013) 75
Tabela 4 - Sub-bacias 81
Tabela 5 - Lag Time 86
Tabela 6 - Porcentagem média da impermeabilização por sub-bacia 89
Tabela 7 - Previsão de máximas alturas de chuva em mm para São Paulo 90
Tabela 8 - Tabela comparativa de preços por m^2 106
Tabela 9 - Preço do Pavimento Permeável CPA por m^2 108
Tabela 10 - Preço do Pavimento Convencional por m^2 109
Tabela 11 - Custos dos reservatórios de detenção 110
Tabela 12 - Valor de mercado para o m^2 de lotes urbanos 111
Tabela 13 - Vazão de pico dos hidrogramas de saída sem a implantação de medida de controle (m^3/s) 113
Tabela 14 - Vazão de pico do hidrograma de saída com pavimento permeável (m^3/s) 115
Tabela 15 - Porcentagem de abatimento na vazão de pico do hidrograma de saída com Pavimento Permeável 116
Tabela 16 - Abatimento do pico do hidrograma (m^3/s) 117
Tabela 17 - Vazão de pico no hidrograma de saída com a implantação de reservatório de detenção (m^3/s) 118
Tabela 18 - Porcentagem de abatimento do pico do hidrograma de saída com Reservatório de Detenção 119
Tabela 19 - Abatimento na vazão de pico do hidrograma de saída 121
Tabela 20 - Custo de implantação dos reservatórios de detenção implantados na bacia do rio Pirajuçara 122
Tabela 21 - Custo estimado das áreas de implantação dos reservatórios 122
Tabela 22 - Custo total de implantação dos reservatórios de detenção 123
Tabela 23 - Custo do pavimento permeável implantado na bacia do rio Pirajuçara 123
Tabela 24 - Relação custo/eficiência para os reservatórios de detenção 124

Tabela 25 - Relação custo/eficiência para o pavimento permeável 125
Tabela 26 - Relação do custo para obtenção da redução de 1m^3/s na vazão de pico com o emprego do pavimento permeável e o reservatório de detenção.....125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAT	Bacia do Alto Tietê
BDI	Bonificação de Despesas Indiretas
BMPs	Best Management Practices
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CABC	Análise de Bacias Complexas
CN	Curve Number
CPA	Camada Porosa de Atrito
CTH	Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos
CVL	Cobertura Verde Leve
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo
DWG	Drawing
EMPLASA	Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano
EPA	Environmental Protection Agency
ETS	Especificações Técnicas de Serviço
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FURG	Universidade Federal do Rio Grande
FUSP	Fundação de Apoio a Universidade de São Paulo
HEC	Hydrologic Engineering Center
HMS	Hydrologic Modeling System
HU	Hidrograma Unitário
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
IAURIF	Institut d`amenagement et D`urbanisme de la région d`îie-de-France
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade Duração e Frequência
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
IP	Instruções e Projeto
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LID	Low Impact Development

MCs	Medidas de Controle na Fonte
MDC	Mapa Digital da Cidade
MDE	Mapa Digital de Elevação
NRCS	Natural Resources Conservation Service
PDF	Portable Document Format
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
SAD	South American Datum
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SAISP	Sistema de Alerta e Inundações de São Paulo
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
SWMM	Storm Water Management Model
TCA	Termos de Compromisso e Autorização
TR	Período de Retorno
UFPel	Universidade Federal de Pelotas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade de São Paulo
UNDESA	United Nations Department of Economic and Social Affair
USACE	U.S. Army Corps of Engineers
UTM	Universal Transverse Mercator
WSUD	Water Sensitive Urban Design

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19
2. OBJETIVOS 22
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 23
3.1. DESENVOLVIMENTO URBANO 23
3.2. DRENAGEM URBANA E ÁGUAS PLUVIAIS 26
3.3. IMPACTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO 29
3.4. MEDIDAS PARA O CONTROLE DE INUNDAÇÕES URBANAS 31
3.4.1. Trincheiras de Infiltração e Detenção 35
3.4.2. Valas, Valetas e Planos de Infiltração 38
3.4.3. Poços de infiltração 41
3.4.4. Telhados armazenadores 44
3.4.5. Microrreservatórios (Barris de Chuva e Cisternas) 47
3.4.6. Reservatórios de Controle de Cheias 49
3.4.7. Pavimentos Permeáveis 54
3.5. MODELAÇÃO HIDROLÓGICA 64
3.5.1. Modelo hidrológico do Natural Resources Conservation Service- NRCS66
3.5.2. O software Hec-Hms 71
4. ÁREA DE ESTUDO 72
5. MATERIAIS E MÉTODOS 76
5.1. MATERIAL UTILIZADO 77
5.2. DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO RIO PIRAJUÇARA 80
5.3. MODELAÇÃO HIDROLÓGICA 82
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO 112
6.1. SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS 112
6.2. CUSTOS DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO E PAVIMENTO PERMEÁVEL 121
6.3. RELAÇÃO CUSTO/EFICIÊNCIA DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO E DO PAVIMENTO PERMEÁVEL 124
7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES 129
8. REFERÊNCIAS 134
APÊNDICE A - HIDROGRAMAS 141

ANEXO A - CÁLCULO DOS VALORES DE CN NAS SUB-BACIAS DO ALTO TIETÊ 162
ANEXO B - BACIA DO ALTO TIETÊ - COMPARTIMENTAÇÃO DAS SUB-BACIAS 165
ANEXO C - FORMULÁRIOS DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO..... 166
ANEXO D - ORÇAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO..... 171
ANEXO E - DOSAGEM DO CPA..... 182

1. INTRODUÇÃO

O grande crescimento urbano das últimas décadas, associado ao uso das medidas ditas tradicionais ou clássicas de drenagem urbana, tem provocado a cada ano o aumento da frequência das inundações nos centros urbanos.

O descompasso entre a expansão urbana e a implantação de infraestrutura foi gerado pelas elevadas taxas de crescimento populacional urbano (NASCIMENTO; HELLER, 2005), a partir do segundo quarto do século XX.

Ano a ano, nos períodos de chuvas mais intensas, os episódios de inundações se repetem em todo o Estado de São Paulo. Segundo pesquisa divulgada pelo jornal O Estado de São Paulo, no período de dezembro/2009 a fevereiro/2010, as chuvas intensas fizeram vítimas em diferentes regiões do Estado de São Paulo, onde 78 pessoas morreram e mais de 20 mil ficaram desabrigadas.

No Brasil, a carência de dados específicos e concretos dos gastos resultantes de prejuízos com enchentes e inundações é uma realidade (BAPTISTA; NASCIMENTO 1996; BAPTISTA et al., 2005). Segundo Collis (2004), as perdas econômicas devidas a inundações chegam a 2% do PIB em países desenvolvidos. Para países em desenvolvimento, essa proporção pode chegar a 13%. Saito e Sausen (2011) analisaram os prejuízos causados pelas inundações no Rio Grande do Sul no período de novembro de 2009 a janeiro de 2010 e encontraram, para a maior parte dos municípios estudados, prejuízos totais entre 10% e 13% de seu PIB.

Para Tucci (2005), um dos aspectos geradores dos problemas da urbanização, que em grande parte se deve à forma como esta se desenvolveu, sendo a vilã da geração do escoamento superficial, é a falta de conhecimento tanto da população quanto de profissionais de diferentes áreas sobre esses problemas e suas causas.

A urbanização provoca alteração em diversas fases do ciclo hidrológico, pois modifica diretamente a dinâmica natural dos corpos d’água e das superfícies das bacias hidrográficas.

As inundações em bacias urbanizadas ocorrem devido ao aumento do volume e à velocidade do escoamento superficial, os quais são gerados em grande parte pela alteração das fases de interceptação, do armazenamento superficial e da infiltração

do ciclo hidrológico (BAPTISTA et al., 2005). A essas alterações do ciclo hidrológico soma-se a eficiência dos sistemas clássicos de drenagem urbana, que através de condutos artificiais geram escoamentos mais velozes, transferindo o volume de água escoado rapidamente de montante para a jusante, levando a uma maior magnitude dos picos de cheias; a Figura 1 apresenta um exemplo de inundação em área densamente urbanizada.

Figura 1 - Inundação no Vale do Anhangabaú (SP) - em 27/03/2012

Fonte: Grupo Folha, (2012).

Analisando o exposto, observa-se que, havendo ocupação e impermeabilização, faz-se necessária a gestão adequada dos aspectos relacionados à drenagem urbana na região, sendo que, nesse estágio, deve-se ter em mente a necessidade da eliminação ou redução do risco e o aprender a conviver com o risco de enchentes e inundações. É nesse momento que entram em cena as medidas de controle da drenagem urbana.

As medidas de controle de inundações podem ser classificadas como estruturais e não estruturais. As medidas estruturais são aquelas em que o controle das enchentes é feito por meio de obras hidráulicas. Já o controle feito através de medidas não estruturais, utiliza-se de medidas preventivas, tais como zoneamento de áreas de inundação, sistema de alerta e adoção de seguros. Um planejamento

consistente deve contemplar uma integração harmoniosa entre medidas estruturais e medidas não estruturais; e entre estas com o meio urbano, tendo-se sempre em mente o não aumento da cheia natural de um curso d´água (CANHOLI, 2005; TUCCI e GENS, 1995). Uma das formas de avaliar o desempenho dessas medidas antes de sua implantação é a utilização de modelos matemáticos hidrológicos/hidráulicos, por meio de softwares que permitem criar cenários, simular eventos e, dessa forma, avaliar as consequências da implantação de medidas de controle. A utilização desses modelos é útil no auxilio aos tomadores de decisão.

Na avaliação dessas medidas os custos envolvidos na implantação, manutenção, operação e as relações custo/eficiência de cada medida é fator primordial, e este deve ser considerado quando da escolha da medida a ser implantada.

Nesse contexto, este trabalho propõe a utilização de modelação hidrológica a fim de analisar e avaliar a eficiência de medidas de controle já implantadas na Região Metropolitana de São Paulo, no caso, os reservatórios de detenção; e verificar a possibilidade de implantação de medidas de controle na fonte, como o pavimento permeável. Apresenta também os custos dos reservatórios de detenção e pavimento permeável relacionado ao abatimento promovido quando implantado e traz ainda a relação custo/eficiência entre essas técnicas.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo são analisar a relação custo/eficiência de reservatórios de detenção em áreas urbanas; verificar a possibilidade de implantação alternativa de pavimentos permeáveis e reservatórios na mesma região; e quando possível a implantação, verificar a relação custo/eficiência dos mesmos. Para tal, será utilizada a bacia-piloto do rio Pirajuçara, situada na Região Metropolitana de São Paulo, por ser emblemática quanto ao aspecto inundações e por ter as características físicas necessárias para o desenvolvimento deste estudo.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Quantificar através de modelação matemática a redução do volume do escoamento superficial quando implantados reservatórios de detenção e pavimento permeável;
- Estimar o custo de reservatórios de detenção e de pavimento permeável por unidade de redução de escoamento superficial.
- Fornecer subsídios para avaliação de custos envolvidos no conjunto de soluções mais adequadas à solução dos problemas de drenagem urbana que integrem planejamento ambiental e meio urbano numa determinada bacia hidrográfica;
- Contribuir para que os tomadores de decisão envolvidos nas questões relativas à drenagem urbana possam se valer dessa avaliação, para a escolha das melhores alternativas de gestão dos riscos de inundações, assim atuando efetivamente na redução dos danos decorrentes das enchentes e inundações.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os processos de urbanização ocorridos ao longo do tempo e a drenagem urbana estão intimamente relacionados.

Desde o início das civilizações, são encontrados diversos relatos do estabelecimento do homem à beira de rios e córregos, pela facilidade de ocupação de áreas planas ao longo do rio, por questões militares ou ainda por ser área fértil. Porém, os antigos núcleos com pequena população foram se transformando ao longo dos tempos, dando lugar a núcleos populacionais maiores, onde o adensamento humano se fez mais frequente; bem como foram alteradas as condições naturais do solo, como o aumento da parcela impermeável e a supressão da vegetação, o que leva à alteração de toda a dinâmica de escoamento superficial, majorando as enchentes naturais e trazendo como consequências as inundações e os alagamentos.

3.1. DESENVOLVIMENTO URBANO

A intensificação da concentração das populações na área urbana é fato e vem sendo constatada, sobretudo a partir da segunda metade do século XX. Segundo Baptista et al. (2005) o INSTITUT D`AMÉNAGEMENT ET D`URBANISME DE LA RÉGION D`ÎIE-DE-FRANCE (IAURIF,1997), a população urbana mundial que, em 1950, representava 25% da população total, deve superar a casa dos 60% no ano de 2025.

O crescimento urbano nos países em desenvolvimento tem ocorrido de forma totalmente desordenada, levando a um processo insustentável, com o comprometimento da qualidade de vida e do meio ambiente.

América do Sul e México encontram-se com taxas de urbanização acima de 75%, enquanto que, na América Central, a taxa de urbanização está em torno dos 60%, segundo o UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIR (Undesa, 2012). Na Tabela 1 são apresentados para o ano de 2012, em ordem decrescente, o número de habitantes e a urbanização de alguns países da América Latina.

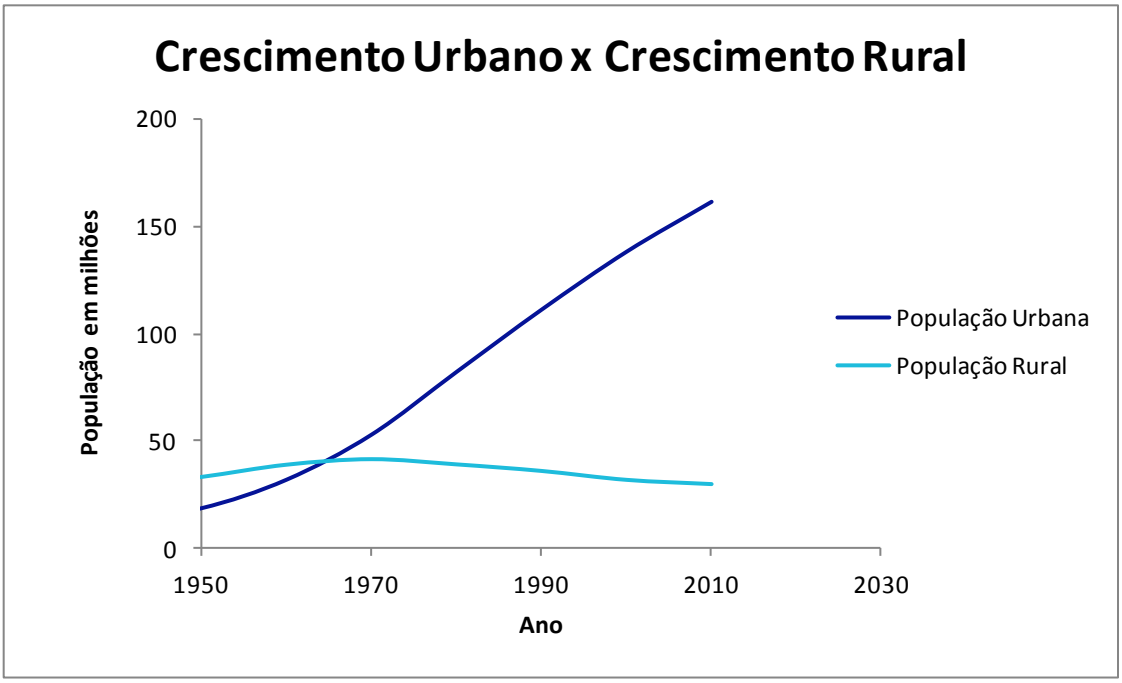
Tabela 1 - População e urbanização na América Latina

País	**População 100**	**% de população urbana**
Brasil	196.655	84,60
México	114.793	78,10
Colômbia	46.927	75,30
Argentina	40.765	92,50
Peru	29.400	77,30
Venezuela	29.437	93,50
Chile	17.270	89,20
Equador	14.666	67,50
Guatemala	14.757	49,80
Bolívia	10.088	66,80
Honduras	7.755	52,20
El Salvador	6.227	64,80
Paraguai	6.568	61,90
Nicarágua	5.870	57,50
Costa Rica	4.727	64,70
Uruguai	3.380	92,50
Panamá	3.571	75,30
Total/média	**552.856**	**73,15**

Fonte: Undesa (2014)

Para Fujita (2008), entre 1940 e 1980, ocorreu a inversão brasileira quanto ao lugar de residência da sua população, pois, nesse período, a população total do país triplicou, enquanto que a população urbana cresceu sete vezes e meia. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), na década de 1950, a população urbana total era de 18.782.891 habitantes, saltando para 160.925.792 habitantes no final da década de 2010, sendo que a população rural nas mesmas décadas decaiu de 33.211.506 para 29.830.007. Nesse período, observa-se um aumento de quase 10 vezes da população urbana, enquanto que para a população rural houve um pequeno decréscimo. A Figura 2 demonstra esse comportamento.

Figura 2 - Crescimento Urbano Brasileiro



Fonte: IBGE (2011)

O crescimento expressivo da população urbana é desencadeado pelos processos de urbanização ocorridos ao longo do tempo, sendo que estes estão intimamente relacionados à drenagem urbana. Isso se deve ao fato de a drenagem urbana ser um dos elementos de infraestrutura da urbanização.

As cheias correspondem ao aumento natural das vazões nos rios em função da sazonalidade hidrológica. A passagem das cheias por um curso d'água faz com que a água ocupe áreas denominadas ribeirinhas ou várzeas de inundação. A ocupação desordenada dessas áreas pode transformar o efeito da cheia em uma calamidade pública, com perdas econômicas e de vidas, levando a prejuízos não quantificáveis.

No entanto, a ocupação urbana das várzeas de inundação é fato recorrente e tornou-se um dos problemas nos centros urbanos. Sendo assim, soluções devem ser buscadas principalmente no que tange ao planejamento e ao controle de uso e ocupação do solo em áreas onde a ocupação de várzeas e fundo de vale ainda não esteja consolidada. Instalado o problema, a escolha das medidas de controle do escoamento superficial a serem implantadas deve ser por alternativas que priorizem a utilização de técnicas que não somente transfiram o problema das inundações para a jusante, mas que busquem soluções para que tal não ocorra. Nesse cenário, uma alternativa é a busca da implementação das técnicas alternativas de drenagem

urbana.

3.2. DRENAGEM URBANA E ÁGUAS PLUVIAIS

O processo de urbanização interfere diretamente nos sistemas de drenagem urbana, pois a impermeabilização do solo e a rede de condutos pluviais criam caminhos mais rápidos para o escoamento superficial das águas, provocando, dessa forma, o aumento da frequência e da magnitude das enchentes.

Os diversos processos relativos a problemas com o biênio águas pluviais/ drenagem urbana encontram-se definidos no livro Mapeamento de riscos em encostas e margens dos rios (MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT, 2007), no qual se tem:

Enchente ou cheia - é o aumento da vazão (descarga), provocando uma elevação do nível nos cursos d’água devido às águas de chuva.

Inundação - processo que ocorre quando a enchente atinge uma cota acima do nível máximo da calha de leito menor do rio, provocando seu extravasamento.

Alagamento - nome dado quando há a ocorrência de acúmulo momentâneo de água em uma determinada área devido a falhas no sistema de drenagem urbano.

Graciosa e Mendiondo (2007) definem cheia como fenômeno natural, que pode ou não causar enchente e inundação e diferem do conceito de enchente que é associado à vazão máxima, no entanto sem a extravasamento do canal.

Esse estudo refere-se às enchentes e inundações, por estarem relacionadas ao problema de macrodrenagem. Sendo assim, é importante ter em mente que tais processos ocorrem em regiões denominadas fundo de vale, ou seja, áreas próximas a rios e córregos, e que a ocupação desses locais ocorre de forma variável e muitas vezes inadequada ao regime de cheias do corpo d' água.

O fundo de vale ocupa a área denominada planície de inundação, várzea ou leito maior do rio, que são as áreas marginais que recebem os excessos de água do canal do rio durante uma inundação. Na Figura 3 é apresentado um exemplo de leito menor e leito maior de inundação.

Figura 3 - Características dos leitos do rio

Fonte: Tucci (2005)

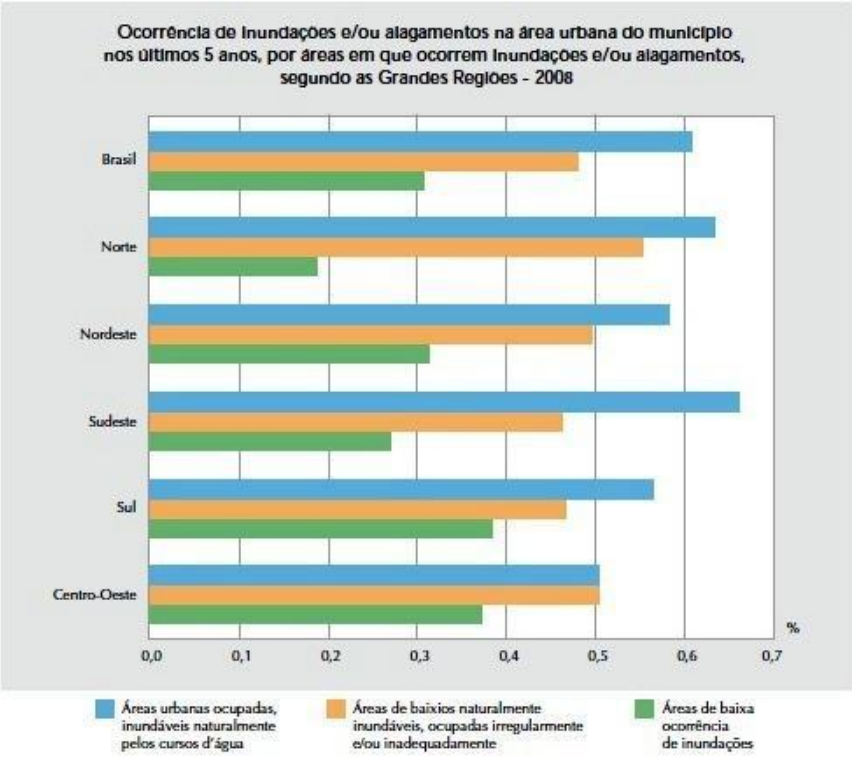
Inundações devido à urbanização ocorrem na drenagem urbana devido ao efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções do escoamento (TUCCI,2005).

No mapa de áreas urbanas naturalmente inundáveis apresentado na Figura 4 constata-se a ocupação desordenada do uso do solo. A unidade da federação mais urbanizada, região Sudeste, possui a maior percentagem de área urbana inundável do Brasil, como apresentado na Figura 5.

Figura 4 - Áreas urbanas inundáveis

Fonte: IBGE (2011)

Figura 5 - Ocorrência de Inundações e/ou alagamentos em áreas urbanas do município



Fonte: IBGE (2011)

Esclarecida a terminologia referente ao que ocorre quando a chuva atinge o solo, ainda faz-se necessário entender o significa risco de inundação.

O Ministério das Cidades (2007) define risco, como a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Graciosa e Mendiondo (2007) acrescenta a este conceito a dependência de três fatores: ameaça vulnerabilidade e exposição na caracterização de risco.

Toda e qualquer bacia hidrográfica está suscetível a sofrer cheias ou inundações. Dessa forma, para a determinação das melhores práticas de drenagem urbana, faz-se necessário a gestão do os riscos de inundação da bacia hidrográfica a ser estuda. Segundo Tucci (2005), os riscos devem ser avaliados em função da perda de vidas e dos prejuízos econômicos.

3.3. IMPACTOS DA IMPERMEABILIZAÇÃO

O aumento de geradores de impermeabilização nas cidades como as vias pavimentadas, coberturas e estacionamentos, associado à falta de um direcionamento preciso do uso e da ocupação do solo ou do código de obras dos municípios, resulta na sobrecarga do sistema de drenagem local com picos de vazão que a infraestrutura instalada não consegue absorver, ocasionando as inundações que assolam diversos municípios no país. O impacto da urbanização nos processos hidrológicos é observado por meio das alterações das seguintes fases do ciclo hidrológico: interceptação, armazenamento superficial e infiltração. Essas alterações ocasionam o aumento do escoamento superficial provocando enchentes e inundações antes inexistentes. O crescimento expressivo da população urbana é acompanhado da impermeabilização das regiões onde estas se estabeleceram. Dessa forma, o aumento da mancha urbana tornou-se problemática à medida que a política de planejamento urbano e a infraestrutura desses centros não foram adequadas a essa nova realidade.

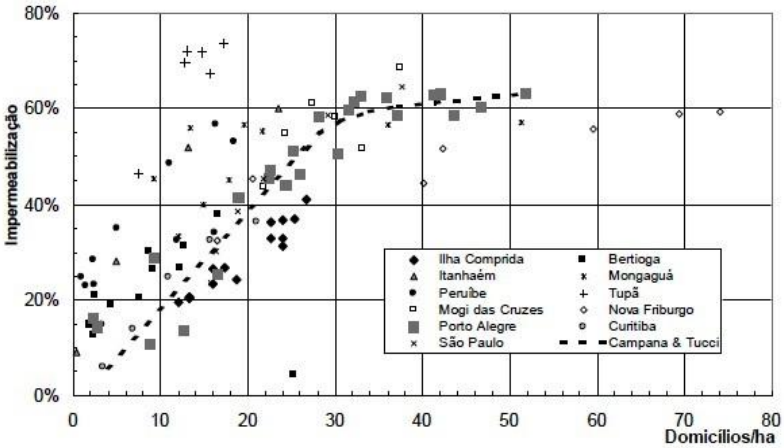
De acordo com estudo realizado durante doze anos pelo Urban Drainage and Flood Control no Distrito de Denver apud Urbonas (1992), o coeficiente de escoamento superficial aumenta em função do aumento do volume de precipitação. Dessa forma, para várias intensidades de precipitação sobre a mesma bacia, resultarão diferentes coeficientes de escoamento superficial. Desta forma, não se pode considerá-lo constante, mas que aumenta na medida em que a impermeabilização também aumenta.

No tocante a essa problemática, o estudo desenvolvido por Campana e Tucci (1994) foi pioneiro no Brasil mostrando que existe boa correlação entre a densidade populacional e a impermeabilização dos terrenos, que tendia a uma saturação de cerca de 65% a partir de 100 habitantes/hectare. Porém recentemente estudos mostrados em Pinto et al. (2008), apresentam taxas de impermeabilização de até 70% na correlação entre densidade populacional e impermeabilização registradas a partir de fotografias aéreas em regiões com densidade igual a 15 domicílios/hectare como apresentado na Figura 6.

Em estudo para a análise da variabilidade das taxas de impermeabilização do solo

urbano, desenvolvido por Pinto e Martins (2008), no qual consideraram a relação de densidade de domicílios por hectare, que concluíram ser mais apropriada do que a relação de habitantes por hectare, por permitir captar o efeito da verticalização demonstrado por Campana e Tucci (1994) e o efeito dos domicílios ocasionais. Estes são dectados na interpretação das fotos aéreas e quantificados na área impermeável, pois não são contabilizados na contagem populacional do IBGE. A Figura 6 apresenta a relação entre a densidade de domicílios e a impermeabilização dos terrenos em diferentes cidades.

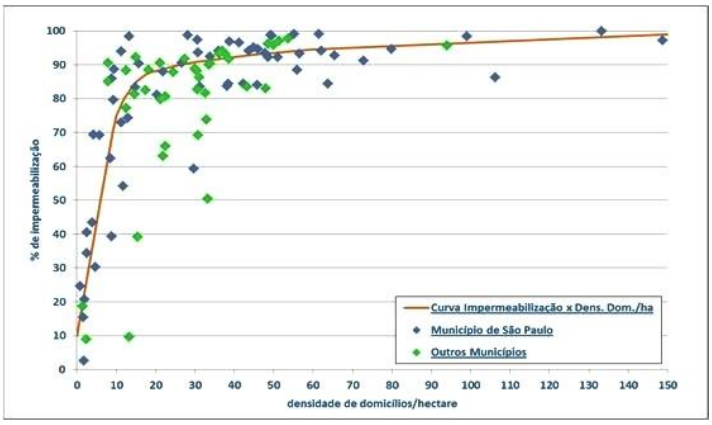
Figura 6 - Relação entre a densidade de domicílios e a impermeabilização dos terrenos em diferentes cidades



Pinto et al. (2008)

Recentemente no desenvolvimento do Plano Diretor de Macro Drenagem da Bacia do Alto Tietê - Etapa 3 (PDMAT3), foram levantadas taxas de impermeabilização mais altas, da ordem de 90%, para a densidade de 30 domicílios por hectare, conforme pode ser visto na Figura 7 a seguir.

Figura 7 - Relação entre a densidade de domicílios e a impermeabilização na Grande São Paulo



Fonte: DAEE (2012) apud Martins (2012)

As curvas médias de impermeabilização fornecem estimativa para áreas impermeabilizadas na condição presente e também para a projeção de crescimento da impermeabilização no futuro.

Fontes e Barbasa (2003) desenvolveram estudos onde avaliaram o desenvolvimento urbano, por meio da taxa de impermeabilização relacionada com o uso do solo. A metodologia empregada foi a inspeção *in loco*, com a vistoria de 50 quadras distribuídas em três "zonas de expansão" no município de São Carlos. O trabalho foi realizado por meio da taxa de ocupação e sua variação no tempo, da taxa de ocupação e impermeabilização, e as relações entre si e com a densidade populacional.

3.4. MEDIDAS PARA O CONTROLE DE INUNDAÇÕES URBANAS

As medidas para controle de inundações em áreas urbanas devem abranger ações a serem tomadas antes, durante e após as inundações. Sendo assim, durante a fase de planejamento, devem-se prever ações a serem tomadas durante todo o processo, bem como avaliar a melhor alternativa a ser adotada.

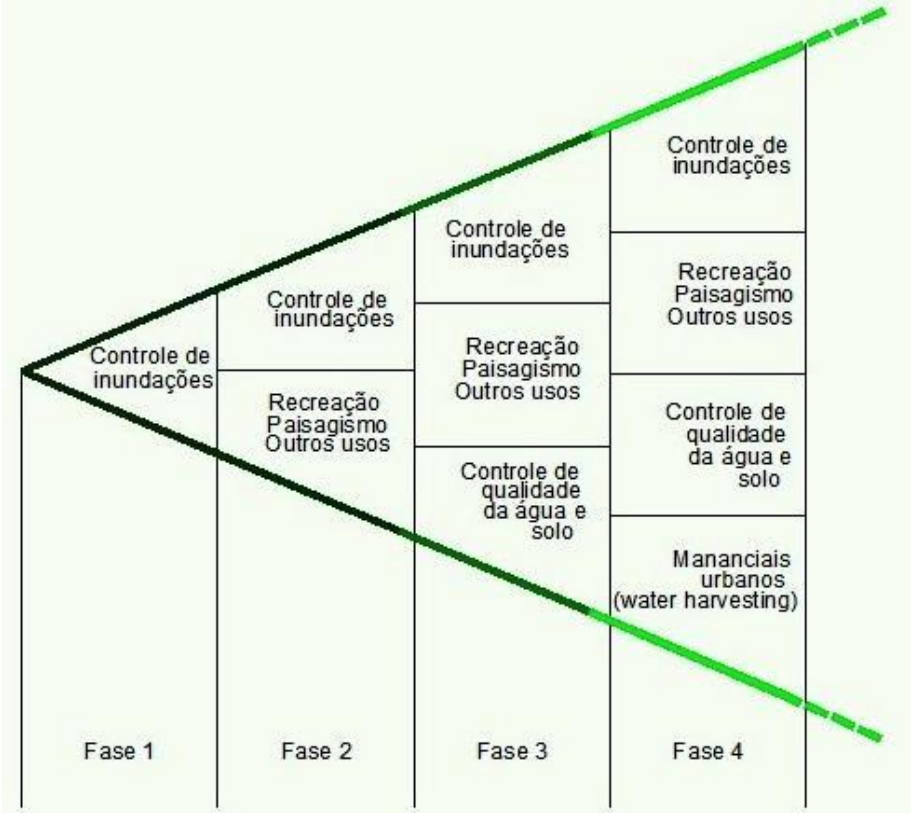
As medidas para o controle das cheias e das inundações podem ser estruturais ou não estruturais. As medidas estruturais são aquelas que interferem diretamente no sistema hídrico, modificando-o por ação de implementação de obras. As medidas não estruturais são aquelas que procuram disciplinar a ocupação territorial, conscientizar a população pela educação ambiental, controlar a poluição difusa e

implantar sistemas de alerta à população. As medidas não estruturais com ou sem as medidas estruturais minimizam os prejuízos com menores custos.

Parkison et al. (2003) traz o conceito de desenvolvimento sustentável na drenagem urbana como sendo aquele que busca imitar o ciclo hidrológico natural. Para tal, as estratégias de drenagem urbana sustentável são as ações que adotam medidas estruturais e medidas não estruturais.

Walesh (1989) citou a evolução das obras de detenção, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Evolução da utilização de obras de detenção em centros urbanos



Fonte: Adaptado de Canholi, 2005; Paoletti, 2010; USEPA, 1999 e Walesh, 1989)

No tocante à terminologia adotada para as diversas formas de classificar as medidas para o controle de escoamento pluvial, faz-se necessário deixar claro que, além da divisão nítida já bem assimilada no Brasil entre medidas estruturais e medidas não estruturais, para as denominadas medidas estruturais há diversas outras classificações que foram adotadas com a evolução dessas medidas/técnicas.

Atualmente as medidas são muitas vezes um conjunto de ações denominadas práticas. Porém, as formas de classificá-las mais encontradas na literatura são:

medidas clássicas ou conservadoras de drenagem urbana, ou seja, as canalizações; há também as medidas alternativas, ainda conhecidas como técnicas compensatórias de drenagem urbana, que, durante o processo de desenvolvimentos em países como Estados Unidos da América, passaram a ser conhecidas como Best Management Practices (BMPs). Estas são similares às medidas chamadas técnicas compensatórias e Low Impact Development (LID), que, além de incorporar o conceito das BMP's, acrescentaram a ideia de desenvolvimento urbano sustentável.

As medidas estruturais para o controle das cheias e inundações urbanas são também denominadas medidas mitigadoras e são aquelas caracterizadas pela implantação de obras de engenharia para reduzir os riscos de enchentes. Na bibliografia, são classificadas como medidas extensivas ou intensivas.

As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia de drenagem, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo na modificação da relação entre chuva e deflúvio. A cobertura vegetal do solo, a priori, serve para a redução de escoamento superficial gerador de pico de enchente e para o controle de erosão na bacia.

Já as medidas intensivas, aquelas que agem diretamente nos rios, segundo Simons et al. apud Canholi (2005), podem ser de três tipos:

a) aceleram o escoamento: construção de diques e polders; promovem o aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros;

b) retardam o escoamento: reservatórios e bacias de amortecimento;

c) desviam o escoamento: obras como canais e desvios.

As medidas estruturais têm caráter preventivo quando são observados os critérios e os princípios que norteiam a ocupação de áreas e a execução de obras de drenagem como parte da infraestrutura do planejamento urbano de ocupação. Quando necessárias em decorrência da ocupação desordenada de áreas ribeirinhas, as ações assumem caráter corretivo e podem necessitar de desapropriações de terras, de relocação de habitações e de execução de obras com restrições de dimensões ou mesmo de método construtivo.

Atualmente, no Brasil, a bibliografia demonstra que esforços vêm sendo despendidos para o desenvolvimento e a aplicação das medidas estruturais com foco no controle do escoamento pluvial, em detrimento das medidas estruturais

aceleradoras do escoamento. Dessa forma, além das classificações já apresentadas acima, a seguir serão tratadas medidas estruturais com foco na sua evolução na busca da melhor maneira de gerenciar as águas pluviais e os escoamentos superficiais, que causam danos através dos processos de enchentes e inundações. Nesse ponto, estão inseridas as questões da qualidade da água e da preocupação com a inserção das medidas de controle de escoamento superficial como elemento de paisagismo e contemplação.

Em suma, as medidas estruturais podem ser classificadas em: medidas convencionais, medidas não convencionais, técnicas compensatórias de drenagem urbana, Best Management Practices (BMPs) e medidas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, designadas Low Impact Development (LID) nos EUA e Water Sensitive Urban Design no Reino Unido e na Austrália. Tal classificação se deve à ordem de como elas foram desenvolvidas e aplicadas nas áreas urbanas onde houve necessidade de implantação de medidas de controle do escoamento superficial. Para grande parte dessas técnicas, não foram encontrados relatos de aplicação no Brasil até o momento. Dessa forma, é usada a bibliografia internacional para conceituá-las.

Algumas técnicas possuem muitas vezes uma nomenclatura diversa de acordo com a região. Porém, a técnica é a mesma, isto é, nomes diferentes para as mesmas medidas. Como exemplo, podem-se citar as chamadas “técnicas compensatórias” e as “BMPs”, que, na bibliografia consultada, envolvem técnicas com características similares. No entanto, a nomenclatura “técnicas compensatórias” é mais difundida no Brasil e o termo "BMPs" é mais difundido nos Estados Unidos da América.

Na Tabela 2, são apresentadas as técnicas compensatórias segundo a divisão de Baptista et al.(2005).

Tabela 2 - Técnicas compensatórias.

Bacias	Obras lineares	Obras pontuais
Detenção e retenção	Trincheiras	Poços de infiltração
Infiltração	Valas e valetas	Telhados
Detenção/Retenção e Infiltração	Pavimentos (Revestimento Permeável/ Pavimento reservatório	Técnicas adaptadas à parcela

Fonte: Baptista et al(2005)

Segundo Parkinson et al. (2003), as BMPs são chamadas no Brasil de tecnologias alternativas ou compensatórias.

Como principais medidas não convencionais em drenagem urbana podem-se citar:

- Trincheiras de infiltração e Detenção;
- Valas de Infiltração;
- Poços de Infiltração;
- Telhados Armazenadores;
- Microrreservatórios ou Reservatórios Individuais;
- Bacias de Detenção / Reservatórios de Detenção e
- Pavimentos Permeáveis.

A seguir, são apresentadas a principais medidas de controle não convencionais. Este trabalho apresentará a simulação hidrológica de duas delas, dos reservatórios de detenção e dos pavimentos permeáveis.

3.4.1. TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO E DETENÇÃO

As trincheiras de infiltração e de detenção são valas capazes de conter temporariamente a água da chuva. Tais estruturas devem possuir dimensões apropriadas onde o comprimento predomina sobre a largura. Funcionam como reservatórios de amortecimento. Constituem-se em longas valetas implantadas a profundidades que podem variar de 0,90 m a 3,70 m, preenchidas de material granular e envoltas em uma camada de material fino ou geotêxtil, que fará o papel de filtro, impedindo ou dificultando a colmatação de trincheira. A Figura 9 mostra um exemplo de trincheira.

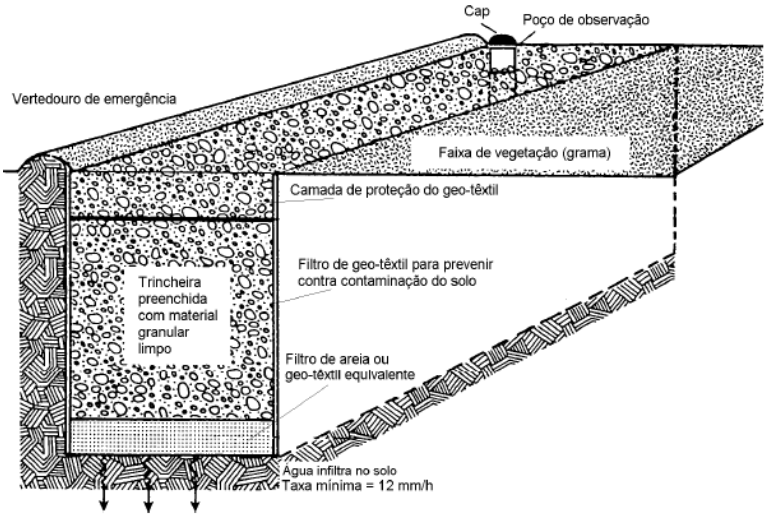
As trincheiras apresentam melhor desempenho em relação aos reservatórios convencionais devido ao favorecimento da infiltração da água no solo (Azzout et al., 1994).

Figura 9 - Trincheira de infiltração

Fonte: Moura (2004)

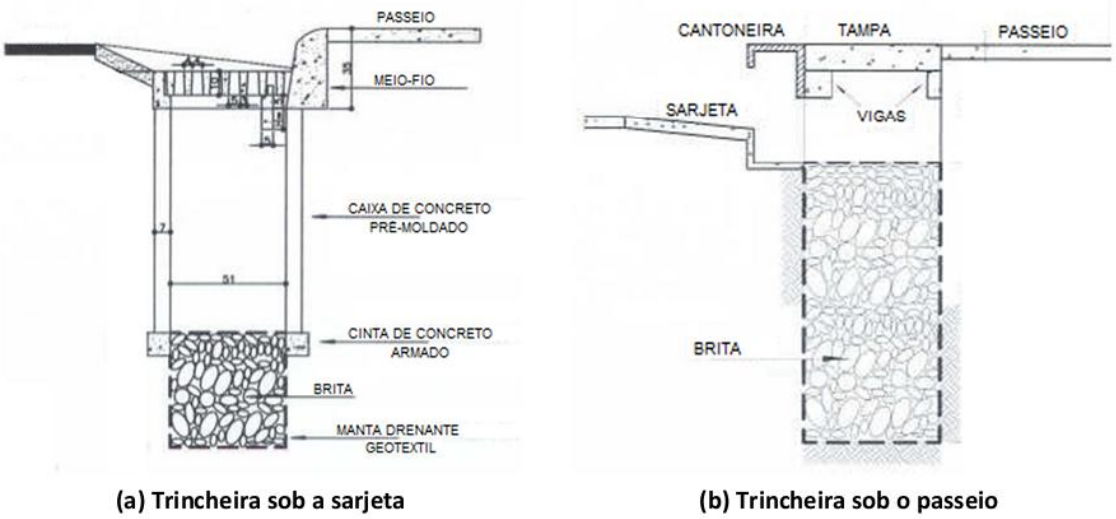
Podem ser implantadas na superfície, tendo alimentação direta a partir do escoamento superficial, como apresentado na Figura 10. Na Figura 11, são apresentadas as trincheiras com alimentação indireta, que são enterradas em pequenas profundidades, sendo alimentadas a partir de um sistema de drenagem que coleta as águas pluviais e as introduz na trincheira.

Figura 10 - Esquema de uma trincheira com alimentação direta



Fonte: Souza; Goldenfum (1999)

Figura 11 - - Esquema de uma trincheira com alimentação indireta



Fonte: Sudecap (2007)

Para Urbonas e Roesner (1992), esse tipo de dispositivo deve ser projetado para bacias com área entre 20.000 m² e 40.000 m² e em locais cujo solo apresente alta permeabilidade e lençol freático não próximo à superfície.

O material granular utilizado na trincheira tem a finalidade de armazenamento temporário, na medida em que a água de chuva ficará retida em seus poros. Essa brita deverá apresentar diâmetros entre 0,02 m e 0,07 m e ser livre de finos (URBONAS; ROESNER,1992). O tempo de esvaziamento de uma trincheira deve estar entre 48 e 72 horas.

A seguir, apresentam-se algumas vantagens e desvantagens desse tipo de dispositivo.

Vantagens

A infiltração das águas de chuva possibilita a redução do escoamento superficial lançado na rede de drenagem e, consequentemente:

- O aumento dos tempos de pico dos hidrogramas;
- Possibilidade de redução nas dimensões das redes de drenagem à jusante das trincheiras (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005);
- Fácil implantação;
- Baixo custo;

- Valorização paisagística;
- Preservação natural da recarga do lençol freático (SCHUELER, 1987 apud TUCCI, 2003);
- Melhoria da qualidade da água (BAPTISTA et al. 2005).

Desvantagens

- Durante a construção, devem ser tomados cuidados com a contaminação e entupimento da trincheira;
- As trincheiras deverão ser inspecionadas regularmente, principalmente após grandes chuvas, em virtude de possíveis represamentos dentro do reservatório (ASCE, 1992);
- A colmatação pode ocorrer em função do tipo de solo;
- Limitação quanto à permeabilidade do solo;
- Manutenção periódica;

Possibilidade de contaminação do lençol freático (SCHUELER, 1987 apud TUCCI, 2003).

3.4.2. VALAS, VALETAS E PLANOS DE INFILTRAÇÃO

Valas, valetas e planos de infiltração são técnicas constituídas por simples depressões escavadas no solo, cujo objetivo é recolher as águas pluviais e efetuar seu armazenamento temporário, além de favorecer a infiltração.

As valas e valetas de infiltração, como as trincheiras de infiltração e detenção, podem ser implantadas paralelas às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros. Esses dispositivos concentram o fluxo das áreas adjacentes e favorecem a infiltração ao longo do seu comprimento. Também funcionam como reservatórios de detenção quando o volume que escoa para o valo é superior à capacidade de infiltração, além de proporcionar a redução da quantidade de poluição transportada para jusante (BAPTISTA et al. 2005; FCTH 2012). A Figura 12 mostra um exemplo de vala de infiltração.

Figura 12 - Exemplo de vala de infiltração

Fonte: Certu (1998) apud Brito (2006)

A adequação de valas gramadas depende de uso, tipo de solo, declividade, impermeabilidade da bacia contribuinte e das dimensões e inclinação do sistema de vala gramada (EPA, 2013).

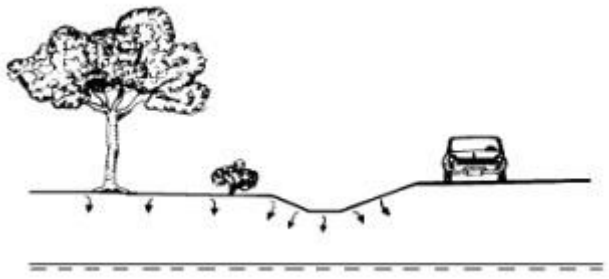
Segundo Urbonas e Stahre (1992) apud Holz e Tassi (2007), os valos não devem ser aplicados em regiões com declividade longitudinal maior que 2%, pois, nessas condições, a infiltração é prejudicada. Dependendo de suas dimensões, o valo de infiltração pode ocupar muito espaço. Nesses casos, sua implantação pode exigir a remoção de ocupações e, consequentemente, inviabilizar economicamente o projeto em áreas densamente urbanizadas.

Quanto aos planos de infiltração, são vários os tipos de acordo com a sua disposição local. Em geral, essas áreas são gramados laterais, que recebem a precipitação de uma área impermeável, como uma residência ou um edifício. Durante precipitações intensas, essas áreas podem ficar submersas se a sua capacidade de armazenamento for muito inferior ao volume da precipitação.

Esses dispositivos constituem estruturas simples, sendo necessárias apenas escavações de maneira a conformar depressões com uma direção preponderante de escoamento. Podem receber um revestimento vegetal, além da incorporação de

dispositivos no fundo, para facilitar o escoamento, como no caso de canaletas. A Figura 13 apresenta um esquema de uma vala de infiltração.

Figura 13 - Representação de uma vala de infiltração



Fonte: Urbonas; Stahre (1992)

Vantagens

- Eficiência na diminuição dos picos de cheias, com o aumento do tempo de concentração em consequência da baixa velocidade;
- Eficiência na retirada de poluentes do escoamento superficial;
- Fácil execução;
- Ganho financeiro por reduzir as dimensões das tubulações à jusante ou evitar a reconstrução da rede em caso de saturação;
- Baixo custo de construção e manutenção;
- Redução da poluição das águas superficiais;
- Boa integração no meio urbano, criando áreas verdes e podendo ser usada como área de lazer;
- Redução dos riscos de inundação;
- Recarga do aquífero subterrâneo.

Desvantagens

- Possibilidade de colmatação, gerando uma necessidade de manutenção periódica;

- Não deve ser usada na ocorrência de grande fluxo de água, que acarreta alta velocidade e pode levar à erosão na vala;
- Não deve ser implantada em terrenos íngremes ou onde o lençol freático estiver a menos de 1,20m abaixo do fundo da vala;
- Risco de poluição do lençol freático;
- Necessidade de espaço físico para implantação;
- Facilita o acúmulo de lixo;
- Possibilidade de estagnação das águas.

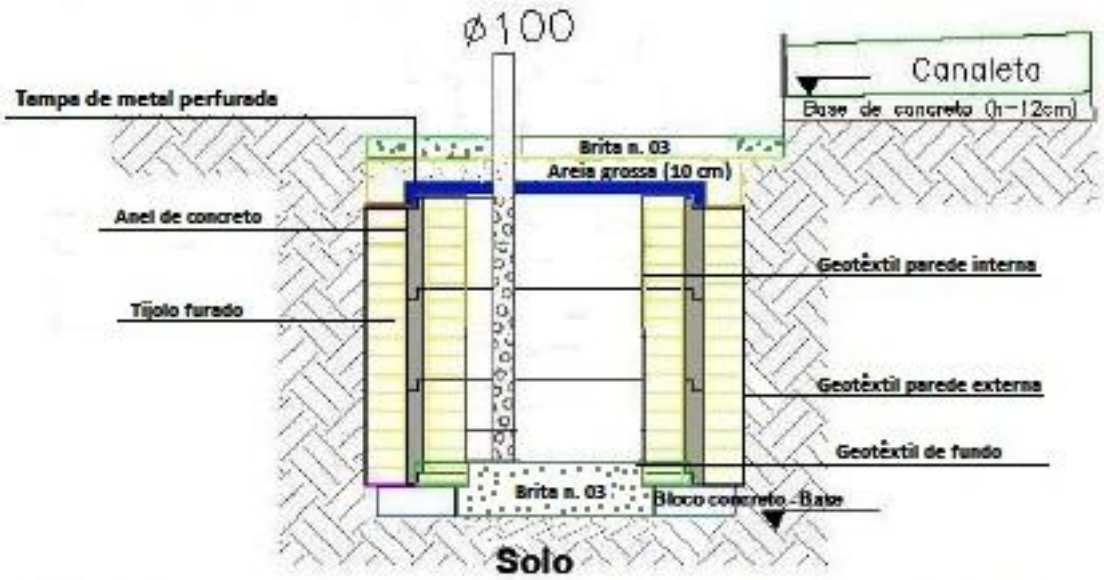
3.4.3. POÇOS DE INFILTRAÇÃO

Poços de infiltração são dispositivos de controle na fonte, pontuais, e necessitam de pequena área superficial para sua implantação. Concebidos para infiltrar as águas pluviais e amortecer os picos de vazão que possam atingir o sistema de drenagem convencional (SOBRINHA, 2012). São reservatórios verticais escavados no solo com material poroso que promove a infiltração pontual no terreno, reduzindo o escoamento em áreas impermeabilizadas (BAPTISTA et al., 2005).

Essa técnica pode ser implantada em zonas permeáveis ou zonas onde a camada superficial é pouco permeável, mas que apresentam capacidades significativas de infiltração nas camadas mais profundas (AZZOUT et al., 1994).

O nível do lençol freático deve estar a pelo menos 1,20 m abaixo do fundo do poço para garantir que haja infiltração e, concomitantemente, não haja contaminação do lençol freático pelas águas da chuva. A Figura 14 apresenta o esquema de um poço de infiltração construído no campus da UFSCar, em São Carlos.

Figura 14 - Esquema de um poço de infiltração



Fonte: adaptado de Sobrinha(2012)

Baptista et al. (2005) salienta que a infiltração das águas pelo poço contribui para a alimentação da vegetação circundante e para recarga do lençol subterrâneo. Alguns países utilizam esses poços, com ou sem o auxílio de bombas injetoras, exclusivamente para fins de recarga dos aquíferos.

A Figura 15 apresenta um exemplo, evidenciando sua integração paisagística no meio urbano.

Figura 15 - Exemplo de um poço de infiltração

Fonte: Baptista (2011)

As vantagens e desvantagens dessa medida foram descritas por Pinto (2011) e por Brito (2006) e são apresentadas a seguir.

Vantagens

- Fácil execução;
- Promove o aumento dos tempos de concentração e o abatimento dos picos de cheias;
- Ganho financeiro por reduzir as dimensões das tubulações à jusante ou evitar a reconstrução da rede em caso de saturação;
- Redução da poluição das águas superficiais;
- Boa integração no meio urbano;
- Redução dos riscos de inundação;
- Recarga do aquífero subterrâneo;
- Não há restrições em função da topografia.

Desvantagens

- Possibilidade de colmatação, exigindo manutenção periódica;
- Risco de poluição do lençol freático;
- Baixa capacidade de armazenamento;
- Manutenção periódica.

3.4.4. TELHADOS ARMAZENADORES

Essa técnica consiste em utilizar uma cobertura vegetal nos topos de casas e edifícios para retardar e reter o escoamento superficial, como mostrado na Figura 16. No Brasil, é também conhecida como Cobertura Verde Leve (CVL) e telhado verde.

Os telhados verdes favorecem a evapotranspiração e a infiltração e agem como limitante da impermeabilização no ambiente urbano, reduzindo parte do escoamento superficial (PAOLETTI, 2012).

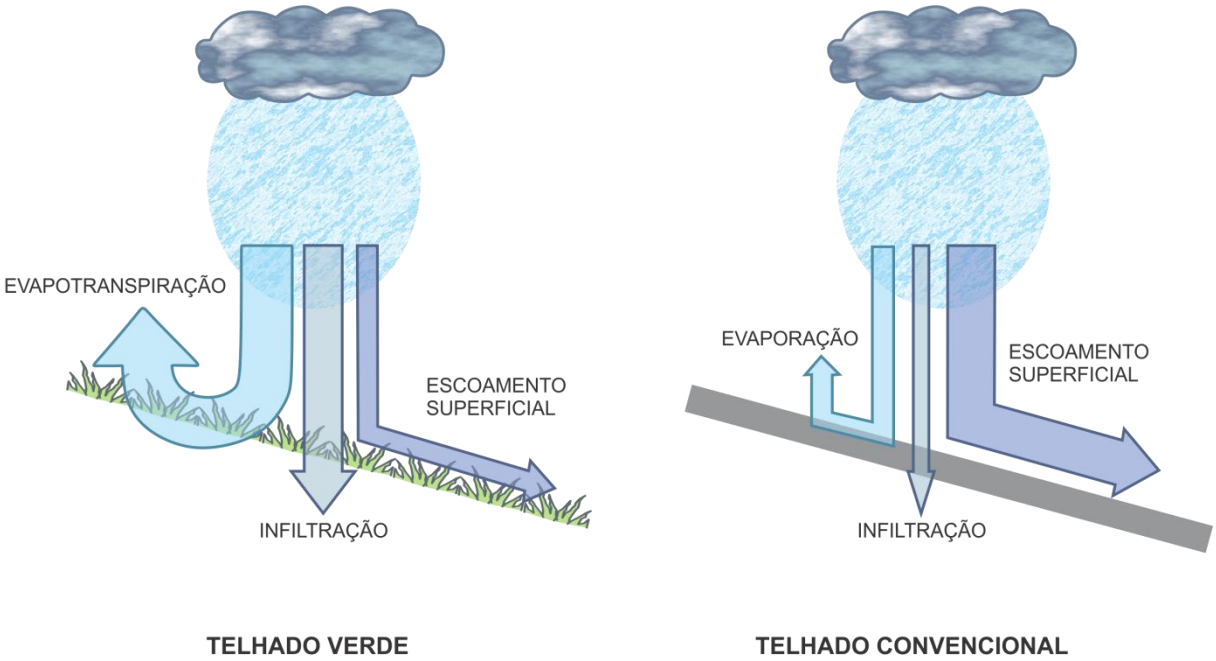
Figura 16 - Telhado verde

Foto: Ana Carolina Morihama

Nas coberturas tradicionais, a maior parte das águas pluviais dirige-se para o

sistema de drenagem, contribuindo na geração de vazões altas, que muitas vezes promovem o aumento das cheias e das inundações. No telhado vegetalizado, parte da água precipitada é infiltrada na superfície e a outra retorna por meio da evaporação. Capuccini (2010) ressalta que os telhados verdes podem reter até 60% da água precipitada e ainda podem dar ao edifício uma proteção térmica, contribuindo para o isolamento da edificação. A Figura 17 ilustra a diferença de escoamento entre um telhado verde e um telhado tradicional.

Figura 17 - Comparação de escoamentos em um telhado verde e em um telhado tradicional



Fonte: adaptado de Ohnuma Júnior (2008)

Essa técnica pode ser implantada isoladamente ou se estender ao planejamento de uma área. Podem ser utilizados telhados planos ou dotados de ligeira declividade, inferior a 5%.

A Figura 18 apresenta um esquema das camadas que compõem o telhado verde. A Figura 19 mostra um exemplo de aplicação dessa solução na cidade de São Paulo.

Figura 18 - Esquema e exemplo de uma cobertura vegetalizada

Fonte: Oliveira (2007)

Figura 19 - Exemplo de telhado verde na cidade São Paulo

Foto: Rodrigo Martins Lucci

Vantagens

- Área vegetada que permite volume significativo de armazenamento;
- Redução das vazões e retardo de pico de escoamento à jusante;
- Auxilia a reduzir as dimensões das tubulações à jusante ou evitar a reconstrução da rede em caso de saturação;
- Boa integração no meio urbano;

- Redução dos riscos de inundação;
- Promove a evapotranspiração;
- Pode ser implantado em novos empreendimentos ou em construções existentes, desde que seja realizada a verificação estrutural e de impermeabilização (BAPTISTA, NACIMENTO, BARRAUD, 2005);
- Auxilia no desempenho térmico das edificações.

Desvantagens

- Necessidade de verificação da estabilidade estrutural ao se implantar essa técnica em um telhado já existente;
- Dificuldade de utilização em telhados de elevada declividade;
- Grande dificuldade e custo para manutenção da estrutura impermeável e da vegetação desenvolvida;
- Baixa eficiência para chuvas intensas e prolongadas;
- Não deve ser adotado em telhados que suportam instalações como aquecedores, condicionadores de ar e sala de máquinas.

3.4.5. MICRORRESERVATÓRIOS (BARRIS DE CHUVA E CISTERNAS)

Os microrreservatórios têm a função de colher a água da chuva para reutilização. Podem ser tanto os chamados barris de chuva quanto as chamadas cisternas. Barris de chuva são estruturas colocadas fora da edificação, próximas à descarga de calhas do telhado, para armazenar o escoamento da cobertura para uso posterior na rega do gramado e jardim. As cisternas permitem o armazenamento da água da chuva em volumes significativamente maiores em tanques fabricados ou em áreas de armazenamento subterrâneo. Na Figura 20, segue exemplo de barris de chuva e cisterna.

Figura 20 - Barril de chuva e Cisterna

Fonte: EPA, (2013)

Segundo O'Loughlin (1995) apud Martins (2004), os microrreservatórios simulam o armazenamento natural. Além disso, representam uma forma justa de resolver o problema do escoamento superficial produzido no lote, visto que o proprietário ou modificador do lote é o responsável pelo incremento da vazão e deve arcar com os custos de manter as condições pré-existentes.

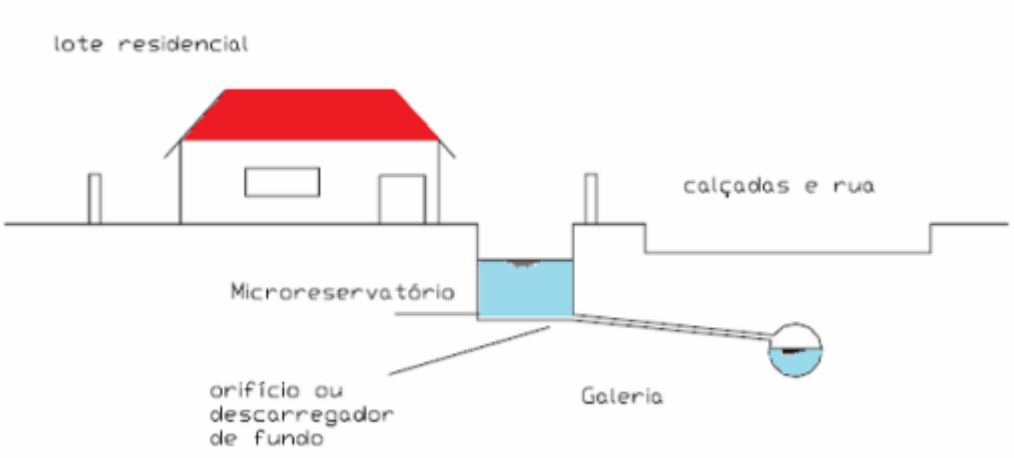
Tanto as cisternas quanto os barris de chuva podem ser implementados sem a utilização de dispositivos de bombeamento, servindo-se o fluxo da gravidade.

Os barris de chuva e as cisternas são dispositivos de baixo custo de implantação para a reservação de água e, além de reduzirem o volume do escoamento superficial, retardam e diminuem o pico de vazão.

Para uma boa eficiência desta solução é importante que se faça uma caracterização metódica e criteriosa da bacia, analisando inclusive a disposição da população para adotar essa medida (COSTA JUNIOR e BARBASSA, 2006).

A Figura 21 mostra um esquema de uma possível configuração do sistema

Figura 21 - Esquema da configuração de um microrreservatório



Fonte: adaptado de Martins (2004)

Vantagens

- Redução das vazões de pico de escoamento à jusante;
- Ganho financeiro por reduzir as dimensões das tubulações à jusante ou evitar a reconstrução da rede em caso de saturação;
- Baixo custo de implementação e manutenção.

Desvantagens

- A adoção da medida depende da disposição da população, sendo necessários programas de educação;
- Necessidade de manutenção regular, que é responsabilidade do proprietário do lote;
- Falta de critérios de projetos;
- Qualidade da água captada pode ser inadequada para alguns usos.

3.4.6. RESERVATÓRIOS DE CONTROLE DE CHEIAS

Os reservatórios de controle de cheias, também denominados bacias ou reservatórios de detenção, são estruturas de acumulação temporária e/ou de infiltração de águas pluviais. Contribuem para o controle do escoamento pluvial

através da redução, minimizando os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos de bacia urbanas.

Os reservatórios de detenção não reduzem significativamente o volume de escoamento superficial, mas atuam sobre a vazão de pico, reduzindo e estendendo os períodos de recessão dos hidrogramas de cheia (CHOW; MAIDMENT; MAYS, 1988).

São utilizados para atender três funções principais, diretamente relacionadas com a drenagem urbana de águas pluviais (FCTH, 2012):

- Amortecimento de cheias;
- Eventual redução de volumes de escoamento superficial (bacias de infiltração);
- Redução da poluição difusa.

Raimundo (2007) enfatiza que, para a aplicação dessa medida, faz-se necessário ter em mente a necessidade de disponibilidade de área para sua implantação. Há ainda a desvantagem de a utilização dessa prática estar associada aos custos de manutenção e à ocorrência de proliferação de vetores transmissores de doenças.

Estudos desenvolvidos por Martins (2005) também apontam a possibilidade de rejeição desse tipo de solução por parte da população urbana circunvizinha, em função dos problemas mencionados como as feiras livres. Conclui-se que os reservatórios de detenção são aceitos, mas não desejados pela população, devido aos problemas marginais indicados.

Quanto à estrutura, podem ser a céu aberto, como no exemplo da Figura 22, ou enterrado ou coberto, como apresentado na Figura 23.

Figura 22 - Bacia de detenção a céu aberto Piscinão Aricanduva V

Foto: Luciano Piva

Figura 23 - Bacia de detenção subterrânea ou coberta. Piscinão do Pacaembu

Fonte: Google Earth (2012)

Já as bacias de retenção, são reservatórios de superfície que sempre contêm um volume substancial de água permanente para servir a finalidades recreacionais,

paisagísticas, para abastecimento de água e outras funções (CANHOLI, 2005). Segundo Baptista et al. (2005), as bacias de retenção mantêm a água de escoamento estocada por longo período, com o fim principal de decantação de partículas sólidas. A Figura 24 é um exemplo de bacia de retenção.

Figura 24 - Reservatório com espelho d'água permanente

Fonte: FCTH (2012)

Quanto à localização no sistema de drenagem, os reservatórios de retenção e detenção podem ser:

Em série (on-line): são os reservatórios que se localizam na linha principal do sistema de drenagem, como apresentado na Figura 25.

Figura 25 - Reservatório on-line

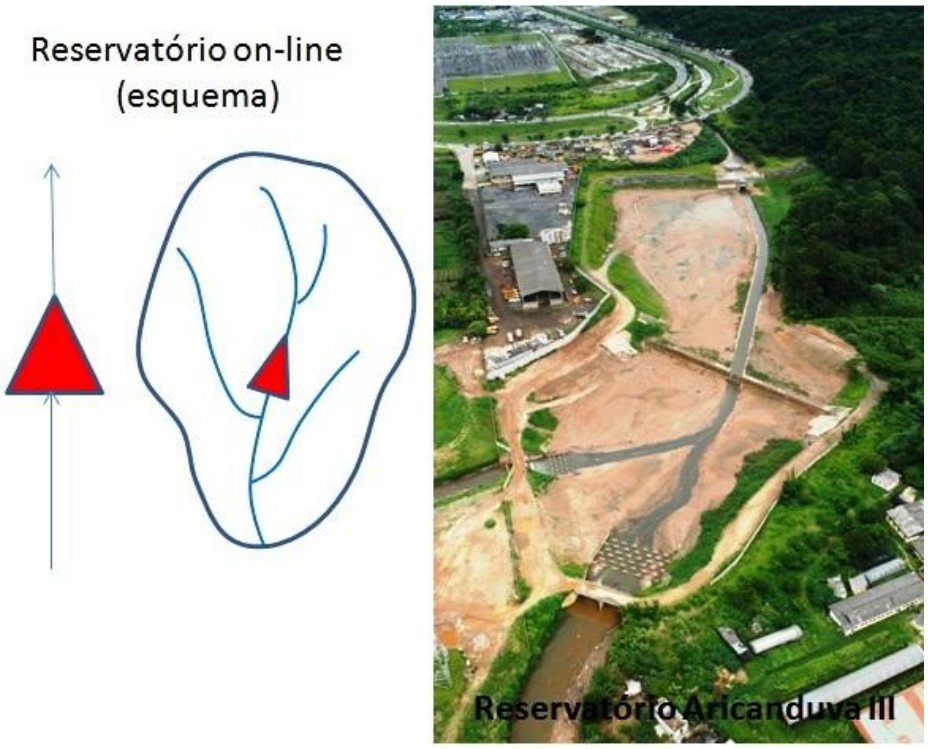


Foto: Piva

Paralelo (off-line): são os reservatórios que não estão conectados na linha principal do sistema de drenagem, ou seja, o escoamento é desviado da linha principal para o armazenamento temporário. Segue exemplo na Figura 26.

Figura 26 - Reservatório off-line

Foto: Piva

O esvaziamento desses reservatórios pode ser feito através do sistema de bombeamento, por gravidade, ou por sistema misto. No entanto, em todos os casos,

devem ser previstas estruturas de extravasamento de emergência (ROS, 2012).
Alguns benefícios adicionais podem ser incorporados a partir da implantação dos reservatórios de controle de cheias, como: áreas de lazer, recarga de aquíferos, melhoria da qualidade da água e contribuição para o aspecto recreativo e paisagístico da região. Estudos sobre a melhoria da qualidade da água nos corpos hídricos mediante o armazenamento temporário nos reservatórios devem ser realizados para melhor conhecimento dos mesmos.

3.4.7. PAVIMENTOS PERMEÁVEIS

Pavimentos permeáveis são dispositivos hidráulicos que permitem a redução do escoamento em passeios, estacionamentos, quadras de esporte e ruas de pouco tráfego (MARQUES, 2006).
Baptista et al (2005) e Sobrinha (2012) apresentam a classificação dos pavimentos permeáveis e porosos em níveis diferentes no controle do escoamento superficial, sendo:

- Pavimentos com revestimentos superficiais permeáveis, possibilitando a redução da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária de pequenos volumes na própria superfície do pavimento e a infiltração de parte das águas pluviais;
- Pavimentos com estrutura porosa, onde é efetuada a detenção temporária das águas pluviais, provocando o amortecimento de vazões e a alteração no desenvolvimento temporal dos hidrogramas;
- Pavimentos com estrutura porosa e dispositivos de facilitação da infiltração, em que ocorrem tanto a detenção temporária das águas pluviais quanto a infiltração de parte delas. Obtém-se, assim, o amortecimento de vazões, a alteração temporal dos hidrogramas e a redução dos volumes escoados.

Virgiliis (2009) indica que o pavimento permeável possui a capacidade de reduzir os volumes de escoamento superficial, reduzir os picos de cheia e absorver inteiramente ou parte do escoamento através de uma superfície permeável para dentro de um reservatório de brita de graduação uniforme, construída sobre o perfil do terreno. Define-se, assim, o termo “pavimento reservatório”.

Pavimentos permeáveis são uma alternativa para superfícies com revestimento impermeável, pois permitem que as águas pluviais sejam drenadas através de uma superfície porosa posicionada sobre um reservatório composto pelos vazios da base de suporte da pavimentação, cuja porosidade varia de 30 a 50%. O reservatório armazena temporariamente o escoamento superficial antes da infiltração no solo (EPA, 2012).

Podem ser constituídos por asfalto poroso, concreto poroso ou blocos de concreto perfurados (URBONAS E STAHRE, 1992). A Figura 27 apresenta exemplo de pavimento permeável com pavimento asfáltico drenante e bloco de concreto poroso.

Segundo Araujo (1999), os pavimentos de asfalto poroso e de concreto poroso são construídos de forma similar aos pavimentos convencionais, tendo como diferença a retirada da fração fina do agregado na mistura. Os pavimentos de blocos de concreto são construídos pela intercomunicação modular e suas células abertas são preenchidas com material granular, como areia e pedregulho, ou vegetação rasteira, como apresentado na Figura 28.

Figura 27 - Exemplo de pavimentos permeáveis em estacionamento

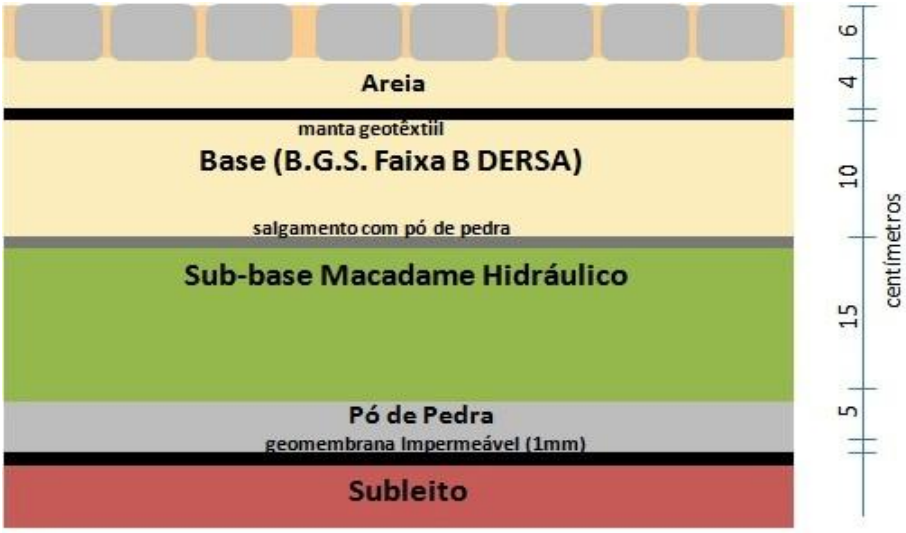
Fonte: Virgiliis (2009)

Figura 28 - Exemplo de pavimentos permeáveis com bloco de concreto

Fonte: EPA (2014)

Deve-se considerar a diferença entre a pavimentação permeável com e sem infiltração no terreno natural. No primeiro caso, a água retida no reservatório composto pelos vazios da base granular irá escoar para o subsolo. No segundo, a mesma deverá ser drenada através de dispositivos convencionais como tubos, drenos e galerias. Os pavimentos permeáveis infiltrantes podem ser utilizados em áreas de tráfego leve e de baixa frequência, como os estacionamentos residenciais e as áreas para pedestres. Utilizam-se geomembranas ou geotêxteis para a transição entre o material granular e o subleito. Quando o tráfego é composto de veículos pesados ou alta frequência de passagens, não se permite a variação da umidade no subleito de forma a garantir a capacidade de suporte do mesmo, empregando-se, para tal, membrana impermeável e um sistema de drenagem. Na Figura 29 e na Figura 30, apresentam-se as seções transversais de cada um desses tipos de pavimentos, os quais foram implantados no estacionamento do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (CTH), na Universidade de São Paulo (USP).

Figura 29 - Perfil da área revestida com Blocos Intertravados de Concreto



Fonte: Virgillis (2009); Pinto (2011)

Figura 30 - Perfil da área revestida com Concreto Asfáltico Poroso tipo CPA

Fonte: Virgillis (2009); Pinto (2011)

Os pavimentos implantados no estacionamento do CTH foram pavimentos-teste, pois serviram de diretrizes para que, em 2012, a Secretaria de Infraestrutura Urbana (SIURB) aprovasse a norma Especificação Técnica de Serviço - ETS-03/2012. Essa Especificação Técnica define os critérios de dimensionamento e execução de pavimentos permeáveis com revestimento em Concreto Asfáltico Poroso - CPA (Camada Porosa de Atrito) nas vias públicas submetidas a tráfego leve sob jurisdição da Prefeitura de São Paulo. Na Figura 31 e na Figura 32 são apresentados os perfis especificados na ETS-03/2012.

Figura 31 - Perfil da área revestida com Concreto Asfáltico Poroso tipo CPA, sem reforço de subleito

Fonte: PMSP; SIURB (2012)

Figura 32 - Perfil da área revestida com Concreto Asfáltico Poroso tipo CPA, com reforço de subleito

Fonte: PMSP; SIURB (2012)

Para esse pavimento, a camada CPA é obtida através de usinagem a quente, agregados pétreos, polímeros e fibra ou asfalto com raspa de pneu e fibras, em formulação específica para aumentar a porosidade (índice de vazios), a fim de favorecer a passagem de água pelos seus capilares (permeabilidade). É usado por

questões de sustentabilidade ambiental, para devolver a permeabilidade de um solo pavimentado ou para eliminar empoçamentos, que são causadores do efeito de “aquaplaning” e de nuvens de água geradas pelos pneus em movimento.

Esse tipo de pavimento é usinado em São Paulo pela empresa Usicity. Ainda não é produzido na mesma escala que os pavimentos convencionais, o que pode elevar o custo final do pavimento (MARTINS, 2012).

A seguir são descritas algumas vantagens e desvantagens do uso desse tipo de pavimento:

Vantagens

- Amortecimento dos picos de cheia, com aumento do tempo de concentração da bacia e redução significativa do volume do escoamento superficial;
- Ganho financeiro por reduzir as dimensões das tubulações à jusante ou evitar a reconstrução da rede em caso de saturação;
- Filtração de poluentes;
- Recarga do lençol freático;
- Melhoria da qualidade das águas infiltradas ou mesmo das encaminhadas para o sistema de drenagem;
- Redução dos riscos de inundação;
- Controle da erosão do solo;
- Redução dos riscos de aquaplanagem;
- Ausência de poças de água;
- Diminuição do ruído;
- Custos similares ao do pavimento convencional.

Desvantagens

- Possibilidade de colmatação, exigindo manutenção periódica;
- Risco de poluição do lençol freático;
- Necessidade de mão de obra qualificada com a finalidade de prevenir a obstrução prematura do pavimento;

- Não existem muitos estudos ou aplicações em áreas de grande tráfego de veículos.

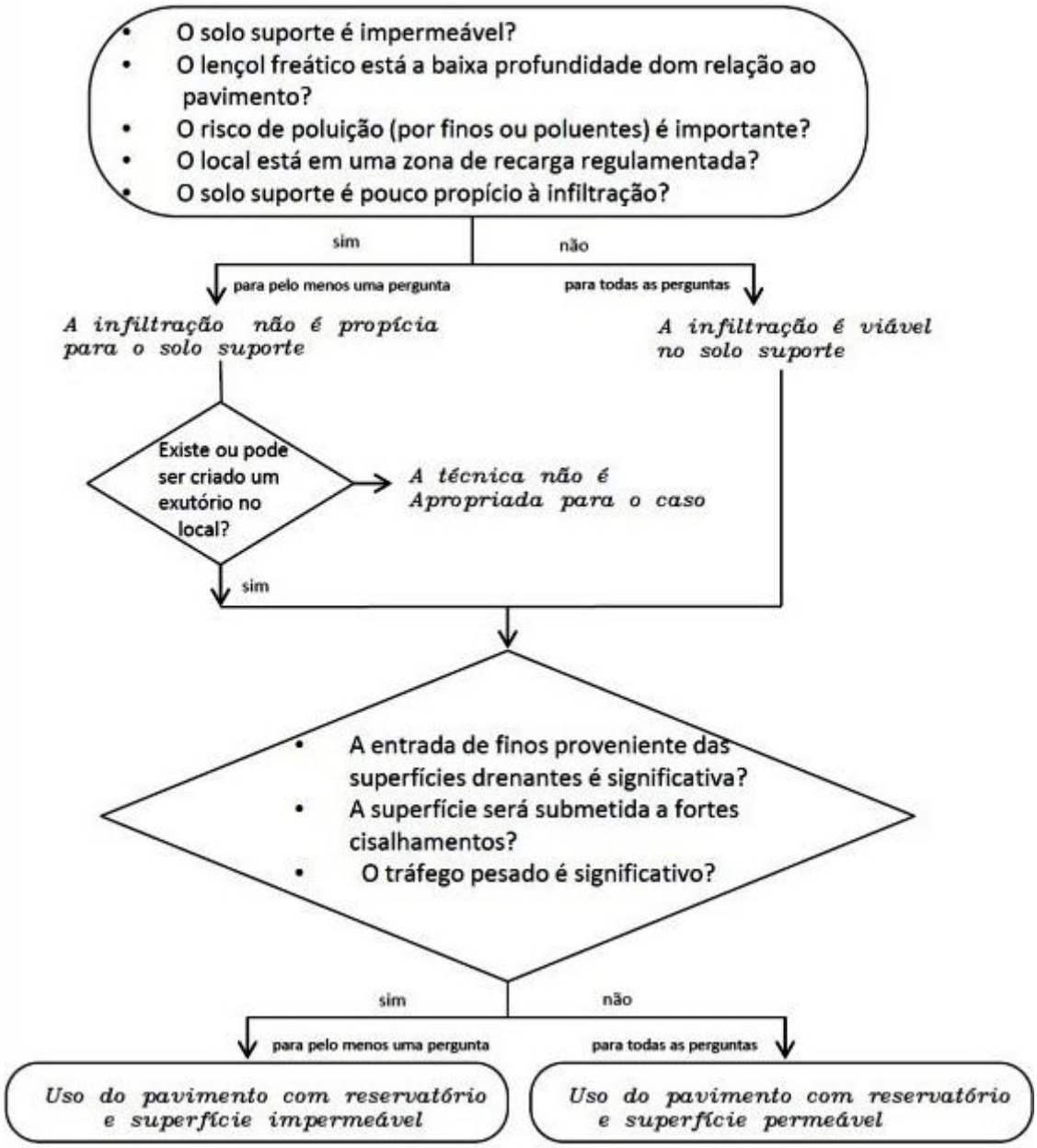
Pinto (2011) ressalta que, na instalação de pavimento permeável com a estrutura de reservatório, é imprescindível a elaboração de projeto hidrológico/hidráulico para evitar equívocos que possam comprometer o objetivo final, que é o armazenamento total ou de parte da precipitação.

Análise de viabilidade de implantação

Essa etapa permite determinar se o pavimento permeável é uma alternativa viável para as condições do local, e, em caso positivo, orientar na escolha do tipo de estrutura de reservatório que deve ser usada no pavimento.

Na concepção do pavimento permeável, precisam ser definidos o tipo e as características de funcionamento do reservatório, assim como o sistema de entrada e saída d´água, procurando seguir o fluxograma apresentado na Figura 33, sendo que este é um guia para a tomada da decisão.

Figura 33 - Fluxograma para análise de viabilidade



Fonte: Adaptado de Acioli (2005)

Escolha do local de implantação

A superfície do revestimento deve ser a mais plana possível para permitir maior infiltração da água da chuva. Schuele (1987) recomenda a adoção de uma declividade máxima de 5% para a superfície de revestimento. Maus et al. (2007) realizaram experimento com declividade de 7%. Mesmo nessas condições, o pavimento permeável mostrou-se eficiente quanto à capacidade de infiltração.

A SIURB, através da norma ETS 03/2012, estabelece a declividade transversal entre 0,5 e 1,0% e a declividade longitudinal ao máximo de 1,5%, limitando, dessa forma, a declividade máxima indicada por Schuele (1987) e Maus et al. (2007).

CIRIA (1996) aconselha o levantamento das estruturas de engenharia próximas ao local de implantação do pavimento, detectando-se a presença de fundações, as quais podem ser prejudicadas em função do aumento da umidade do solo subjacente. Também é aconselhável o levantamento de toda a rede elétrica, de água ou esgoto, sua localização e profundidade, a fim de facilitar possíveis ligações com a rede de drenagem e evitar operações que venham a comprometer o funcionamento da rede na hora das escavações.

A norma ETS 03/2012 indica a implantação desse tipo de pavimento para vias de tráfego leve, ruas de características essencialmente residenciais, nas quais não é previsto o tráfego de ônibus. Pode haver ocasionalmente passagens de caminhões e ônibus em número não superior a 20 por dia por faixa de tráfego, caracterizado por um número "N" típico de 105 solicitações do eixo simples padrão (80kN) para o período de projeto de 10 anos.

Características do solo subjacente

Para garantir o bom funcionamento da estrutura de infiltração, é necessária uma detalhada caracterização do solo-suporte e de seu comportamento em presença da água. Dentre os parâmetros do solo que devem ser determinados, estão (AZZOUT et al.,1994):

- Taxa de infiltração do solo saturado: grandeza importante para o caso de pavimentos permeáveis de infiltração. A taxa de infiltração deve ser calculada através de ensaios in situ, em diversos pontos do local de implantação, devendo ser traçada a curva de infiltração até a saturação do solo. EPA (1999) recomenda uma taxa de infiltração mínima de 13 mm/h.
- Capacidade de carga: o conhecimento dessa propriedade do solo é importante para o dimensionamento mecânico do pavimento.

O comportamento do solo em presença de água: essa avaliação deve ser realizada de forma a se evitar a possibilidade de contaminação do lençol freático e detectar

riscos como a perda da capacidade de carga do solo em função do aumento da umidade. A variação da capacidade de carga em função da umidade do solo também deve ser observada.

Para o município de São Paulo, a ETS 03/2012 recomenda o uso de pavimento permeável em vias públicas com tráfego de veículos com dispositivo de restrição de infiltração da água no subleito, como membranas impermeáveis ou outra solução que seja eficaz.

Estudos Hidrogeológicos

Nesses estudos devem ser identificadas as características do lençol freático, tais como seu uso, as flutuações sazonais, a cota do lençol, sua vulnerabilidade e as propriedades qualitativas. Nos casos em que o lençol freático estiver a uma profundidade inferior a um metro ou quando este for usado para o abastecimento de água potável, é desaconselhado o uso de pavimentos permeáveis e outros dispositivos de infiltração.

O pavimento permeável poderá ser adotado desde que não ocorram condições de lençol freático elevado (acima de 1,5m), localização em fundos de vale, áreas de várzea e zonas de baixada, potencialmente sujeitas a alagamento (ETS 03/2012).

Estudos Hidrológicos

O estudo hidrológico complementar a ser feito para servir de base ao projeto deve identificar (AZZOUT et al. 1994):

- A vazão máxima de saída permitida para a rede de drenagem, a qual é utilizada no cálculo do volume do reservatório para dispositivos de infiltração parcial;
- As características pluviométricas do local, como intensidade da chuva de projeto, utilizadas no dimensionamento hidráulico-hidrológico;
- Localização do exutório, situado no ponto mais baixo do terreno, que servirá para o correto posicionamento dos drenos extravasores ou coletores;

- As possíveis áreas de armazenamento d'água, onde se localizará o reservatório do pavimento, que depende do volume de armazenamento, da direção do escoamento e do tipo de estrutura utilizado;
- O coeficiente de escoamento das áreas contribuintes, utilizado na determinação do volume de estocagem.

3.5. MODELAÇÃO HIDROLÓGICA

Tucci (2005) define modelo como "representação de algum objeto ou sistema, numa linguagem ou forma de fácil acesso e uso, com o objetivo de entendê-lo e buscar suas respostas para diferentes entradas". Para Maidment (1993), um modelo hidrológico é uma representação matemática da vazão e seus constituintes em alguma parte da superfície do solo ou do subsolo. Barth et al. (1987) dizem que modelo é uma representação do comportamento de um sistema natural passível de ser expresso através de equações matemáticas e que, dada sua versatilidade, pode-se facilmente modificar a sua lógica, obtendo-se resultados de diferentes situações de um mesmo sistema ou de diferentes sistemas.

Modelos hidrológicos

A estrutura dos modelos chuva-vazão é baseada na discretização da bacia hidrográfica. De forma geral, é adotada uma das seguintes estruturas para a discretização do modelo (TUCCI, 2005):

- Concentrado;
- Distribuído por sub-bacia;
- Distribuído por módulos.

Neste trabalho, será utilizado um modelo distribuído por sub-bacia. Modelos distribuídos são aqueles que consideram as características da bacia e os dados utilizados no balanço hídrico de forma distribuída (KAISER, 2006).

Existem modelos clássicos dentre os modelos distribuídos por sub-bacias. Podem-se citar: Stanford, SCS - Soil Conservation Service (atual NRCS), Streamflow Syntesis and Reservoir Regulation (SSARR), TOPMODEL, Système Hydrologique Européen

(SHE), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) e IDHM - The Institute of Hydrology Distribuited Model (IDHM) (TUCCI, 2005; KAISER, 2006).

Softwares hidrológicos

Existem diversos softwares para a simulação hidrológica em drenagem urbana. A seguir, é feita uma breve discussão sobre alguns deles.

CABC

Simulador hidrológico de bacias complexas, desenvolvido pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH). Destina-se à simulação hidrológica de bacias hidrográficas pelo método do Natural Resources Conservation Service (NRCS), através dos modelos de desagregação de precipitações, infiltração, escoamento superficial e geração de hidrogramas sintéticos para bacias hidrológicas.

IPH-S1

Desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com a Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e com a Universidade Federal do Rio Grande (FURG).
Possibilita a obtenção do hidrograma de projeto com base na seleção de modelos para a simulação parcial de cada fase da transformação chuva-vazão. É subdividido nos módulos bacia e rio. No módulo bacia, há opções de modelos de precipitação, separação do escoamento, escoamento superficial e subterrâneo. No módulo rio, os modelos disponíveis possibilitam simular o escoamento no rio, nos reservatórios e simular a derivação de vazões (IPH-UFRGS, 2004).

SWMM

Desenvolvido pela EPA, é um modelo dinâmico chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas

urbanas. Pode ser utilizado para a simulação de um único evento chuvoso, bem como para a simulação contínua de longo prazo (EPA, 2014).

HEC-HMS

É o módulo hidrológico da plataforma HEC (Hydrologic Engineering Center), desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers). Simula o processo de transformação chuva-vazão em sistemas de bacias hidrográficas. Possibilita a estimativa do escoamento superficial por meio dos modelos tradicionalmente utilizados em hidrologia. Objetiva o planejamento de drenagem urbana (USACE, 2014).

O Hec-Hms é um aplicativo que permite a escolha do modelo do NRCS, que usa o hidrograma unitário na propagação superficial (TUCCI, 2005). Na descrição da bacia hidrológica, existe o elemento sub-bacia, para o qual é possível escolher entre os métodos das perdas e os de transformação. Dessa forma, é possível trabalhar de acordo com a disponibilidade de dados.

3.5.1. MODELO HIDROLÓGICO DO NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE- NRCS

O modelo hidrológico desenvolvido pelo Natural Resources Conservation Service (1975) é amplamente utilizado devido às seguintes características: possui reduzido número de parâmetros; permite a relação entre os parâmetros e as características físicas da bacia (TUCCI, 2005).

Esse modelo tem sido utilizado para simular o hidrogramas de cheias em obras de hidráulica e para estabelecer o risco de enchente para um determinado local. Pode ser utilizado em conjunto com um modelo de escoamento em rios e canais para simular a propagação de hidrogramas de diferentes sub-bacias (TUCCI, 2005).

Na sua estrutura, existem os seguintes algoritmos:

- Precipitação de projeto;
- Determinação do volume superficial;
- Propagação do escoamento na bacia.

A precipitação de projeto, por envolver etapa de levantamento de dados para a inserção no modelo, estão descritas no item 5.3.
O volume gerado pela separação do escoamento é propagado até o rio pelo uso do Hidrograma Unitário (TUCCI, 2005).

Hidrograma unitário

O hidrograma unitário (HU), proposto por Sherman (1932), é um modelo linear de transformação de chuva efetiva em vazão superficial (RAMOS et al., 1989). Esse modelo refere-se ao hidrograma unitário resultante de uma precipitação efetiva de altura unitária com intensidade constante no tempo e uniformemente distribuída sobre a área de drenagem da bacia.
As hipóteses consideradas pelo método do hidrograma unitário são: chuvas efetivas de mesma duração e intensidade constante produzirão tempos de escoamento superficial direto iguais; chuvas efetivas de mesma duração, contudo com volumes de escoamento superficial diferentes, produzirão em tempos correspondentes, volumes de escoamento superficial direto proporcional às ordenadas do hidrograma e às chuvas excedentes; a duração do escoamento superficial de uma determinada chuva efetiva independe de precipitações anteriores. O hidrograma total referente a duas ou mais chuvas efetivas é obtido adicionando-se as ordenadas de cada um dos hidrogramas em tempos correspondentes (PACHECHENIK, 2004).

O equacionamento do hidrograma unitário é apresentado a seguir:

Equacionamento

Nesse modelo, a retenção de parte da chuva nas depressões do solo e a infiltração são os principais fatores que afetam a relação chuva-vazão e que determinam a

quantidade de chuva que se transforma em escoamento superficial, chamada precipitação efetiva P_e. A estimativa da precipitação efetiva considera três variáveis: a precipitação no intervalo de tempo, a umidade anterior do solo e as características hidrológicas do solo. Na formulação está implícita uma retenção inicial de 20% da capacidade de infiltração do solo, para condições médias. A resultante para $P > I_a$ está apresentada na equação a seguir:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

$$I_a = 0{,}2xS$$

Na qual:

P_e = Precipitação efetiva (mm);

P = precipitação total (mm);

I_a = perdas iniciais por retenção na bacia;

S = armazenamento do solo.

Para a determinação da capacidade máxima da camada superior do solo S, foi estabelecida uma escala na qual a variável é o parâmetro CN.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Na qual:

S = armazenamento do solo;

CN = Número de curva.

O parâmetro CN é um indicativo do potencial de infiltração do solo e varia de 0 a 100. Quanto menor o potencial de infiltração do solo, maior o CN. O CN varia em função da permeabilidade do solo, da cobertura vegetal, do tipo de superfície e da umidade anterior do solo. A partir da precipitação total em cada intervalo do hietograma, a precipitação excedente P_e é calculada e, então, covertida em escoamento direto.

Os principais fatores determinantes do CN são: o grupo hidrológico do solo, o tipo de cobertura do solo e a condição de umidade anterior do solo (Natural Resources Conservation Service, 1986). Valores estimados de CN são fornecidos em tabelas classificadas por tipo de cobertura do solo para cada grupo hidrológico e condição anterior de umidade.

A precipitação efetiva irá determinar o volume do escoamento superficial direto V_{esd}, que é representando pela área do hidrograma, como apresentado na Figura 34. Portanto:

$$V_{esd} = AD.P_e$$

Na qual:

V_{esd}= volume do escoamento superficial direto;

AD= área de drenagem;

P_e= precipitação excedente. .

A teoria do hidrograma unitário considera que a intensidade da chuva é constante ao longo da duração da chuva. Dessa forma, o hidrograma varia em função do tempo de ascensão (t_A), do tempo base (t_B), do tempo de retardamento (t_R) e do tempo de concentração (t_c); sendo que (t_A), é definido como o tempo decorrido desde o início da precipitação excedente até o pico do hidrograma (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995) e (t_B), a duração total do escoamento superficial direto, sendo a base do hidrograma.

O (t_R) vai do centro de massa do hietograma de precipitação excedente até o pico do hidrograma. Nessa situação, o tempo de concentração (t_c) corresponde ao tempo desde o término da chuva até o ponto de inflexão localizado na zona descendente do hidrograma. Segundo Porto et al. (1995), essa inflexão representa o instante em que a água proveniente do ponto mais distante da bacia passa pela seção de controle. A partir desse ponto, passará por essa seção somente a água que estava temporariamente armazenada na bacia.

O Natural Resources Conservation Service (NRSC) considera as seguintes relações:

$$t_A = t_r + \frac{D}{2}$$

$$t_R = 0{,}6.\,t_C \;\text{ ou }\; t_R = \frac{2}{3}t_C$$

Portanto:

$$t_A = \frac{D}{2} + 0{,}6.\,t_C$$

Sendo:

D= duração do bloco de chuva.

Para uma chuva unitário de 1 cm, a vazão de pico (Q_p) é dada pela expressão:

$$Q_p = 2{,}08\frac{A}{t_A}$$

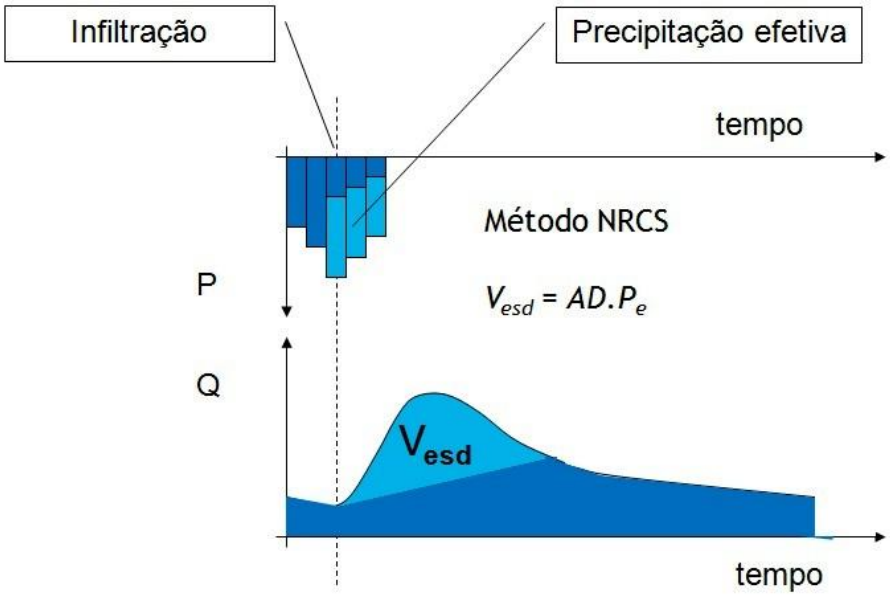
Sendo;

Q_p=vazão de pico (m^3/s);

A= área da bacia, para uma chuva unitária de 1 cm (km^2);

t_A= temo de ascensão (horas).

Figura 34 - Hidrograma unitário - NRCS



Fonte: adaptado Tucci (2005)

3.5.2. O SOFTWARE HEC-HMS

De acordo com Sing e Woolhiser (2002), existem diversos softwares que trabalham com modelos chuva-vazão usados nos EUA com propósitos diferentes. No entanto, o modelo HEC-HMS é considerado modelo-padrão e é utilizado em sistemas de drenagem, na quantificação dos efeitos das mudanças no uso do solo e no controle de enchentes.

O HEC-HMS simula os processos chuva-vazão de evento único em sistemas de bacias urbanas e rurais (GRACIOSA, 2010). O software realiza a modelação de um sistema de bacias hidrográficas através da separação do ciclo hidrológico em diferentes processos, que podem ser gerenciados pelo usuário. Dessa forma, os fluxos de massa e energia presentes no ciclo hidrológico são representados por modelo matemático, sendo que, na maioria dos casos, o usuário pode escolher dentre várias opções qual modelo matemático utilizará.

O HEC-HMS pode ser utilizado em uma grande gama de situações, sendo aplicável a grandes e pequenas bacias hidrográficas. Os hidrogramas produzidos podem ser utilizados diretamente ou em conjunto com outros softwares para estudos de disponibilidade hídrica, drenagem urbana, previsão de vazões, impactos de urbanização e projetos de vertedores (USACE, 2010).

O modelo HEC-HMS representa fisicamente a bacia hidrográfica por meio dos seguintes elementos hidrológicos: sub-bacia (subbasin), que é uma representação física da bacia hidrográfica; trecho (reach), que corresponde a um trecho de canal e conduz vazões nos rios e canais para a jusante ao longo da bacia; junção (junction), que corresponde a um nó; fonte (source), utilizada pra introduzir vazão em um ponto do sistema; sumidouro (sink), utilizado para representar águas retiradas da bacia; reservatório (reservoir) e derivação (diversion) (USACE, 2010).

4. ÁREA DE ESTUDO

A escolha da bacia hidrográfica do rio Pirajuçara se deu pelo fato de esta estar inserida na Região Metropolitana de São Paulo, apresentar problemas recorrentes de inundações, ser uma bacia com área considerável, ter 6 (seis) reservatórios de detenção implantados e ter sediado o experimento com o protótipo do pavimento permeável.

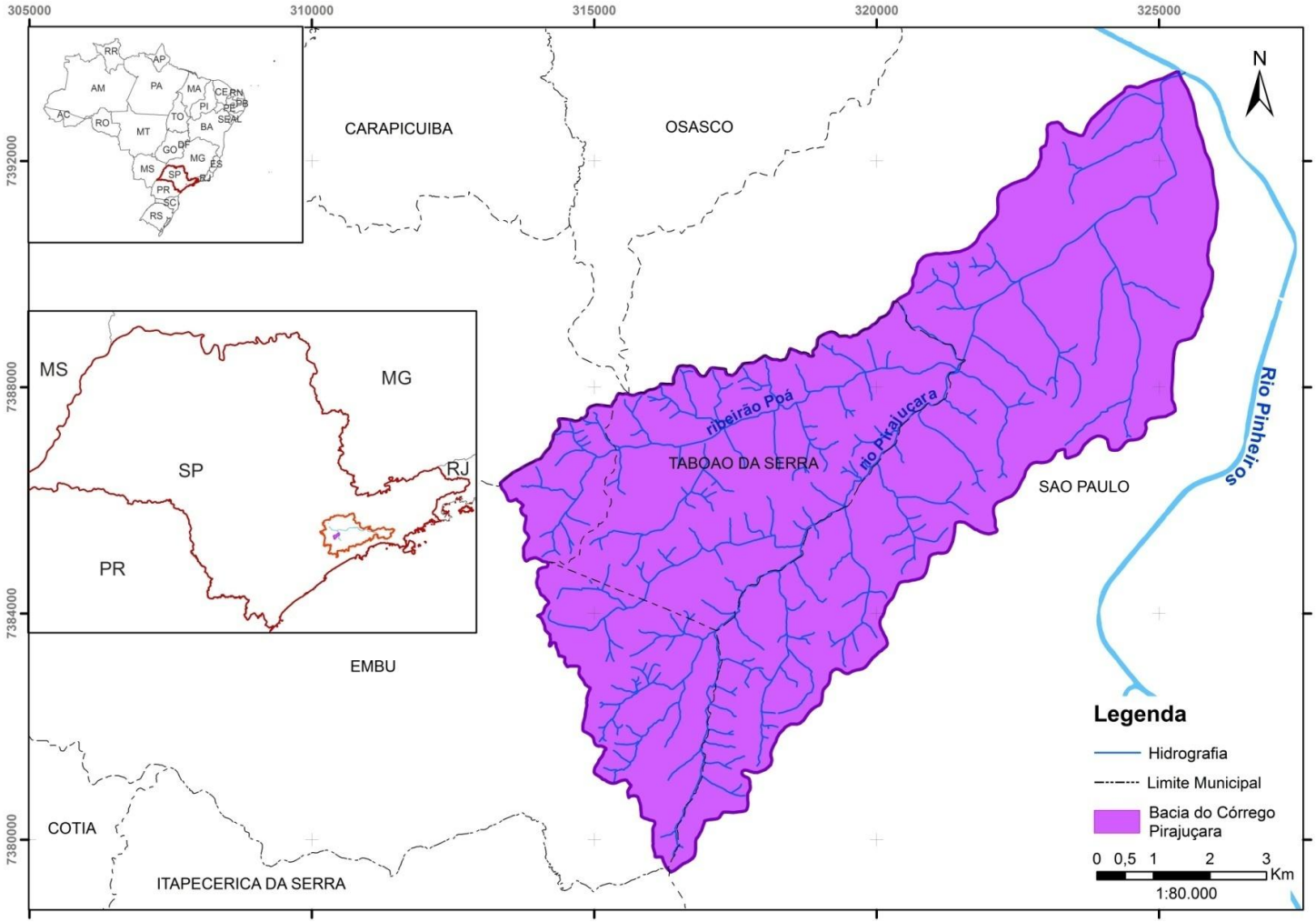
Características gerais da bacia do rio Pirajuçara

A bacia hidrográfica do rio Pirajuçara, que é um afluente da margem esquerda do Canal Inferior do rio Pinheiros, está localizada na porção oeste da Região Metropolitana de São Paulo e drena uma área de aproximadamente 72 km^2 (DAEE, 2013). A bacia abrange os municípios de São Paulo, Taboão da Serra e Embu das Artes, que ocupam, na bacia, respectivamente as seguintes porções de área: 36,5 km^2 (50,6%), 20,3 km^2 (27,7%) e 15,5 km^2 (21,6%).

A extensão total do rio Pirajuçara é 18.577 metros, sendo que, segundo o DAEE (2013), 6.285 metros encontram-se canalizados. Posiciona-se central e linearmente na bacia. Entre os afluentes, destaca-se o ribeirão Poá. Com 8.960 metros de extensão, este desemboca no terço final da margem esquerda do rio Pirajuçara. Sua bacia tem 16,2 km^2, com traçado paralelo ao rio Pirajuçara e conformação linear.

A Figura 35 representa a bacia do Rio Pirajuçara.

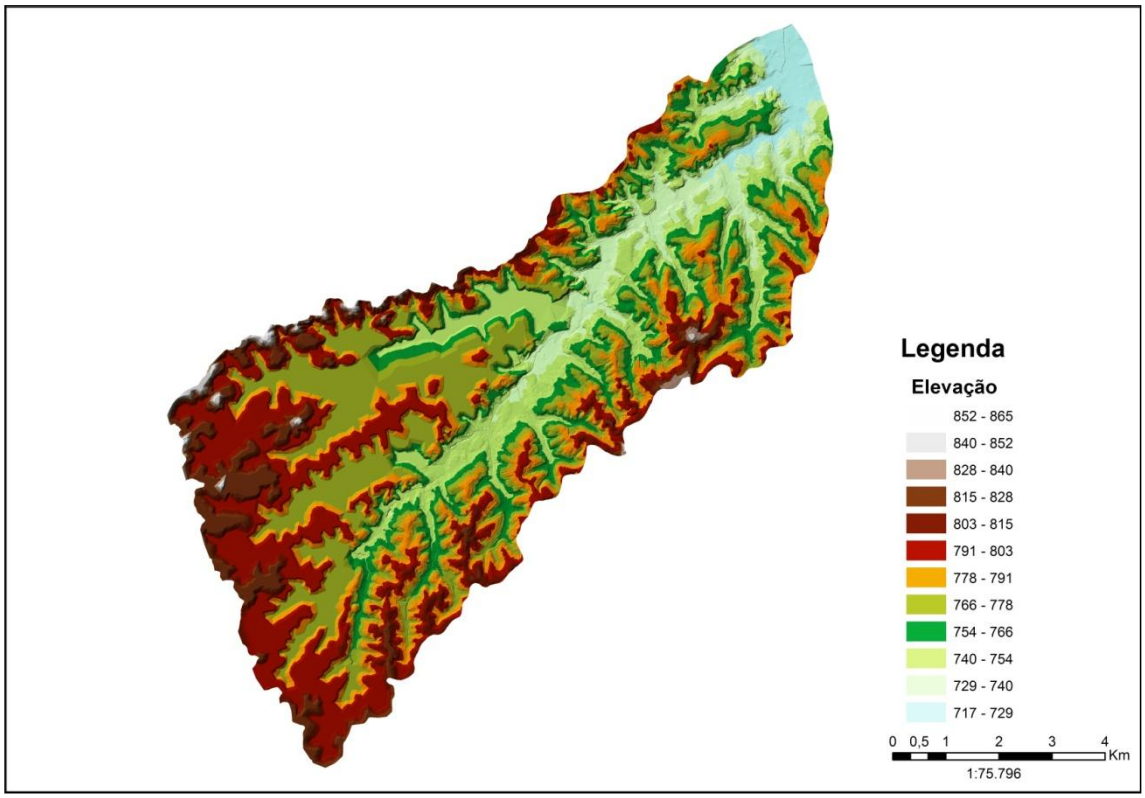
Figura 35 - Bacia do rio Pirajuçara



Fonte: Elaboração da autora

A altimetria da bacia mostra a variação de altitude entre a foz e a cabeceira do rio Pirajuçara, de aproximadamente 175 metros. Valores mais altos são encontrados nas nascentes do córrego Poá e nas elevações mais altas, que separam o córrego Poá do rio Pirajuçara. Os valores mais baixos são encontrados na foz do Pirajuçara, localizado na região da Cidade Universitária, da Universidade de São Paulo (USP). O relevo que acompanha a margem esquerda do rio Pirajuçara e seus tributários é constituído basicamente por colinas. Na margem direita, ocorrem as várzeas mais alargadas entre si e entre estas e as colinas, com a interposição de terraços de topografia plana (Silva, 2009). Em praticamente todo o restante da bacia, predominam altitudes entre 750 e 810 metros. Após a confluência do córrego Poá com o rio Pirajuçara, configura-se a "planície fluvial", com altitudes entre 740 e 715 metros até a foz do rio Pirajuçara e o rio Pinheiros, como apresentado na Figura 36.

Figura 36 - Mapa altimétrico da bacia do rio Pirajuçara



Fonte: Elaboração da autora

A bacia do rio Pirajuçara, devido às recorrentes cheias e inundações, com danos à população que a ocupa, foi uma das bacias estudadas durante a elaboração dos Planos de Drenagem Urbana do Alto Tietê (PDMAT 1 e PDMAT 2) e, mais

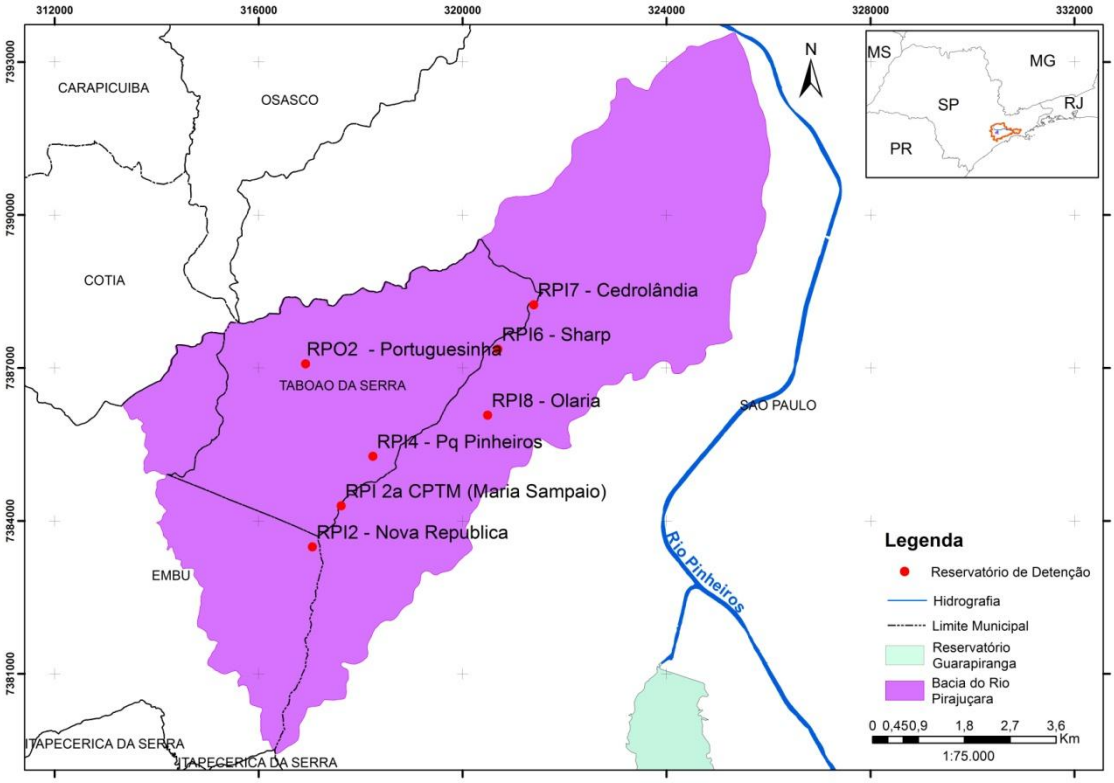
recentemente, do PDMAT 3, em fase final de elaboração.

Das propostas elaboradas pelo PDMAT 1 e PDMAT 2, foram construídos e encontram-se em operação 6 (seis) reservatórios de detenção, que são apresentados na Tabela 3 e na Figura 37.

Tabela 3 - Reservatórios em operação na bacia do rio Pirajuçara. Fonte: DAEE (2013)

Reservatório	Município	Volume (m^3)
Nova República	Embu das Artes	120.000
Maria Sampaio (CPTM)	São Paulo	120.000
Sharp	São Paulo	500.000
Eliseu de Almeida (Cedrolândia)	São Paulo	110.000
Parque Pinheiros	Taboão da Serra	120.000
Portuguesinha	Taboão da Serra	120.000

Figura 37 - Reservatórios de Detenção na Bacia Hidrográfica do rio Pirajuçara



Fonte: DAEE (2013)

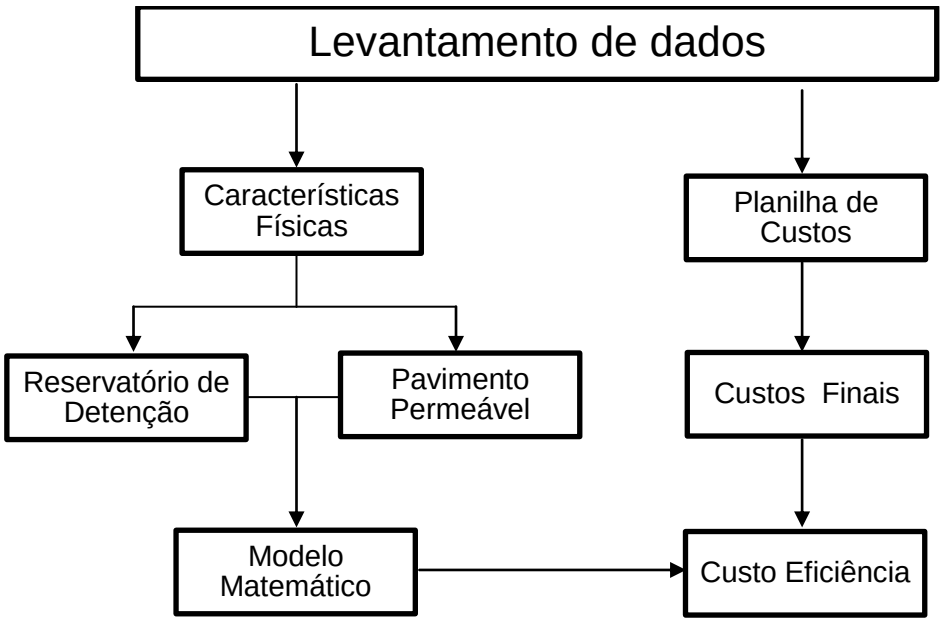
5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aqui apresentada descreve os estudos que foram denominados como "2ª etapa", pois foi o método de trabalho adotado após o levantamento de dados.

Nesta etapa, foi desenvolvida a modelação hidrológica da bacia, proposta com auxílio de ferramenta SIG na preparação de banco de dados. Para analisar os custos envolvidos no abatimento do hidrograma, com implantação de pavimento permeável e com a implantação de reservatórios de detenção na bacia hidrográfica do rio Pirajuçara, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), foram utilizados os resultados da simulação hidrológica, que indicaram o quanto houve de abatimento de vazão no pico do hidrograma. Indicaram também as relações custo/eficiência levantadas para os reservatórios de detenção e para o pavimento permeável.

O fluxograma apresentado na Figura 38 representa o resumo da série de atividades desenvolvidas no decorrer deste estudo.

Figura 38 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na 2 ª etapa



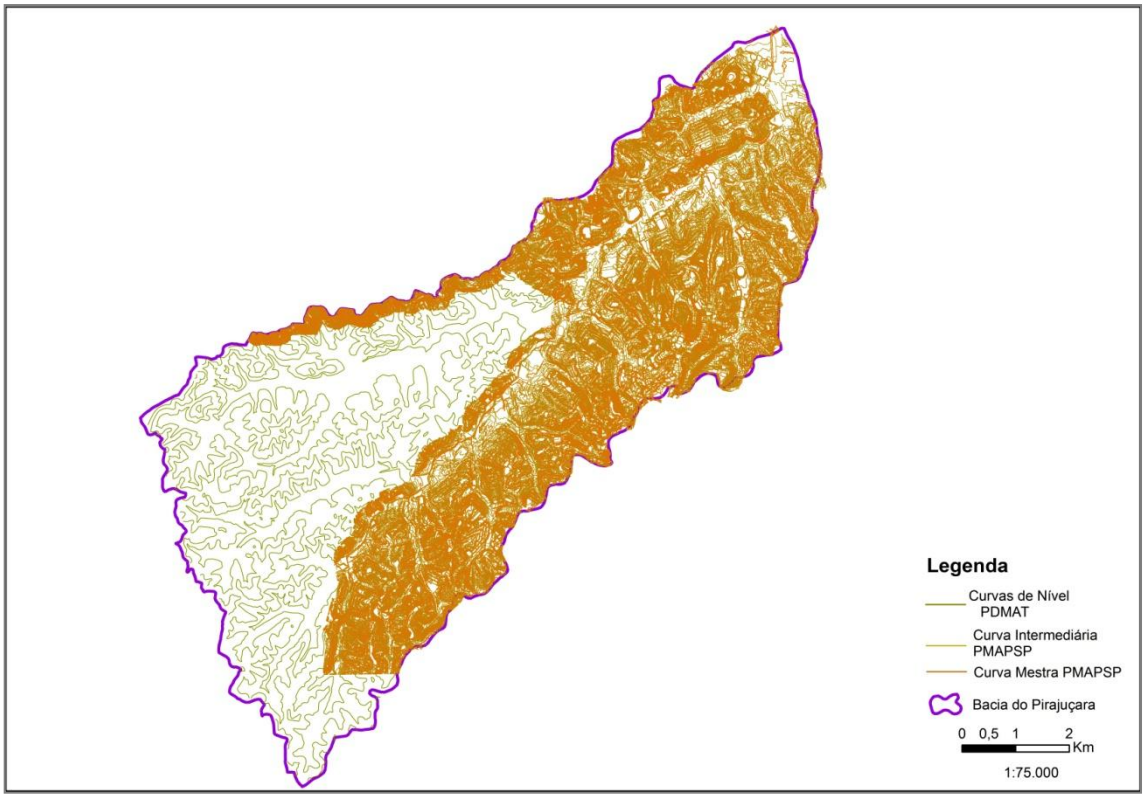
5.1. MATERIAL UTILIZADO

Dados de cartografia

Os dados topográficos utilizados neste trabalho são formados pelo banco de dados digitalizado do município de São Paulo, fornecido pela Prefeitura do Município de São Paulo no formato .dwg. Foi fornecido o Mapa Digital da Cidade (MDC), que cobre a área do município de São Paulo na escala 1:1.000, do qual foram extraídas as curvas de nível e os pontos cotados para o município de São Paulo.

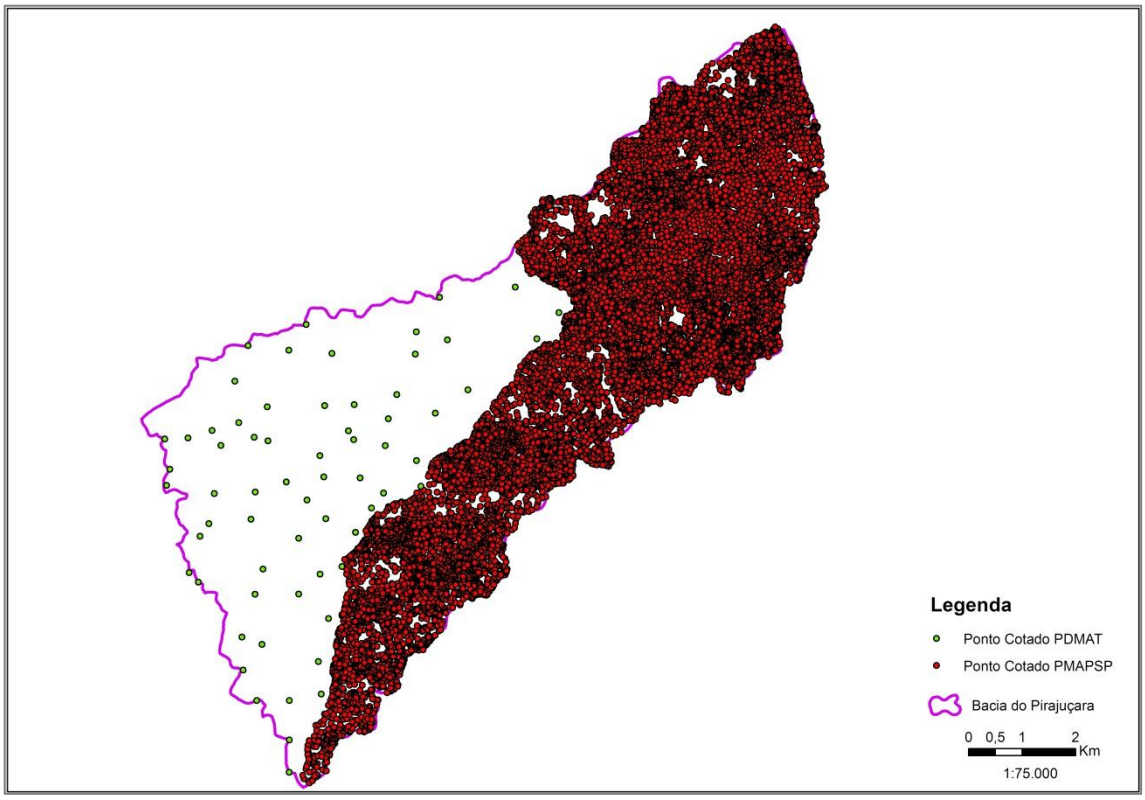
Para regiões pertencentes aos municípios de Taboão da Serra e Embu das Artes, foi utilizada a base cartográfica construída com as cartas da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano - Emplasa - em escala 1:25.000 e em formato vetorizado .shp; concedidas pela Prefeitura Municipal de São Paulo. Na Figura 39 são apresentadas as curvas nível utilizadas. Os pontos cotados estão apresentados na Figura 40.

Figura 39 - Base de curvas de Nível



Fonte: PMSP; Emplasa

Figura 40 - Pontos Cotados

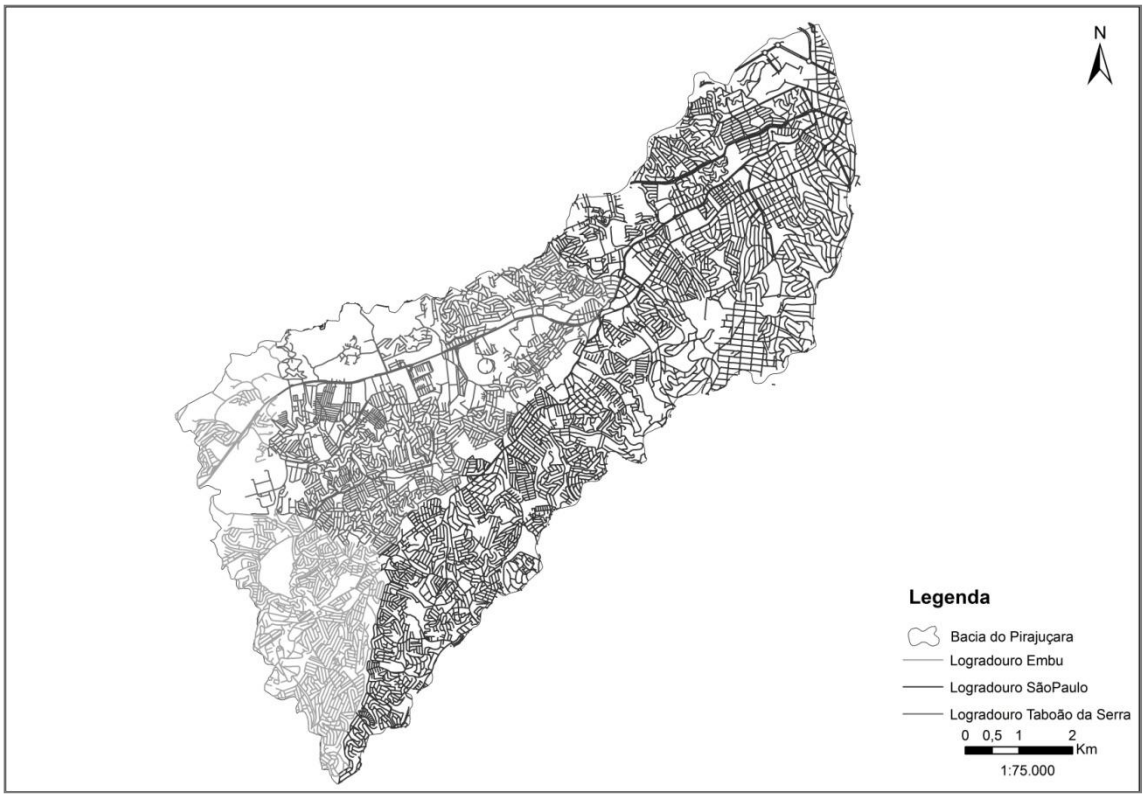


Fonte: PMSP; Emplasa

Esse conjunto de dados foi utilizado para a delimitação das sub-bacias e micro bacias, geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), levantamento da altimetria da bacia hidrográfica, comprimento do talvegue, declividade das sub-bacias e declividades médias das micro bacias.

Os logradouros dos municípios de São Paulo, Embu das Artes e Taboão da Serra fazem parte da base de dados de arruamento Streetbase 2010, cedida pela Secretaria do Meio Ambiente (SMA). A base de dados utilizada neste trabalho está apresentada na Figura 41.

Figura 41 - Logradouros da bacia do rio Pirajuçara



Fonte: SMA

Os dados de logradouros da bacia do rio Pirajuçara foram utilizados para o levantamento de áreas viáveis para a implantação de pavimento permeável.

Dados dos reservatórios e outros dados

As informações referentes aos reservatórios de detenção utilizadas neste trabalho foram fornecidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e complementadas pelo material fornecido pela Hidrostudio, Engecorps e pelo Sistema de Alerta e Inundações de São Paulo (SAISP).

O DAEE forneceu os seguintes dados:

- ✓ PDMAT 1, na íntegra;
- ✓ PDMAT 2: mapas no formato PDF de proposição dos reservatórios de detenção e canalização e o Relatório Síntese;
- ✓ Formulários com as características físicas dos reservatórios de detenção: Portuguesinha, Parque dos Pinheiros, Nova República, Maria Sampaio (CPTM) e Cedrolândia;

- ✓ Planilhas de custos dos reservatórios: Portuguesinha, Parque dos Pinheiros, Nova República, Maria Sampaio (CPTM), Sharp e Cedrolândia.

A Hidrostudio forneceu os seguintes dados:

- ✓ Dados de projeto e relatórios do reservatório Olaria, que está em fase de implantação;
- ✓ Mapas em planta dos reservatórios no formato PDF;
- ✓ Mapa-modelo usado no desenvolvimento do PDMAT 1 da bacia hidrográfica do rio Pirajuçara no formato DWG.

A Engecorps forneceu dados das características físicas dos reservatórios e dados da impermeabilização levantados para os estudos do PDMAT 3.

O SAISP disponibilizou dados das características físicas dos reservatórios e da bacia hidrográfica.

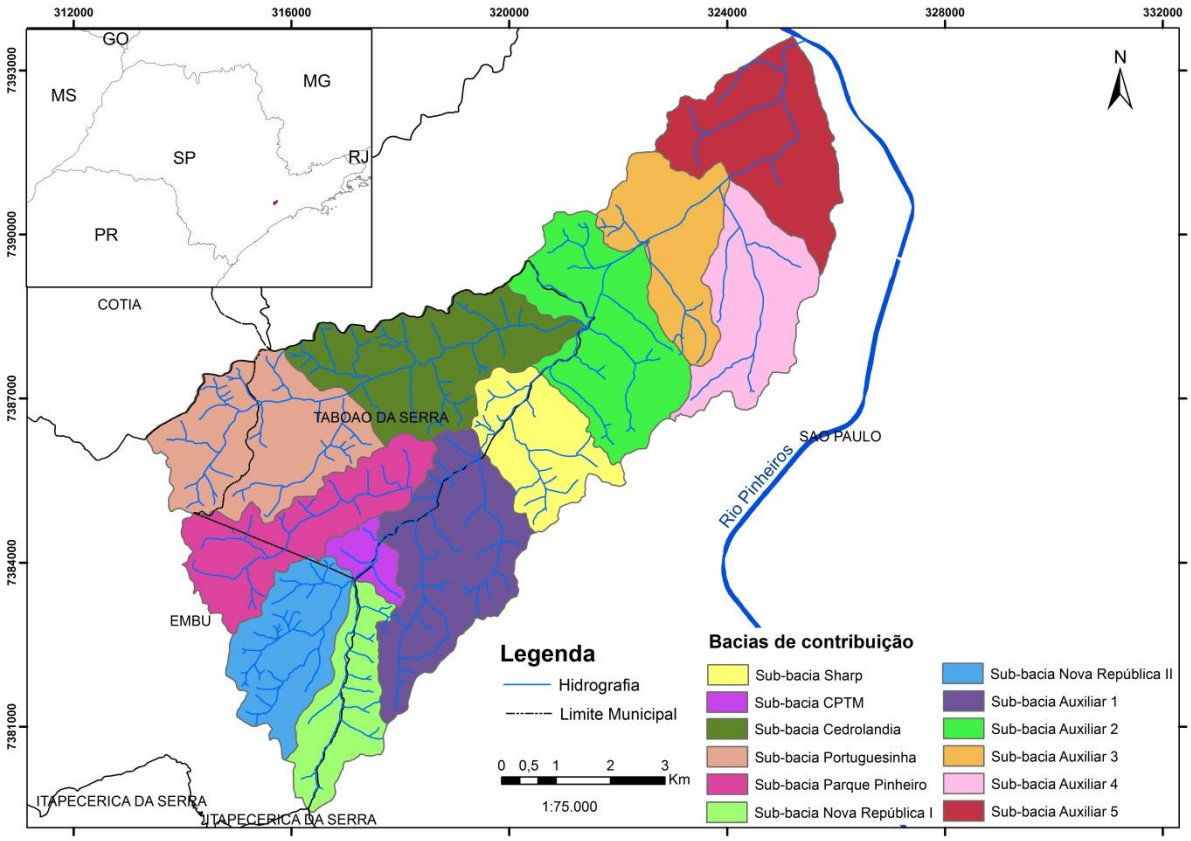
5.2. DELIMITAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO RIO PIRAJUÇARA

Para o desenvolvimento deste trabalho, a bacia do rio Pirajuçara foi divida em 12 sub-bacias, com o objetivo de considerar a diversidade de características hidráulicas e geológicas, de modo a representar a realidade da bacia. Dessa forma, as sub-bacias foram estabelecidas de maneira que, internamente, os parâmetros do modelo possam ser considerados os mesmos.

Na divisão da bacia, foi considerado o fator "área de contribuição" de cada um dos 6 (seis) reservatórios de detenção que estão implantados e em operação, como apresentado na Figura 42. No caso do reservatório Nova República, para a determinação da topologia da sua sub-bacia, foi necessária a delimitação de duas sub-bacias. Tal necessidade deveu-se ao fato de o reservatório estar projetado para receber a contribuição em dois pontos.

Ao todo foram determinadas 5 (cinco) sub-bacias auxiliares: Auxiliar 1, Auxiliar 2, Auxiliar 3, Auxiliar 4 e Auxiliar 5; de forma a melhorar a representatividade da área no modelo.

Figura 42 - Discretização das sub-bacias



Fonte: Elaboração da autora

.

A seguir, na Tabela 4, são apresentadas as sub-bacias e suas respectivas áreas.

Tabela 4 - Sub-bacias

Sub-bacia	**Área (Km²)**
Portuguesinha	8,35
Nova República I	4,06
Nova República II	4,94
CPTM (Maria Sampaio)	1,20
Parque Pinheiros	6,13
SHARP	4,72
Cedrolândia	8,02
Auxiliar 1	8,30
Auxiliar 2	8,23
Auxiliar 3	5,31
Auxiliar 4	5,82
Auxiliar 5	7,30

Fonte: Elaboração da autora

5.3. MODELAÇÃO HIDROLÓGICA

O modelo Hidrológico Hec-Hms

Como apresentado no item 3.5 a simulação hidrológica foi realizada utilizando-se o software HEC-HMS. Para a obtenção dos dados de alimentação do modelo foram utilizados os softwares AutoCad e ArcGis. Para os trechos de canal onde há informação das características da seção foi realizado o rounting de canal através do método da onda cinemática.

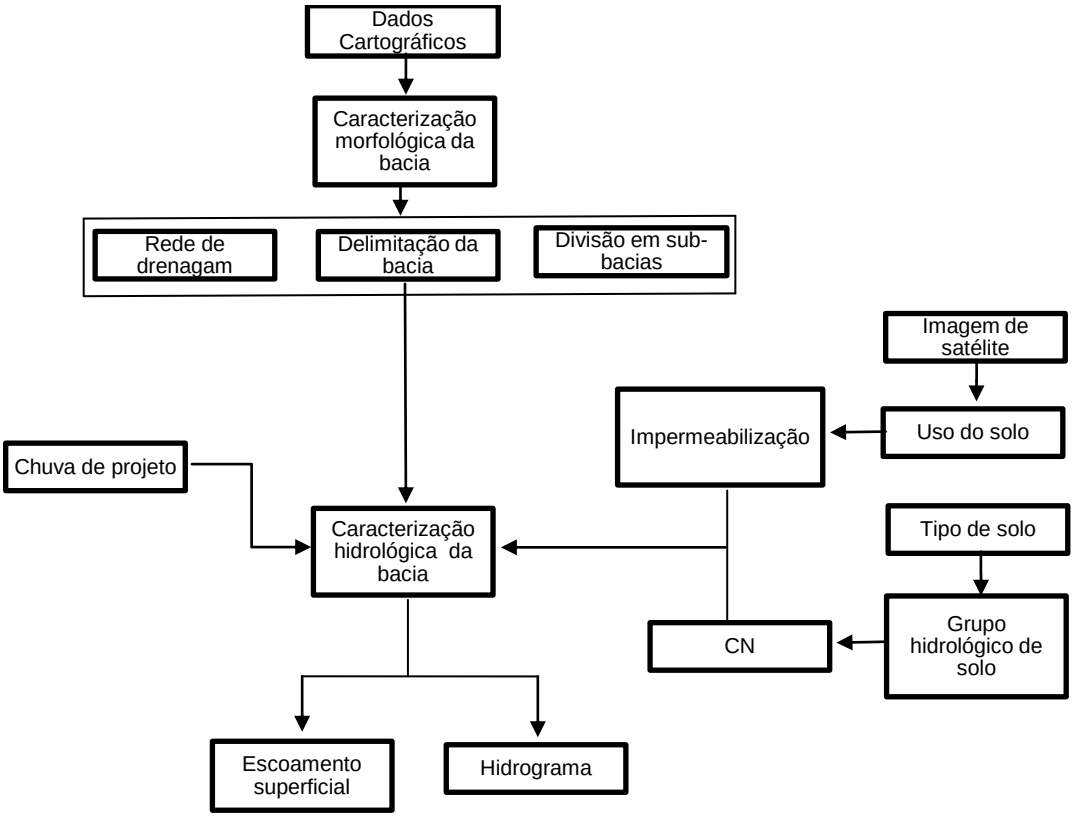
A escolha software Hec-Hms dos modelos hidrológicos do NRCS e do deveu-se a fatores que são: o conhecimento do meio técnico e do científico, e pela experiência da autora.

O Hec-hms é o módulo hidrológico da plataforma Hec. Sua escolha deve-se, ainda, ao fato de ser de distribuição livre, amplamente usado na área técnica e acadêmica e com manual do usuário e de fundamentos do modelo atualizado e revisado. Todos os seus módulos podem ser estudados por meio da documentação disponível. Com projeto-modelo disponível para download, a exibição dos resultados é feita na interface do software e em tabelas que podem ser copiadas e coladas em outro aplicativo (GRACIOSA, 2010; ROS, 2012). Esse modelo é capaz de representar redes complexas, simplificando algumas ligações onde não há como aferir parâmetros, devido à falta de dados de monitoramento para calibração destes (Ros, 2012).

O modelo NRCS tem sido utilizado para a simulação de hidrogramas de cheias de projeto de obras hidráulicas e para o estabelecimento de risco de inundação para um determinado local. O modelo é usado em todo o mundo devido às seguintes características: reduzido número de parâmetros; relação entre os parâmetros e as características físicas da bacia (TUCCI, 2005).

A Figura 43 apresentada indica a sequência de levantamento de dados para a inserção no modelo.

Figura 43 - Fluxograma do processo de modelagem hidrológica utilizando o Hec-Hms



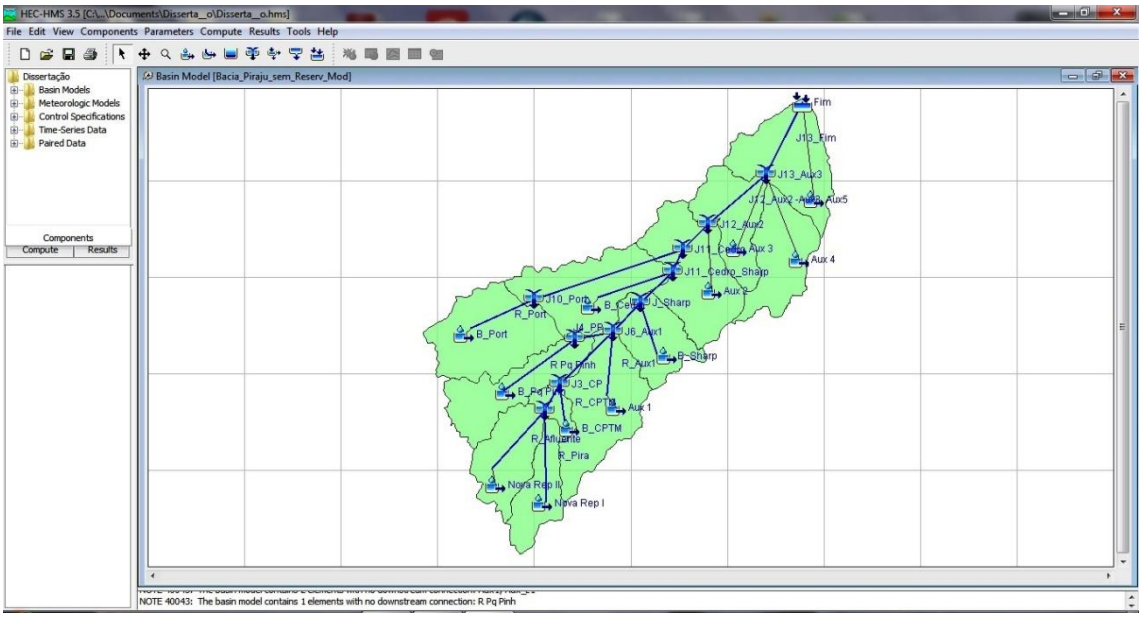
Fonte: Elaboração da autora

Na sequência, são descritos os passos que foram realizados para a montagem da rede de simulação:

1) Inserção da bacia hidrográfica:

A delimitação da bacia hidrográfica é um dos dados de entrada do modelo. Essa bacia é inserida no software sem se considerar a implantação das medidas de controle do escoamento superficial. Nessa etapa, os elementos implantados servem de guia para a inserção dos elementos hidrológicos de controle disponíveis no software a serem utilizados na modelação. Na Figura 44 é apresentada a tela do Hec-Hms com a delimitação das sub-bacias e com os elementos hidrológicos: sub-bacias, junções e Fim.

Figura 44 - Bacia do rio Pirajuçara no modelo Hec-Hms



Fonte: USACE (2010)

2) Definição do modelo para a definição do hidrograma:

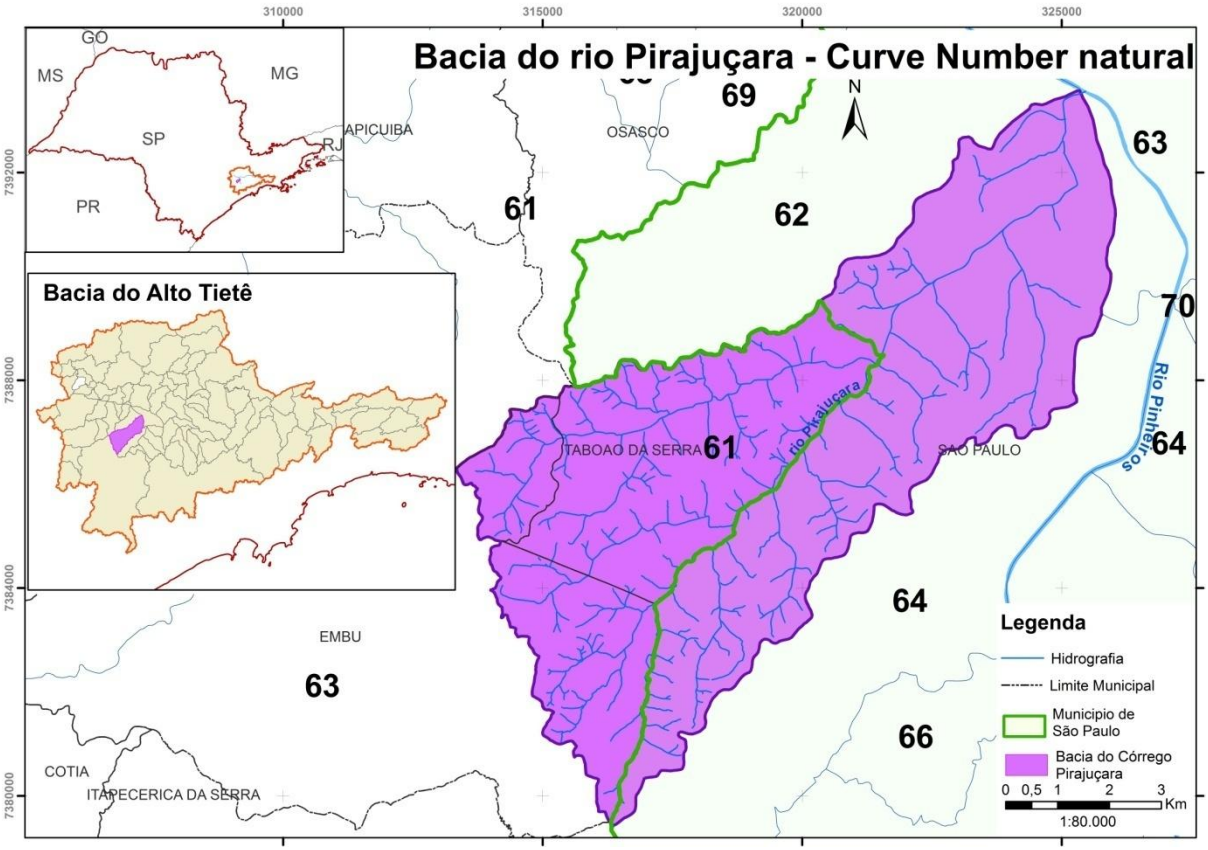
O modelo adotado foi o do NRCS, que transforma os processos chuva-vazão através da metodologia denominada hidrograma unitário descrito no item 3.5.

3) Definição do CN (Curve Number):

O CN utilizado foi o obtido por Kutner, Conte e Nitta (2001). Kutner buscou obter uma avaliação melhorada do coeficiente para toda a Bacia do Alto Tietê a partir de sua constituição geológica, baseando-se nas Cartas Geológicas disponíveis. Neste trabalho a área de estudo foi compartimentada em diversas sub-bacias, sendo uma delas a bacia do rio Pirajuçara, e para cada uma delas foram feitos: identificação, mapeamento e quantificação das áreas de ocorrência dos principais litotipos constituintes.

Para a bacia do rio Pirajuçara foi utilizado o CN natural; vide Figura 45, que corresponde à condição de uso do solo na maior parte das bacias em condição de mata. Esse CN natural foi introduzido no software para a modelação quando da utilização da condição de impermeabilização da bacia, condição essa obtida durante os estudos do PDMAT 3.

Figura 45 - Curve Number natural



Fonte: Kutner et al. (2001)

4) Cálculo do Tempo de Concentração:

O tempo de concentração das sub-bacias utilizado neste estudo foi calculado com a fórmula desenvolvida por Carter em 1961 (SILVEIRA, 2005; MCCUEN et al., 1984 apud FARIAS JUNIOR, 2011).

Silveira (2005) avaliou 23 fórmulas de tempo de concentração, que serviram de indicadores para a escolha da fórmula mais adequada de acordo com as características da área a ser estudada. O autor concluiu que a fórmula desenvolvida por Carter, para bacias urbanas com áreas inferiores a 11 km^2, apresenta bons resultados. Neste estudo foram também avaliadas as fórmulas de Schaake e Desbordes, porém, os resultados ficam aquém do esperado.

A fórmula de Carter utilizada é apresentada a seguir:

$$T_c = 0{,}0977 L^{0{,}6} . S^{-0{,}3}$$

Na qual:

L= Comprimento do talvegue (km);

S= Declividade média m/m.

O comprimento do talvegue foi obtido por meio de sua representação gráfica que foi obtido com o auxílio das curvas de nível, as quais serviram de diretrizes.

A declividade média foi levantada por meio da diferença de cota da curva de nível do ponto mais extremo, pela cota da curva de nível do exutório da bacia hidrográfica.

O tempo de concentração assim determinado serviu para a determinação do "*Lag Time*", que corresponde em média a 0,6 x Tempo de concentração. Na Tabela 5 são apresentados os valores do tempo de concentração e do lag time obtidos para cada uma das sub-bacias estudadas.

Tabela 5 - Lag Time

Bacia	**Tempo de Concentração (min)**	**Lag Time (min)**
Portuguesinha	55,65	33,39
Nova República I	53,75	32,25
Nova República II	45,63	27,38
CPTM (Maria Sampaio)	20,54	12,32
Parque Pinheiros	57,23	34,34
SHARP	38,20	22,92
Cedrolândia	65,52	39,31
Auxiliar 1	66,70	40,02
Auxiliar 2	55,75	33,45
Auxiliar 3	114,86	68,91
Auxiliar 4	52,09	31,25
Auxiliar 5	54,49	32,69

Fonte: Elaboração da autora

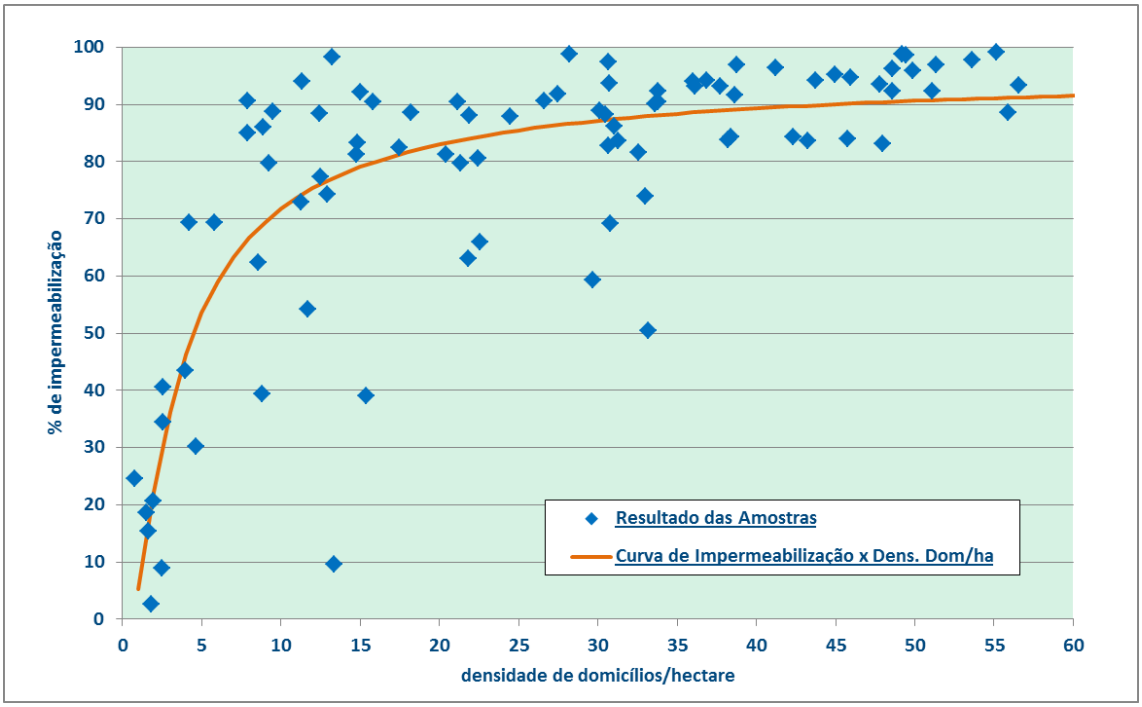
5) Porcentagem de impermeabilização de cada sub-bacia:

O grau de impermeabilização utilizado em cada sub-bacia foi obtido do estudo de atualização da curva de impermeabilização do PDMAT 3. No qual, foi selecionada uma amostra de polígonos retangulares de cinco hectares com dimensões de 250 m por 200 m. Para a cidade de São Paulo, que possui a área predominantemente urbana, foram escolhidos sessenta polígonos em bairros com diferentes padrões

socioeconômicos de domicílios, a fim de que a região fosse devidamente representada.

A partir desses levantamentos, foi obtida uma relação de porcentagem de área impermeável versus densidade de domicílios por hectare. Os resultados estão apresentados na Figura 46.

Figura 46 - Relação de porcentagem de área impermeável x densidade domicílio/ha

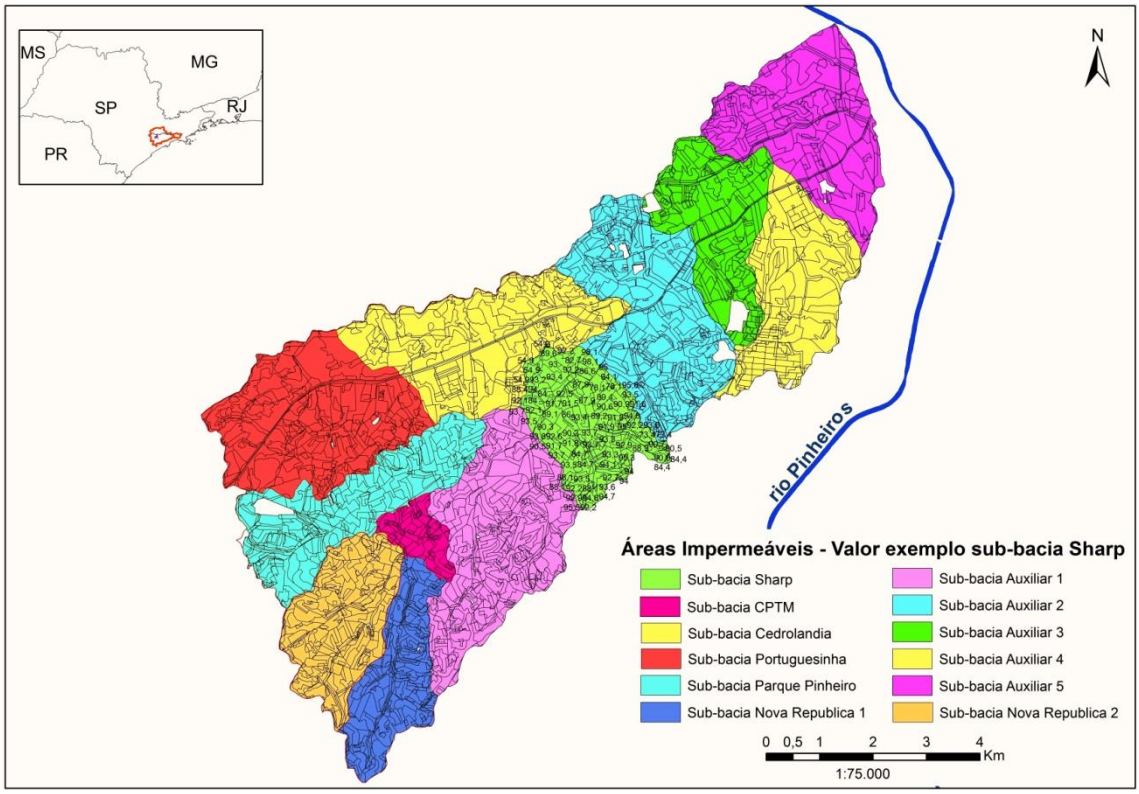


Fonte: PDMAT 3

A partir dos pontos amostrados, foi estabelecida uma curva que converte a densidade de domicílios por hectare em grau de impermeabilização. Assim, de posse do novo shapefile de grau de impermeabilização, foi calculada a média para cada sub-bacia. Complementarmente, para as áreas industriais, definiu-se um grau de impermeabilização de 95%, que é o valor representativo da impermeabilização máxima de um terreno na Bacia do Alto Tietê (BAT). Portanto, para cada uma das 12 sub-bacias, foram usadas as porcentagens determinadas pelo PDMAT 3. Para levantar a porcentagem de impermeabilização da bacia hidrográfica do rio Pirajuçara da bacia do Alto Tietê, foi preciso primeiramente “separar” o shapefile da porcentagem relativa à bacia do rio, em seguida, determinar as porcentagens individuais de cada uma das 12 sub-bacias, utilizando-se uma ferramenta SIG. A seguir, para cada uma das 12 sub-bacias, a porcentagem de impermeabilização foi

obtida pela média ponderada das porcentagens de impermeabilização de cada sub-bacia. O software utilizado nesse processo foi o ArcGis. A Figura 47 apresenta cada sub-bacia com sua respectiva condição de porcentagem de impermeabilização. Observa-se que cada sub-bacia é composta por diversas microbacias de percentuais de impermeabilização distintos. A título de exemplo apresenta-se a sub-bacia do reservatório Sharp com valores da impermeabilização, antes do cálculo da média ponderada.

Figura 47 - Separação da porcentagem de impermeabilização por sub-bacia



Fonte: Elaboração da autora

Na Tabela 6 são apresentadas as porcentagens de impermeabilização calculadas para cada sub-bacia.

Tabela 6 - Porcentagem média da impermeabilização por sub-bacia

Bacia	% Impermeável
Portuguesinha	67,07
Nova República I	92,63
Nova República II	90,85
CPTM (Maria Sampaio)	93,08
Parque Pinheiros	84,44
SHARP	90,25
Cedrolândia	76,34
Auxiliar 1	90,29
Auxiliar 2	85,08
Auxiliar 3	83,02
Auxiliar 4	72,44
Auxiliar 5	49,20

Fonte: Elaboração da autora

6) Chuva de Projeto Adotada:

A chuva de projeto adotada é aquela que o convênio DAEE-USP publicou em junho de 1999 uma síntese dos estudos que contemplaram a análise das precipitações intensas para trinta localidades do Estado de São Paulo.

As equações de Intensidade - duração - frequência (IDF) obtidas são amplamente usadas no Estado de São Paulo para projetos de drenagem urbana. A chuva de projeto usada neste estudo é a IDF de Martinez e Magni (1999), elaborada a partir dos dados do posto do IAG- Parque do Estado (E3-035, localizado na cidade de São Paulo, com coordenadas geográficas: Lat. $23^0$39' S; Long. $46^0$38' W, Altitude: 780 m) e período de dados utilizados de 1933 a 1997. Anteriormente ao estudo dessa equação, haviam sido determinadas três equações para essa mesma localidade, sendo elas: Occhipinti e Santos, em 1965, com dados de 1928 a 1964; Wilken, em 1972, com dados de 1934 a 1959 e Mero e Magni, em 1979, com dados de 1931 a 1979.

A equação desenvolvida por Martinez e Magni está apresentada a seguir:

$$i_{t,T} = 39{,}3015(t+20)^{-0{,}9228} + 10{,}1767(t+20)^{-0{,}8764}.\left[-0{,}4653 - 0{,}8407\ ln\ ln\left({}^{T}/_{T-1}\right)\right]$$

Na qual:

i = intensidade da chuva em mm/min.;

t = duração da chuva em minutos;

T = período de retorno em anos.

Na sequência, a Tabela 7 mostra as previsões de máximas alturas de chuva para São Paulo.

Tabela 7 - Previsão de máximas alturas de chuva em mm para São Paulo

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**50**	**100**	**200**
10	16,2	21,1	24,4	26,2	27,5	28,5	31,6	34,6	37,6
20	24,9	32,5	37,6	40,4	42,4	44,0	48,7	53,4	58,1
30	30,3	39,8	46,0	49,5	52,0	53,9	59,8	65,6	71,4
60	39,3	51,8	60,1	64,7	68,0	70,5	78,3	86,0	93,6
120	46,8	62,1	72,3	78,0	82,0	85,1	94,6	104,0	113,4
180	50,5	67,3	78,4	84,7	89,1	92,5	102,9	113,2	123,5
360	55,7	74,9	87,6	94,7	99,7	103,6	115,5	127,2	139,0
720	60,2	81,5	95,6	103,6	109,2	113,5	126,8	139,9	153,0
1080	62,5	85,2	100,1	108,6	114,5	119,1	133,1	147,0	160,9
1440	64,1	87,7	103,3	112,1	118,2	123,0	137,6	152,1	166,5

Fonte: Martinez; Magni (1999)

Com esses critérios, foram consideradas as seguintes condições de projeto:

- ✓ Duração das chuvas = 2 horas;
- ✓ Distribuição temporal: Huff 2º quartil;
- ✓ Períodos de retorno analisados: 2, 10, 25, 50 e 100 anos.

A adoção desses critérios justifica-se por serem estas as chuvas que provocam danos e transtornos mais frequentes. São as chuvas intensas e de curta duração que apresentam maior risco de inundações e dano à vida.

Os reservatórios de detenção e pavimentos permeáveis foram simulados e analisados para os mesmos períodos de retorno, ou seja, alterado o período de retorno para o reservatório de detenção também foi alterado para o pavimento permeável, para que houvesse a possibilidade de comparação dos abatimentos

promovidos por cada estrutura. Para o pavimento permeável, optou-se pela utilização da chuva com o abatimento encontrado nos estudos de Pinto (2011) e apontado por Martins (2012), sendo esse abatimento da ordem de 66%.

Da Figura 48 até a Figura 52, são apresentados os hietogramas das chuvas de projeto para a simulação sem implantação de medidas de controle e com os reservatórios de detenção com distribuição temporal Huff 2^0 quartil.

Figura 48 - Hietograma de projeto TR 2 anos - Reservatório de Detenção

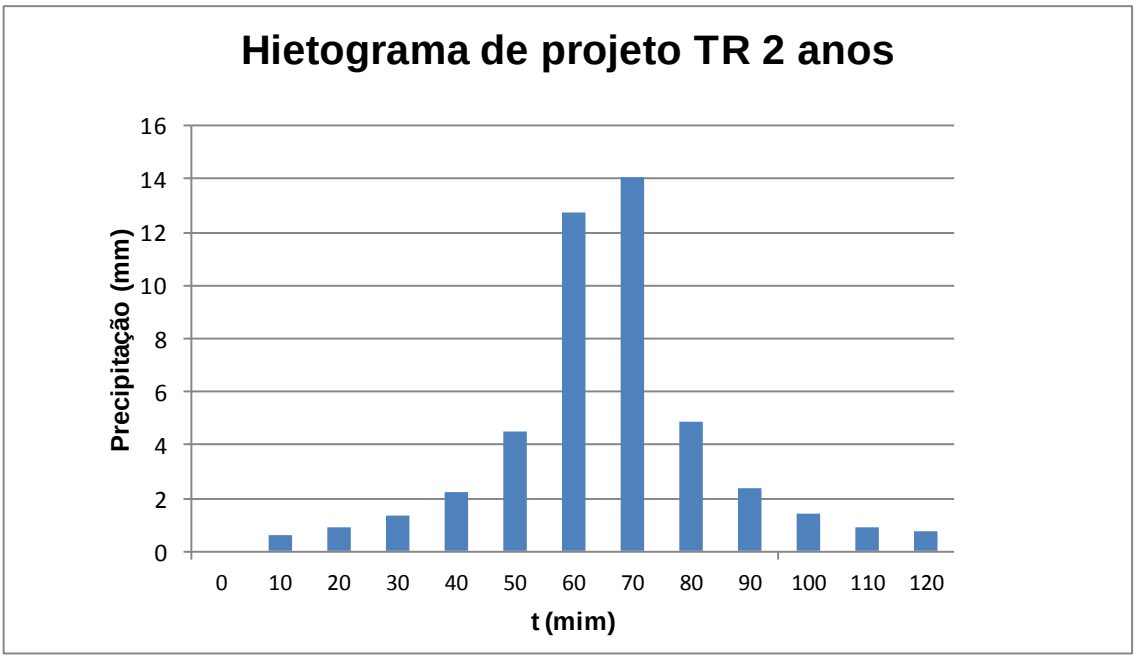


Figura 49 - Hietograma de projeto TR 10 anos - Reservatório de Detenção

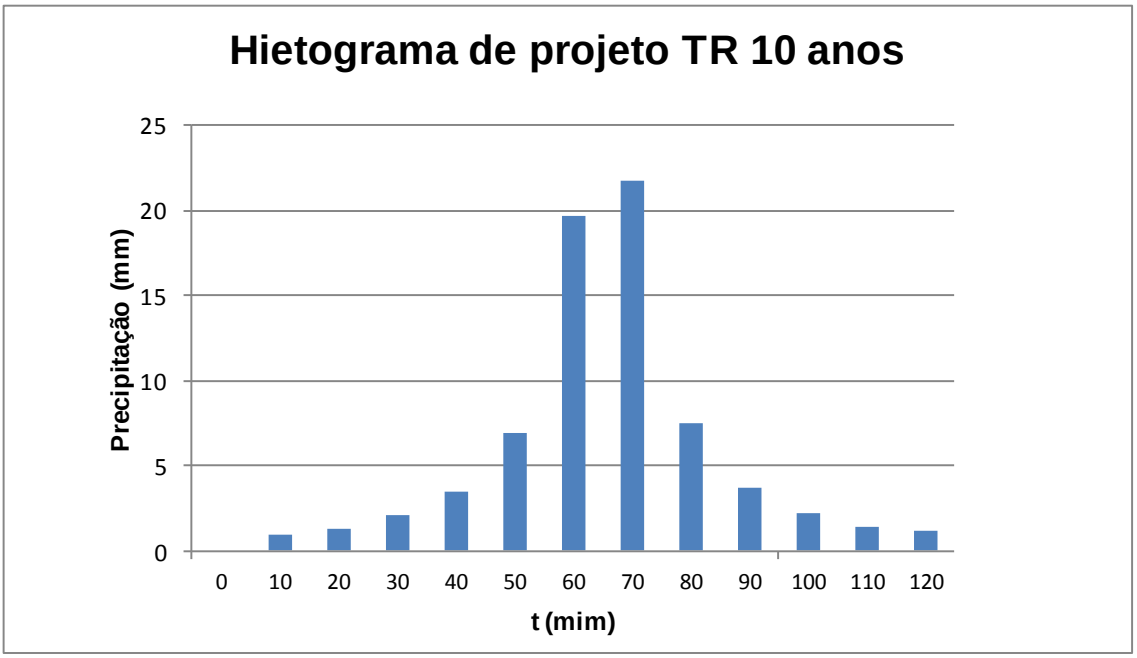


Figura 50 - Hietograma de projeto TR 25 anos - Reservatório de Detenção

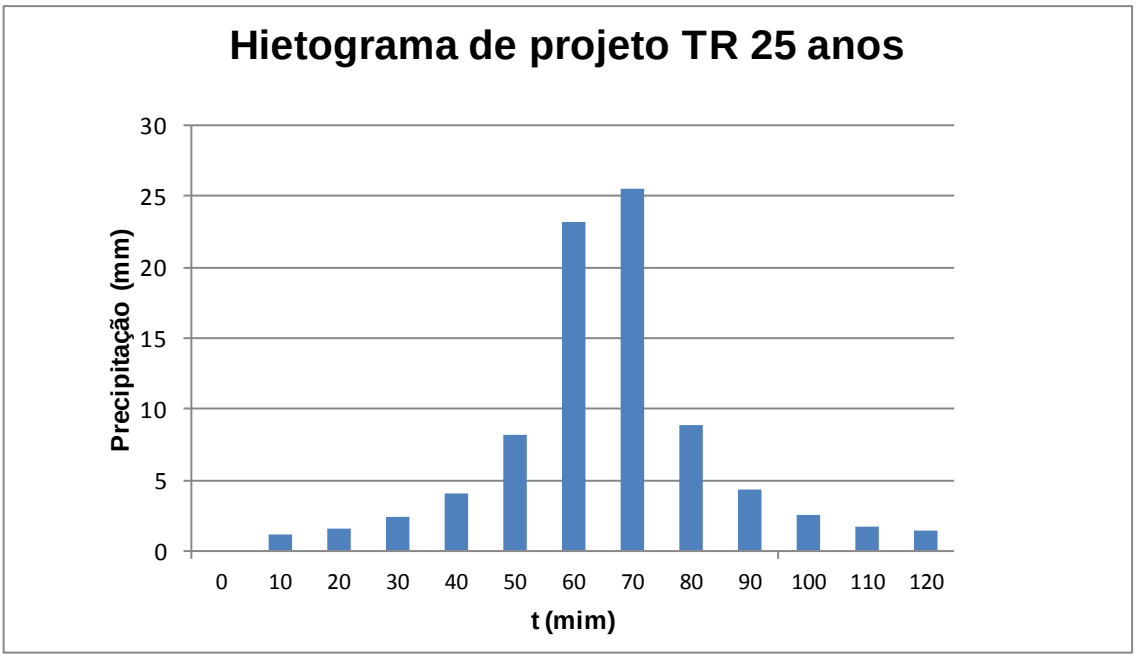


Figura 51 - Hietograma de projeto TR 50 anos - Reservatório de Detenção

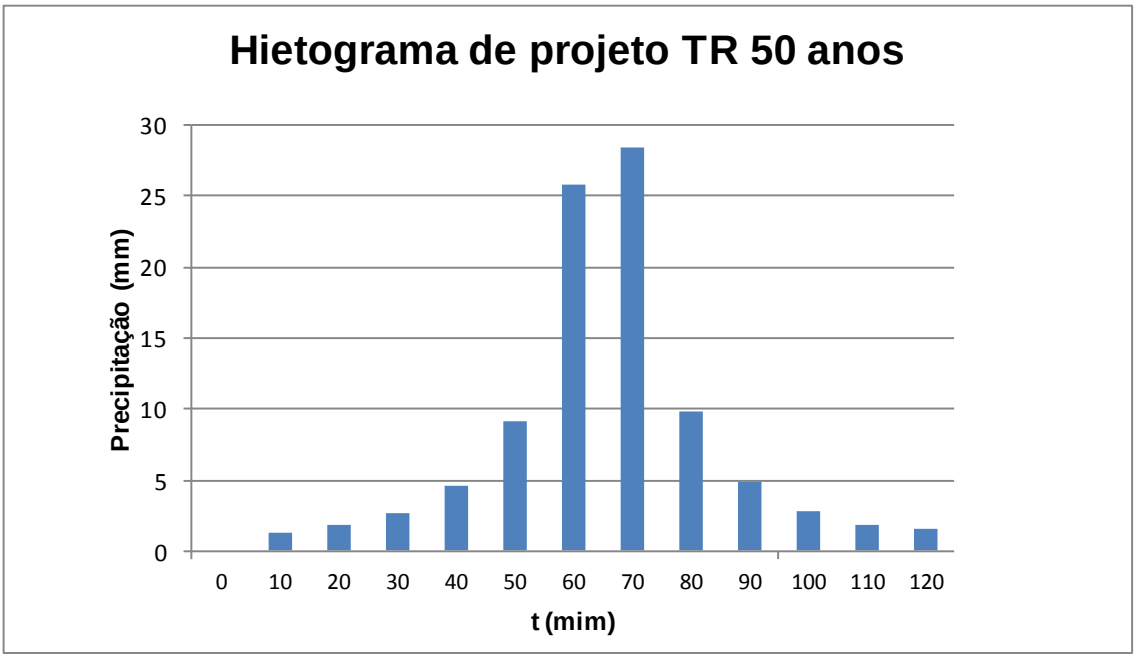
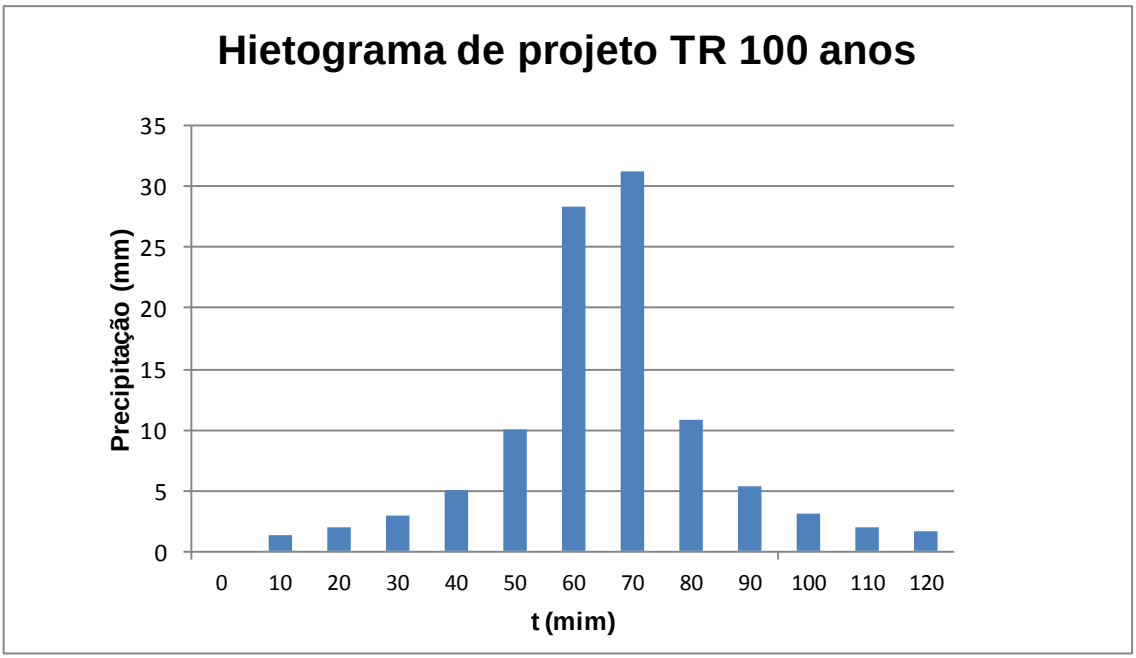


Figura 52 - Hietograma de projeto TR 100 anos - Reservatório de Detenção



Da Figura 53 até a Figura 57, são apresentados os hietogramas das chuvas de projeto, utilizadas para a simulação dos pavimentos permeáveis. Esses hietrogramas diferem dos hietogramas utilizados para a simulação do modelo com reservatório de detenção e sem medida de controle por terem cada intervalo de discretização minorado em 66%, de forma a representar o abatimento encontrado nos estudos

desenvolvido por Pinto (2011) e apontado por Martins (2012).

Figura 53 - Hietograma de projeto TR 2 anos - Pavimento Permeável

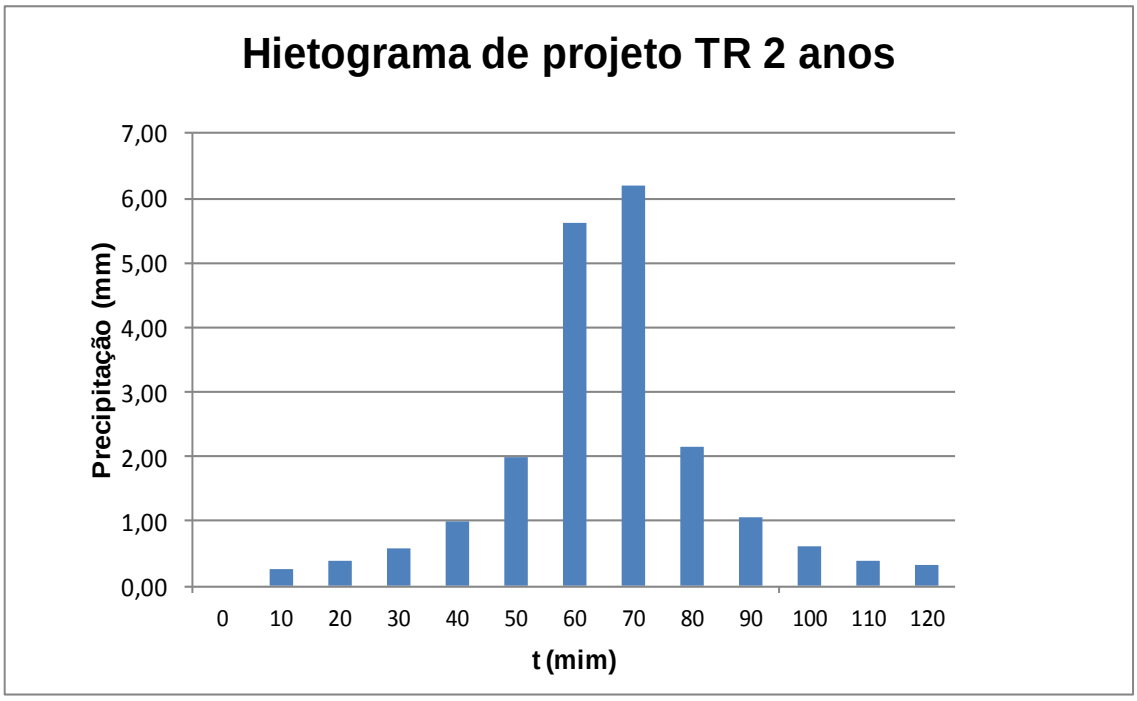


Figura 54 - Hietograma de projeto TR 10 anos - Pavimento Permeável

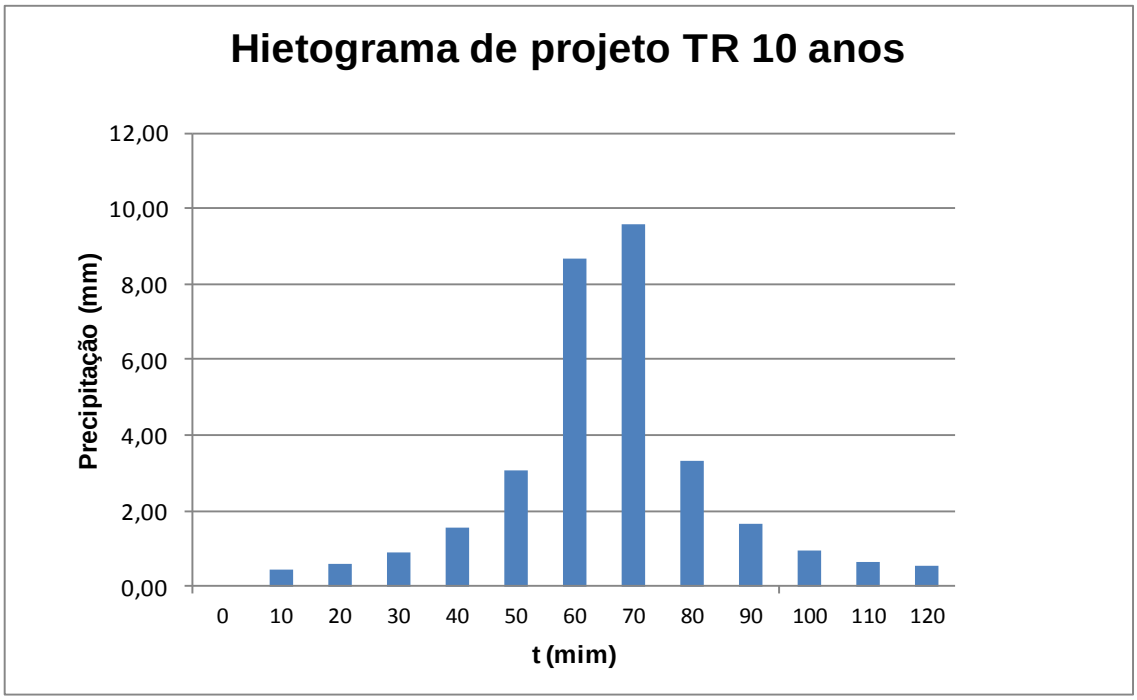


Figura 55 - Hietograma de projeto TR 25 anos - Pavimento Permeável

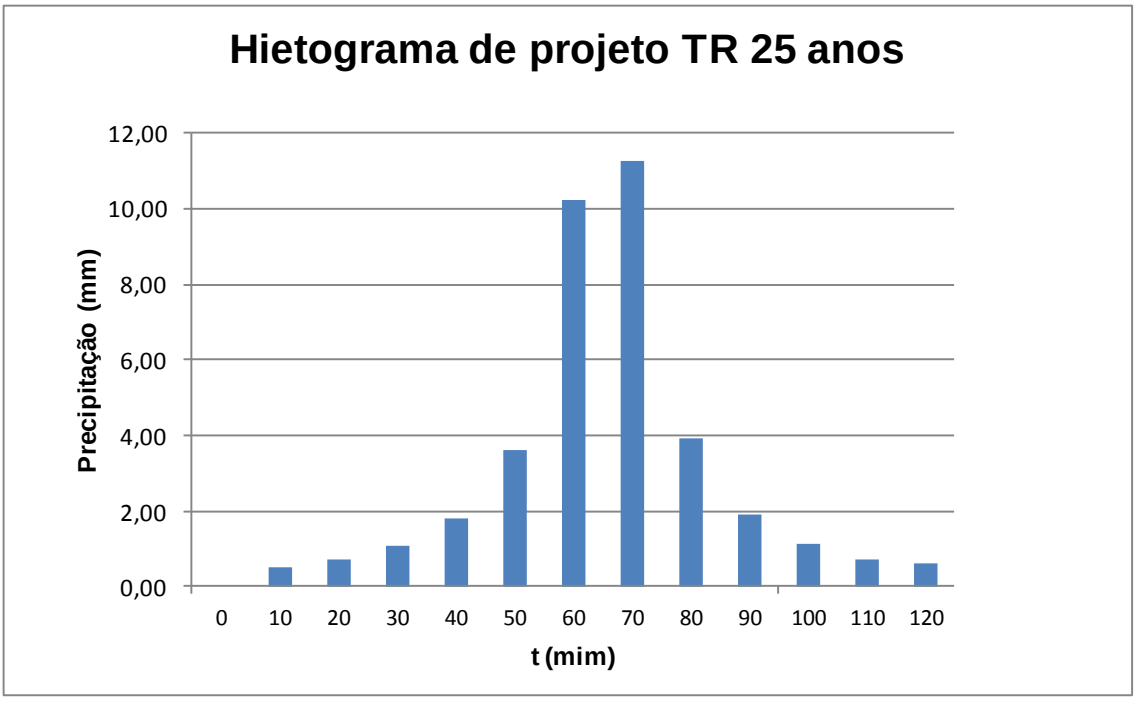


Figura 56 - Hietograma de projeto TR 50 anos - Pavimento Permeável

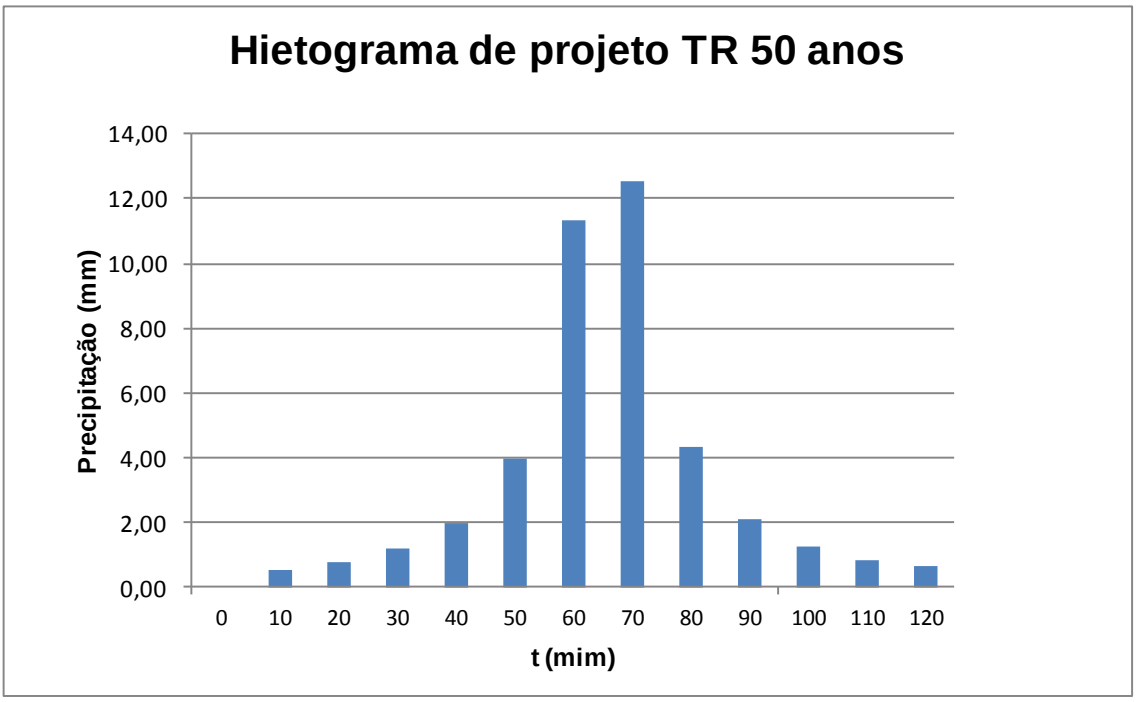
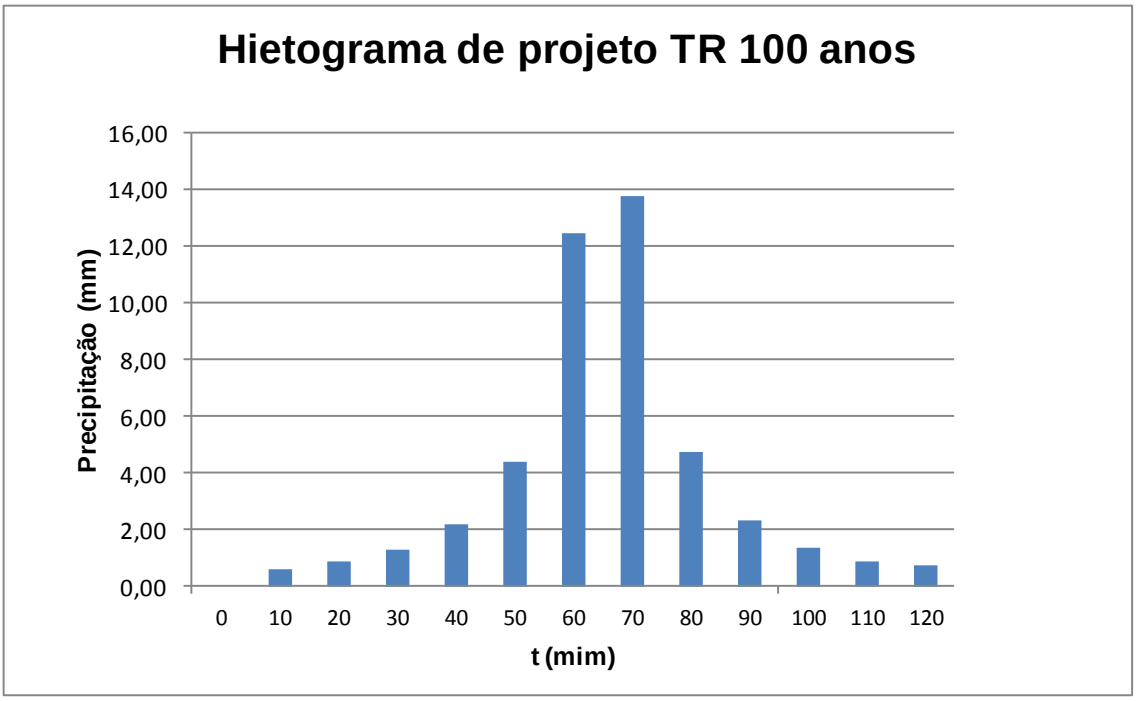


Figura 57 - Hietograma de projeto TR 100 anos - Pavimento Permeável



7) Curvas de descarga dos Reservatórios de detenção:

A localização e a capacidade de armazenamento dos reservatórios de detenção em operação na bacia do rio Pirajuçara foram apresentados no capítulo 3. Neste item, serão apresentadas as curvas de descargas usadas na simulação.

Buscou-se levantar as curvas volume x descarga através das informações encontradas nos formulários, desenhos e relatórios fornecidos pelo DAEE. Porém, houve situações em que havia mais de uma informação para o mesmo reservatório. Quando da ocorrência dessa situação, foram testadas diversas combinações, até se obter o resultado esperado na saída do reservatório, por meio do método de tentativa e erro. O método de tentativa e erro foi usado depois de determinadas as características físicas das bacias. Foi realizado durante a calibração do modelo, alterando-se as descargas de forma a obter o resultado esperado, aquele que melhor se ajustava para a calibração do modelo.

A sequência da Figura 58 até a Figura 63 apresenta as curvas volume x descarga usadas na modelação dos reservatórios.

Figura 58 - Curva volume x descarga - reservatório Nova República

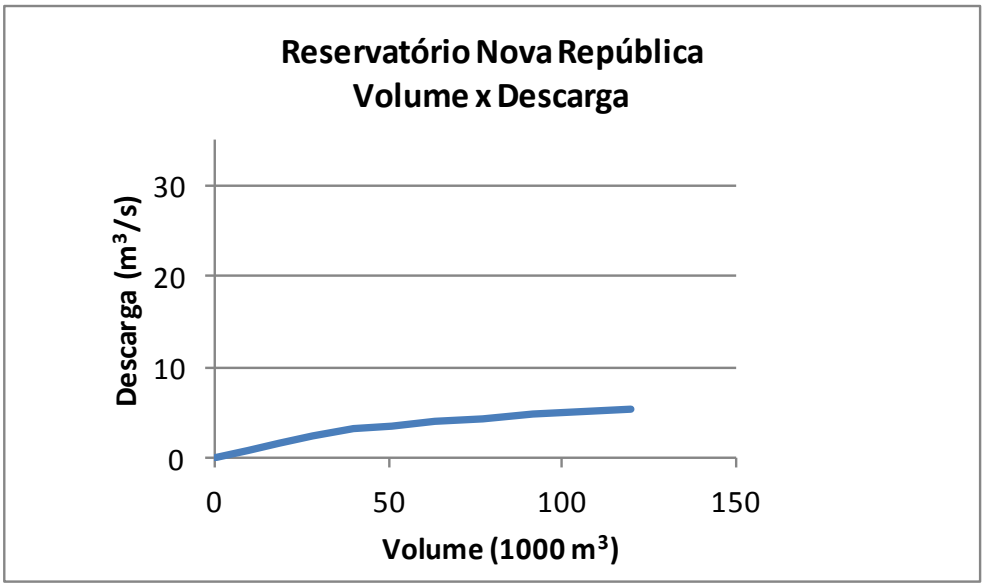


Figura 59 - Curva volume x descarga - reservatório CPTM

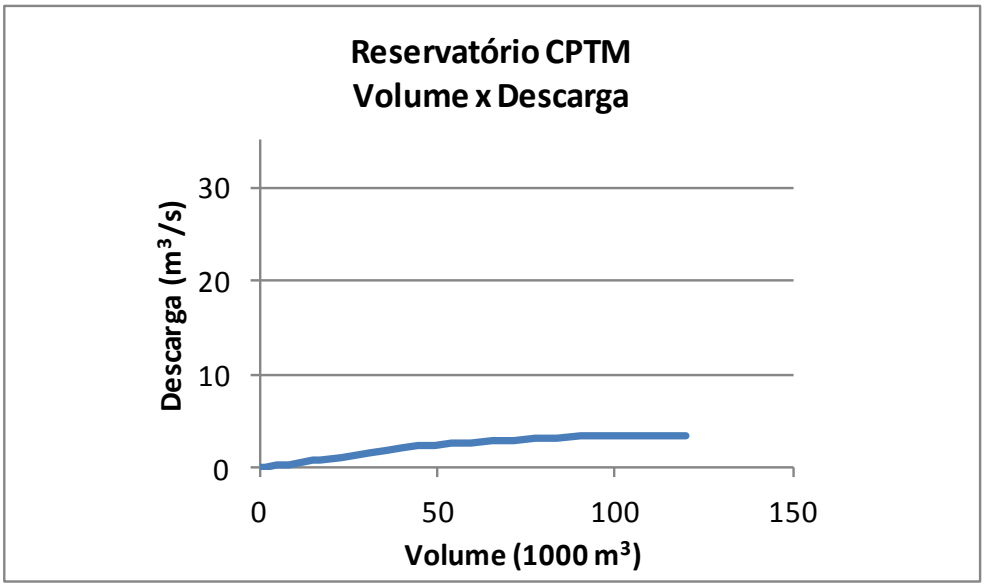


Figura 60 - Curva volume x descarga - reservatório do Parque dos Pinheiros

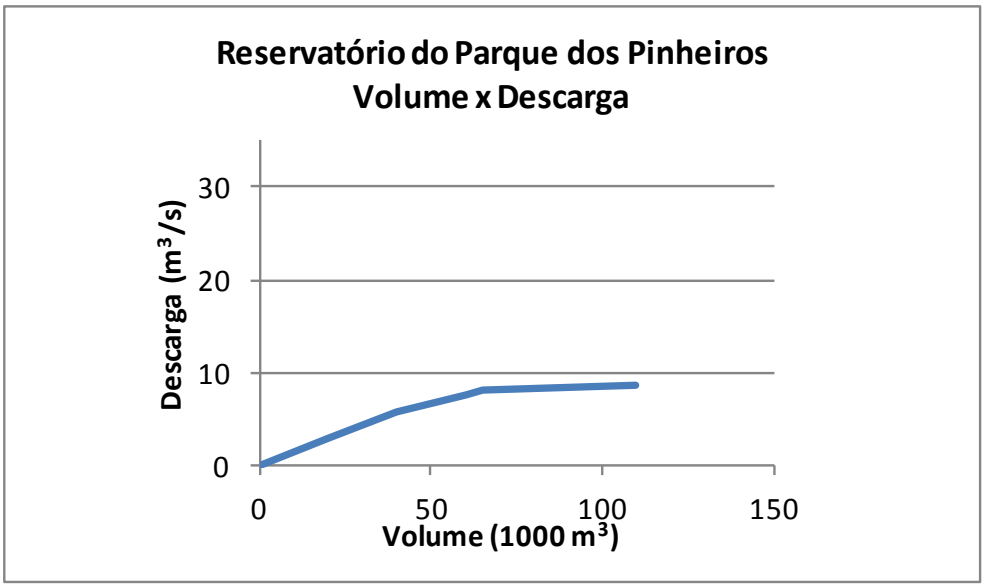


Figura 61 - Curva volume x descarga - reservatório Portuguesinha

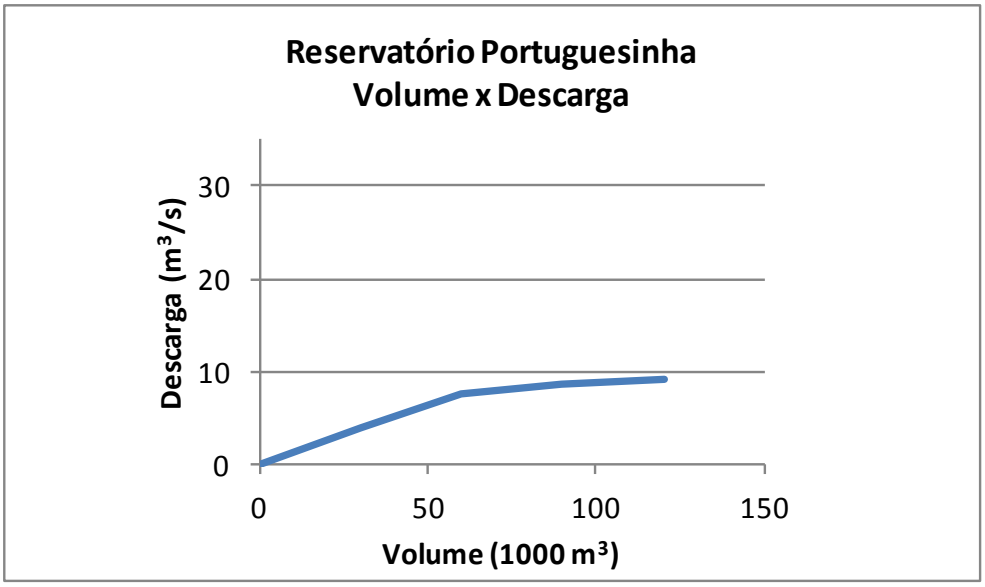


Figura 62 - Curva volume x descarga - reservatório Sharp

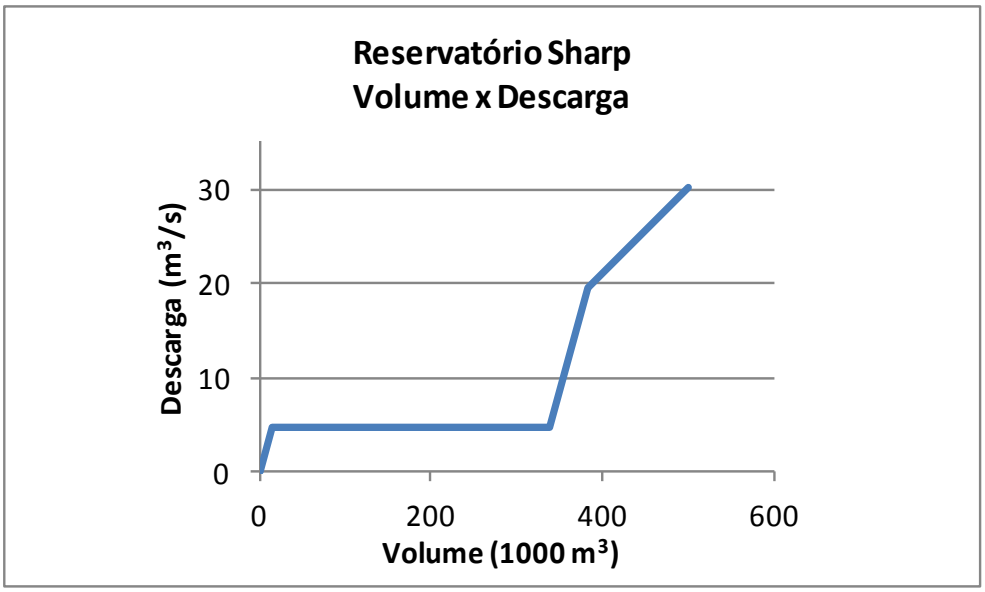
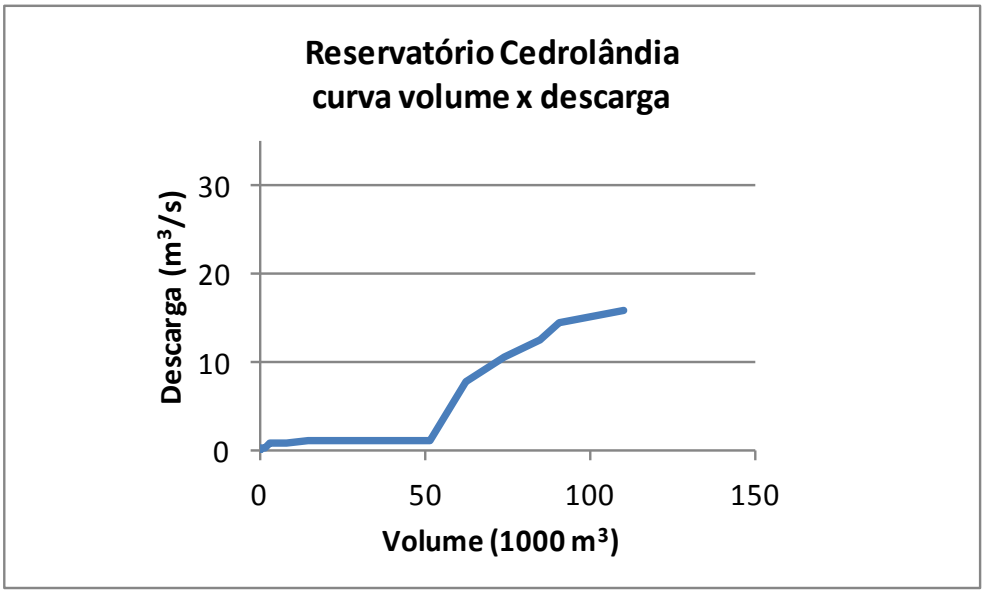


Figura 63 - Curva volume x descarga - reservatório Cedrolândia



8) Critérios adotados para o Pavimento Permeável:

O abatimento da chuva, para o pavimento permeável, utilizado neste estudo é referente ao inferido por Pinto (2011) no protótipo-teste implantado no estacionamento do CTH, na Universidade de São Paulo (USP). No qual a eficiência encontrada é de certa de 66%, ou seja, da quantidade precipitada sobre o pavimento permeável somente 44% produz escoamento superficial.

A característica do enfoque mecânico e hidráulico, aqui idealizados, segue o determinado no estudo realizado por Pinto (2011), pois se usou o resultado da eficiência do uso do pavimento permeável, no estudo mencionado o enfoque mecânico da estrutura do pavimento-teste, que determina a espessura necessária para suporte de tráfego leve atendeu ao disposto na norma Instrução de Projeto IP-02 - Classificação das Vias da SIURB/PMSP.

No enfoque hidráulico, para as funções de armazenamento e amortecimento da vazão afluente, é determinada a espessura da camada do reservatório em função da duração da precipitação, do período de retorno e da porosidade do material granular.

9) Levantamento da área de implantação do pavimento permeável:

Para a estimativa da aplicabilidade do pavimento permeável foi utilizada a base cartográfica da bacia do rio Pirajuçara. Com os dados da base cartográfica foram realizados os processamentos, com auxilio do aplicativo ArcGis, para a obtenção das áreas cuja declividade seja menor do que 1,5%, em seguida foi realizada a interseção entre essas áreas e os locais indicativos de logradouros. A seguir são descritos os processos utilizados.

Declividade da bacia hidrográfica

A elaboração do mapa de declividades se deu com uma composição da camada de curvas de nível do Mapa Digital da Cidade (MDC), que cobre a área do município de São Paulo, juntamente com a base cartográfica da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano - Emplasa, para os municípios de Embu das Artes e Taboão da Serra.

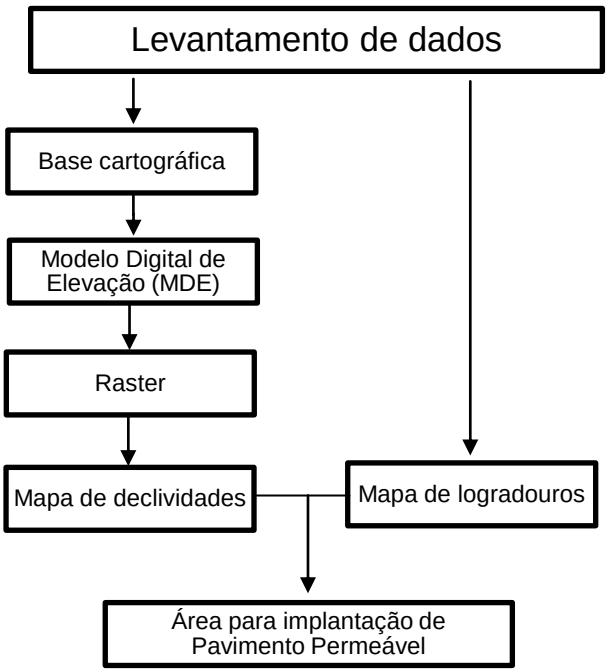
As informações geográficas obtidas do MDC são georreferenciadas de acordo com o sistema de projeção Universal Transverse Mercator (UTM) e Datum horizontal South American Datum a (SAD69). Os mesmos foram transformados para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS/2000).

Separou-se a base de dados somente da área de interesse para executar as etapas seguintes,

As declividades servem para o levantamento dos logradouros cuja declividade seja

inferior a 1,5%, recomendada pela ETS 03/2012. A sequência de trabalho está representada no fluxograma da Figura 64.

Figura 64 - Fluxograma das atividades de SIG para levantamento da área de implantação do pavimento permeável



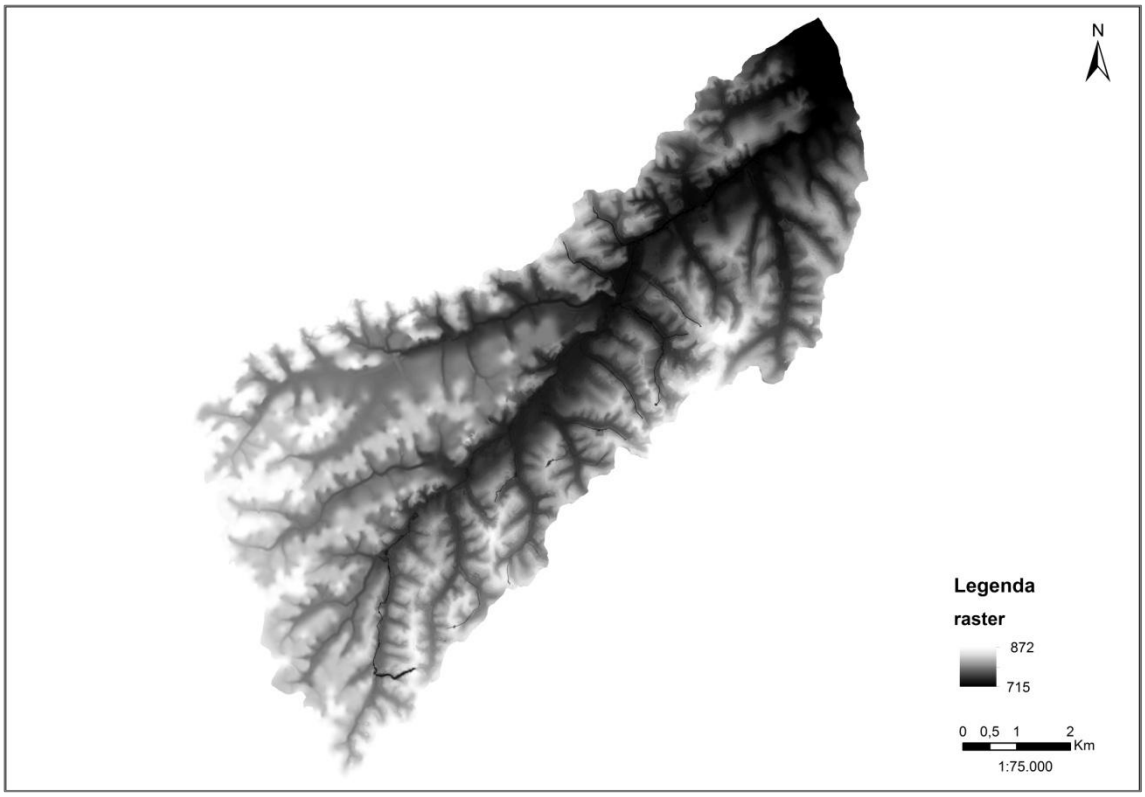
Fonte: Elaboração da autora

Na Figura 39 e na Figura 40 foram apresentadas as curvas de nível e os pontos cotados utilizados para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) apresentado na Figura 36. Esses mapas foram empregados na caracterização da bacia e também nos processos que geram os mapas descritos a seguir.

Nesta seção, são apresentados os mapas gerados que foram usados somente para as questões referentes ao pavimento permeável. São eles: raster, microbacias, mapa de declividades e o produto final das operações com a ferramenta SIG, o mapa das áreas para a implantação do pavimento permeável.

A Figura 65 apresenta o raster da bacia do rio Pirajuçara.

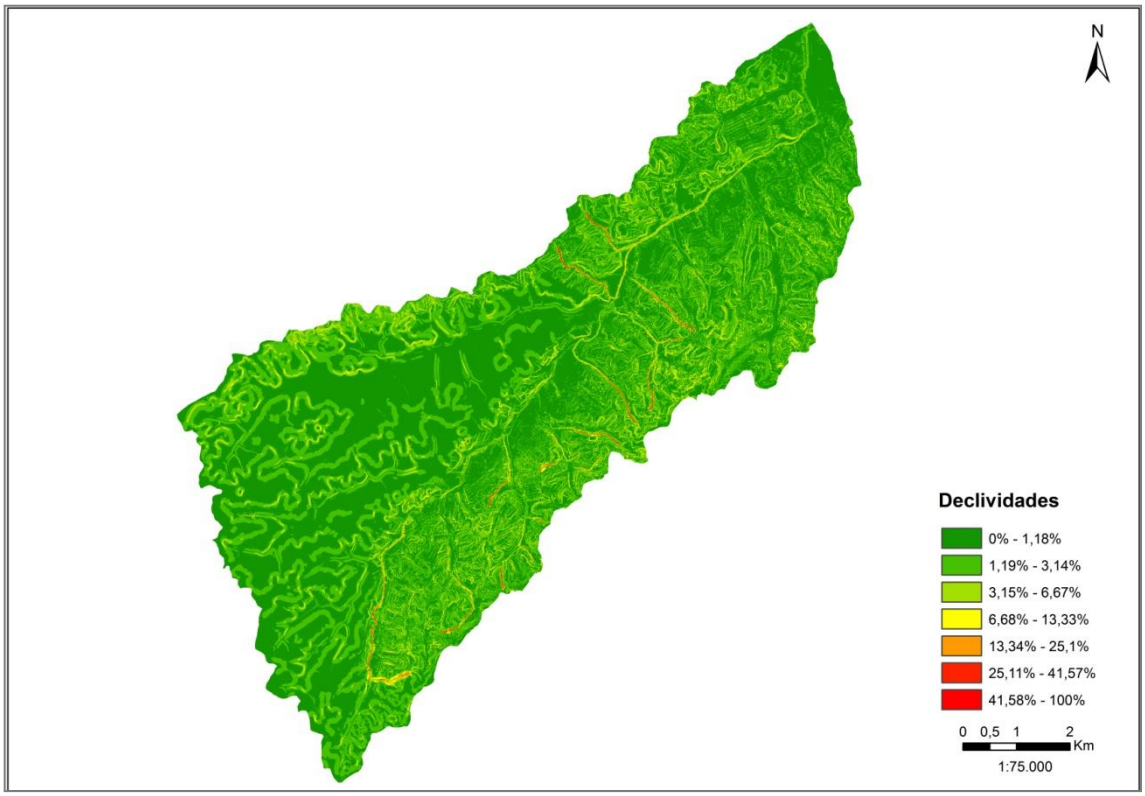
Figura 65 - Raster da bacia do rio Pirajuçara



Fonte: Elaboração da autora

Utilizou-se a ferramenta Slope (declividade) do ArcGis 10, que reconhece o valor de elevação de cada pixel de um raster e gera mapas de declividade em porcentagem ou em graus. Optou-se por gerar a declividade em porcentagem, conforme mostra a Figura 66.

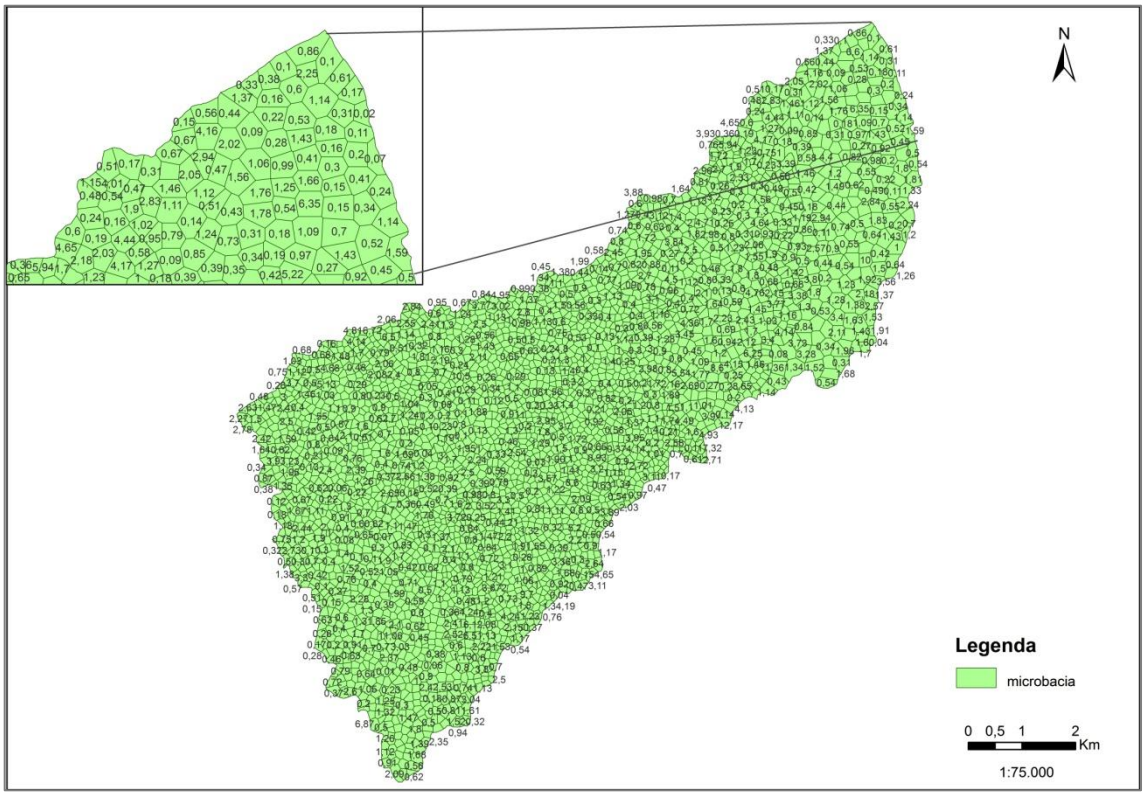
Figura 66 - Declividades da bacia do córrego Pirajuçara



Fonte: Elaboração da autora

Para que o dado de declividade se torne uma informação, é necessário transferi-lo do raster para um atributo do shape. O shape utilizado é o de microbacias. A cada microbacia foi atribuído um valor de declividade média. A operação foi feita através da ferramenta dissolve do ArcView. O resultado final é apresentado na Figura 67.

Figura 67 - Declividade média por microbacia



Fonte: Elaboração da autora

Área de Pavimento Permeável

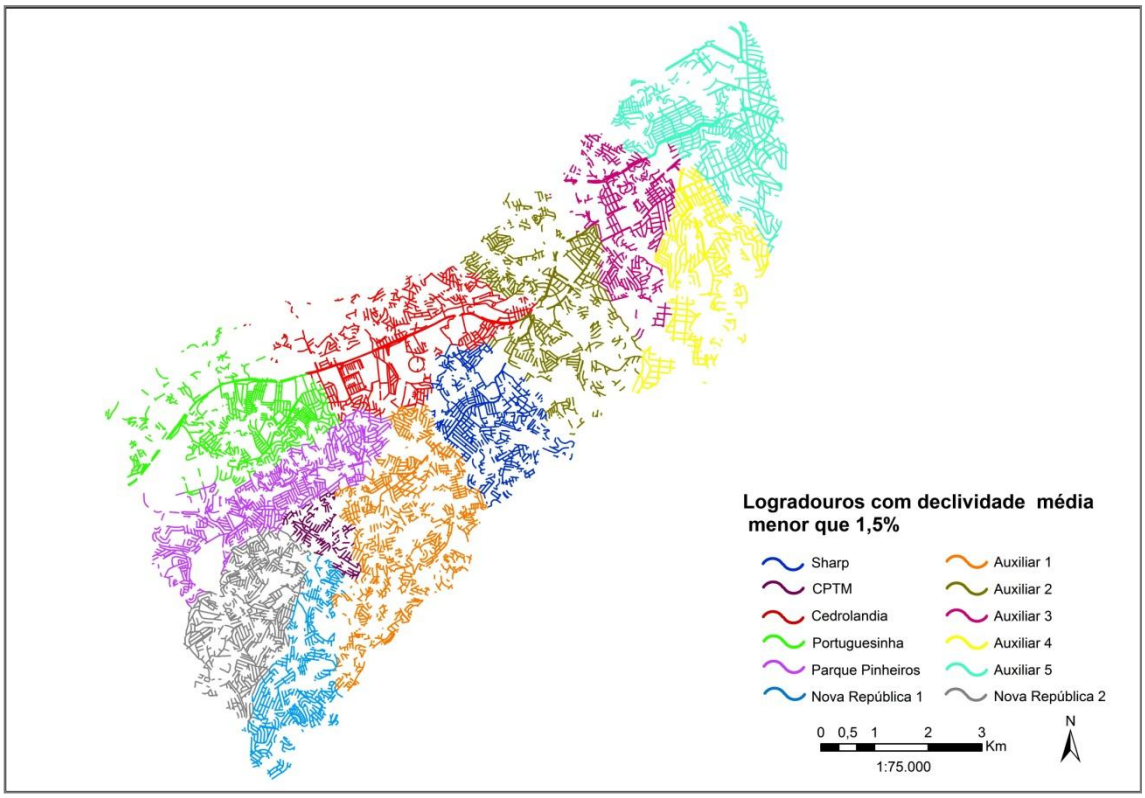
Para a determinação da área passível de aplicação de pavimentos permeáveis, foram usados os dados obtidos da geração da declividade, selecionou-se as áreas com declividade menor que 1,5% e em seguida os dados foram cruzados com a informação dos logradouros existentes em cada uma das sub-bacias. Com esse procedimento, obteve-se o comprimento total de logradouros com a declividade requerida. Na sequência, para cada uma das sub-bacias, foi multiplicado o valor do comprimento total de logradouros pela largura da via, adotando-se 10 m de leito carroçável e obtendo-se as áreas de logradouros com declividade inferior a 1,5%.

O resultado obtido foi a área usada na simulação hidrológica como dado de entrada da área da bacia passível de aplicação de pavimento permeável. A Figura 68 apresenta os logradouros onde, pelo critério adotado, é possível aplicar pavimento permeável.

Ressalta-se que a área obtida pode variar, pois para este estudo, foi usado o critério de declividade média obtido pelo processamento dos dados gerados no ArcGis, sem

levantamento de campo.

Figura 68 - Logradouros com declividade menor que 1,5%



Fonte: Elaboração da autora

O pavimento permeável analisado aqui é um pavimento-tipo, com as características de dimensionamento como proposto na ETS 03/2012. O abatimento promovido por essa estrutura foi verificado por Pinto (2011) no protótipo instalado no estacionamento do CTH, na USP.

10) Custos de pavimento permeável e reservatórios de detenção:

Os custos considerados neste estudo são aqueles referentes aos de implantação dos reservatórios de controle de cheia especificados nos projetos e aos de implantação de pavimentos permeáveis; sendo que os custos de implantação dos reservatórios de controle de cheias foram fornecidos pelo DAEE, apresentados no ANEXO D - Orçamento dos reservatórios de detenção, e os custos dos pavimentos permeáveis foram pesquisados primeiramente com os obtidos do trabalho de Virgiliis (2009), vide Tabela 8. A tabela apresentada faz a comparação entre os valores dos

insumos aplicados para o pavimento CPA e para os blocos intertravados, sem contemplar gastos com bonificação de despesas indiretas (BDI), mão de obra, equipamento e transporte.

Tabela 8 - Tabela comparativa de preços por m^2.

MATERIAL	Unidade	Preço Unit (R$)	CPA		Blocos	
			Quant/m^2	Total (R$)	Quant/m^2	Total (R$)
Blocos Intertravados	m^2	59,89			1,00	59,89
Concreto Asfáltico Poroso	m^3	646,50	0,05	32,33		
Macadame Betuminoso	m^3	184,84	0,05	9,24		
Pedrisco	m^3	38,70	0,01	0,39		
Imprimadura Ligante	m^2	11,04	1,00	11,04		
Geotêxtil	m^2	14,36			1,00	14,36
BGS	m^3	173,80			0,10	17,38
Macadame Hidráulico	m^3	168,05	0,25	42,01	0,15	25,21
Pó de Pedra	m^3	148,13	0,10	14,81	0,10	14,81
Geomembrana	m^2	24,87	1,00	24,87	1,00	24,87
			TOTAL	**134,69**	**TOTAL**	**156,52**

Fonte: Virgiliis (2009)

Neste estudo foi feita estimativa dos custos para o pavimento permeável com revestimento de asfalto poroso, caracterizado na ETS 03/2012. Foi feita também a estimativa do custo do pavimento flexível para tráfego leve e médio, como apresentado na Instrução de Projeto IP 04/2004. Tal medida foi necessária para que seja comparada somente a diferença de custo entre o pavimento permeável e o pavimento convencional, visto que todas as áreas para as quais foi proposta a implantação de pavimento permeável são vias pavimentadas, onde já há preparo do solo para a implantação de algum tipo de pavimento.

O que difere entre os pavimentos é a camada permeável e a estrutura armazenadora que promove a redução do escoamento superficial. Foi comparado o custo da implantação de reservatório de detenção com o custo do pavimento permeável para abater uma unidade do pico do hidrograma de saída do exutório de cada sub-bacia da bacia em estudo.

A Tabela 9 e a Tabela 10 apresentam, respectivamente, o preço para o pavimento permeável com o perfil especificado na ETS 03/2012 e o preço do pavimento leve

com o perfil conforme especificado na IP 04/2004. Para o levantamento do custo do pavimento permeável, foi pesquisado junto à empresa Usicity o custo do elemento para a camada de rolamento. A mistura utilizada para a camada de rolamento foi à quente,que é denominada Ecoflex Pave B. Essa mistura contém raspa de pneu e fibra.

Tabela 9 - Preço do Pavimento Permeável CPA por m^2

Discriminação	Composição de custo	Espessura da camada (m)	Quantidade/m^2	Unidade	Valor (R$)	Valor por unidade (R$)	Valor total (R$) maio/2014
CPA - CAMADA POROSA DE ATRITO	ECOFELEX PAV B	0,04	0,04	m³	-	695,80	27,83
IMPRIMADURA LIGANTE			0,01	m²	0,03		
	PEDRA BRITADA NÚMERO 1	0,02		m³		-	-
	PEDRA BRITADA NÚMERO 3	0,02		m³		-	-
BASE BETUMINOSA	PEDRISCO LIMPO	0,01	0,05	m³	15,18	-	-
	EMULSÃO ASFÁLTICA, TIPO RR-2C	0,01		kg		-	-
BGS - FAIXA DRENANTE		0,25	0,25	m³	37,79	-	-
GEOMEMBRANA DE 1MM DE ESPESSURA DE PEAD		-	1	m²	13,20	-	-
CAMINHÃO IRRIGADEIRA - 6000 L- BASCULANTE C/CABINE		-	0,0325	hora	3,59	-	-
TRANSPORTE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	CAMINHÃO BASCULANTE - 4 M3	-	0,0305	m² X km	0,01	-	-
						Total	**R$ 97,61**

Fonte: SIURB

Tabela 10 - Preço do Pavimento Convencional por m^2

Discriminação	Composição de custo	Espessura da camada (m)	Quantidade/m^2	Unidade	Valor(R$) maio/2014
REVESTIMENTO PRÉ-MISTURADO À QUENTE		0,04	0,04	m³	24,08
IMPRIMADURA LIGANTE			0,01	M2	0,03
MACADAME BETUMINOSO	PEDRA BRITADA NÚMERO 1	0,02	0,05	m³	20,92
	PEDRA BRITADA NÚMERO 3	0,02		m³	
	PEDRISCO LIMPO	0,01		m³	
	CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO - PENETRAÇÃO CAP 85/100	0,01		kg	
IMPRIMADURA LIGANTE				M2	
MACADAME HIDRÁULICO (PEDRA 3)		0,15	0,15	m³	13,19
CAMINHÃO IRRIGADEIRA - 6000 L- BASCULANTE C/CABINE		-	0,0325	hora	3,59
TRANSPORTE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	CAMINHÃO BASCULANTE - 4 M3	-	0,0305	m² X km	0,01
				Total	**R$ 61,82**

Fonte: SIURB

A implantação dos reservatórios de detenção na bacia do rio Pirajuçara teve início na década de 1990. Por terem sido elaborados na época dos projetos de implantação, os valores apresentados nos orçamentos recebidos do DAEE estão defasados.

Sendo assim, os custos dos reservatórios de controle de cheia foram corrigidos para o valor presente através das tabelas de custo da SIURB de setembro de 2013, tabela DAEE de 2013 e, quando o serviço e/ou especificação não foi encontrado, a correção foi pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC). Para a correção através desse índice, é usada a data-base de cada um dos orçamentos analisados. O INCC é elaborado pela Fundação Getúlio Vargas e afere a evolução dos custos das construções habitacionais, sendo uma estatística mensal com base em 18 capitais do Brasil. Os INCCs estão subdivididos em residenciais e obras públicas de engenharia civil ou infraestrutura. A atualização dos custos pelo INCC deve ser feita mensalmente por se tratar de juros compostos. A Tabela 11 apresenta os custos dos reservatórios de detenção, valor fornecido pelo DAEE, sem as devidas correções.

Tabela 11 - Custos dos reservatórios de detenção

Reservatório	Custo	Data Base
Portuguesinha	R$ 6.431.692,58	abril/2001
Nova República	R$ 8.881.301,63	maio/1999
CPTM (Maria Sampaio)	R$ 6.074.628,81	março/2002
Parque Pinheiros	R$ 5.225.315,26	setembro/1998
SHARP	R$ 33.118.505,79	maio/2007
Cedrolândia	R$ 8.274.139,50	julho/2003

Fonte: DAEE

Também foram levantados os custos de mercado para lotes urbanos Tabela 12, para que fossem estimados os custos com desapropriações para implantação dos reservatórios. Os custos de mercado praticados no ano de 2014 para os lotes que pertencem ao município de São Paulo foram levantados junto à prefeitura. Já os custos dos lotes para os municípios de Taboão da Serra e Embu das Artes foram pesquisados com corretores de imóveis que atuam na região, a data base desses lotes é referente ao ano de 2014.

Tabela 12 - Valor de mercado para o m^2 de lotes urbanos

Reservatório	**Município**	**Área aproximada (m^2)**	**Valor de mercado estimado (m^2)**
Nova República	Embu	15.000	R$ 800,00
Maria Sampaio (CPTM)	São Paulo	20.000	R$ 840,00
Sharp	São Paulo	60.000	R$ 1.800,00
Eliseu de Almeida (Cedrolândia)	São Paulo	14.000	R$ 2.300,00
Parque Pinheiros	Taboão da Serra	17.000	R$ 845,00
Portuguesinha	Taboão da Serra	20.000	R$ 845,00

Fonte: Google Earth, PMSP e Pesquisa de Mercado

11) Análises custo/eficiência de pavimento permeável e reservatórios de detenção:

Os benefícios aqui analisados buscam estabelecer as relações entre o custo da implantação de pavimento permeável e o dos reservatórios de detenção em uma determinada bacia hidrográfica. Para tal, esses benefícios foram avaliados pelo método descrito a seguir.

Inicialmente, foi levantada a diferença entre o pico do hidrograma na saída do exutório com e sem a implantação de medida de controle do escoamento superficial.

Com os resultados obtidos das diferenças de pico dos hidrogramas do exutório, foi calculado o custo/eficiência para cada uma das medidas de controle. O cálculo foi feito por meio da verificação do custo de implantação de reservatório de detenção, ou de pavimento permeável pelo do abatimento de pico do hidrograma promovido, para os tempos de recorrência em questão.

A análise final do trabalho consistiu em comparar a relação custo/eficiência do pavimento permeável com a relação custo/eficiência do reservatório de detenção. Essa relação pode ser estabelecida entre o custo de abatimento do pico do hidrograma, para implantação de pavimento permeável versus o mesmo tipo de custo para a implantação de reservatório de detenção.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capitulo são apresentados os resultados das simulações hidrológicas, o custo por unidade de vazão abatida do hidrograma para as condições de implantação de Reservatório de Detenção "Piscinões" e Pavimento Permeável e as relações custo/eficiência estabelecidas. Tais simulações foram realizadas para as mesmas condições de chuva de projeto nas diferentes técnicas de controle do escoamento superficial estudadas neste trabalho.

6.1. SIMULAÇÕES HIDROLÓGICAS

Para as análises das simulações hidrológicas, foram utilizados os resultados nas saídas dos reservatórios de detenção, que coincidem com o exutório de sub-bacias, totalizando 6 (seis) exutórios, assim como os resultados dos demais exutórios, onde não há reservatórios de detenção implantados. Dessa forma, o total de saídas são 12 (doze) e todas coincidem com o exutório das sub-bacias estudadas.

Resultados da rede sem implantação de medida de controle do escoamento superficial

Para a verificação de quanto cada uma das medidas de controle de cheias analisadas aqui abate no pico do hidrograma, num primeiro momento, foram realizadas simulações para os períodos de retorno de 2 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos. Essas simulações foram feitas sem a implantação de medida de controle do escoamento superficial; foram dados de entrada, as condições de solo e as características físicas encontradas nas sub-bacias. A Tabela 13 apresenta os resultados dos picos dos hidrogramas obtidos para a simulação da rede sem reservatório para todos os períodos de retorno analisados.

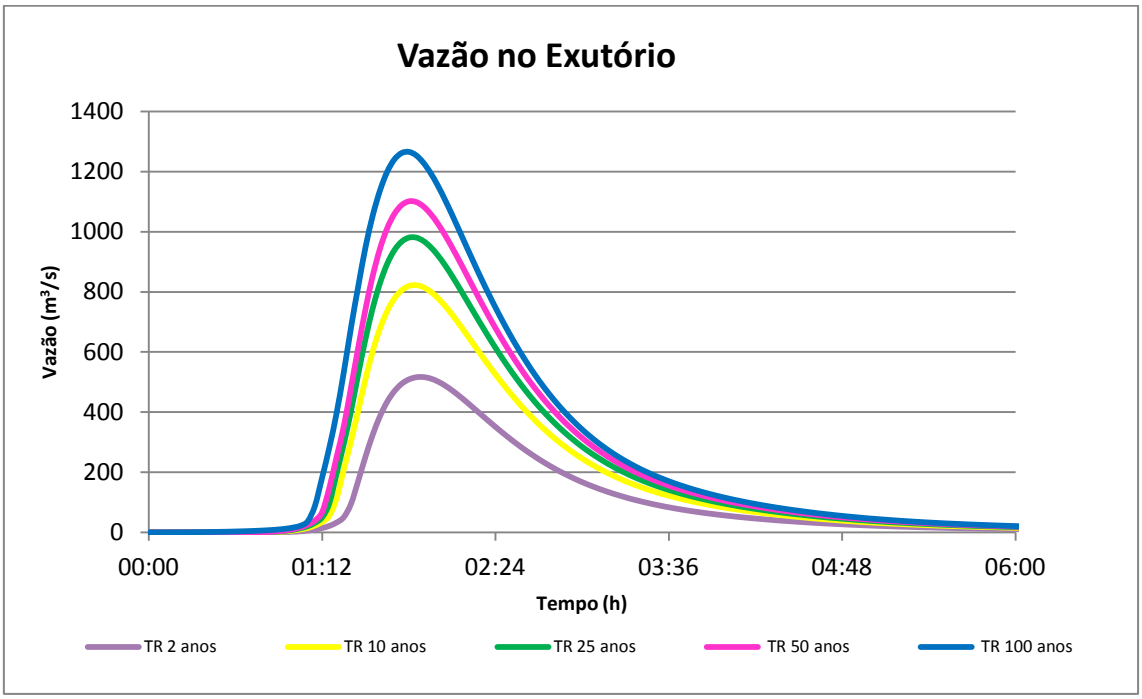
Tabela 13 - Vazão de pico dos hidrogramas de saída sem a implantação de medida de controle (m^3/s)

Reservatório / Exutório da bacia	**Vazão de pico do hidrograma de saída (m^3/s)**				
	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Portuguesinha	68,70	110,00	132,20	149,20	166,40
Nova República II	61,50	95,60	113,10	126,10	139,20
CPTM (Maria Sampaio)	102,50	162,50	194,60	217,90	240,70
Parque Pinheiros	62,10	97,20	115,40	129,00	142,60
SHARP	287,70	454,00	540,00	604,70	669,20
Cedrolândia	328,40	518,00	615,70	689,10	762,20
Aux 1	244,60	385,20	457,50	511,50	565,60
Aux 2	445,30	706,60	841,90	943,70	1045,30
Aux 3/4	491,70	779,40	928,00	1041,20	1154,40
Aux 5	517,40	823,50	983,20	1103,70	1224,00
Fim	516,50	822,20	980,50	1101,50	1222,90
Média (aumento)		**58**	**19**	**12**	**11**

Fonte: Elaboração da autora

Observa-se que há desaceleração do aumento médio dos picos dos hidrogramas. Entre os resultados analisados, observa-se um aumento médio de 58% na vazão de pico do hidrograma de saída ao usar a chuva de projeto de período de retorno de 10 anos, quando inferido com o pico do hidrograma observado para o período de retorno de 2 anos; 19 % ao inferir a chuva de projeto de período de retorno de 25 anos com a chuva de projeto de período de retorno de 10 anos; 12% de acréscimo do pico do hidrograma ao usar a chuva de projeto de período de retorno de 50 anos com relação aos resultados obtidos para a chuva de projeto de período de retorno de 25 anos e 11% é o acréscimo médio quando se compara a chuva de projeto de período de retorno de 100 anos em relação à chuva de projeto de período de retorno de 50 anos. Esses resultados mostram uma relação direta e linear coma chuva de projeto. Há um aumento expressivo quando a chuva passa de um período de retorno de 2 anos para 10 anos, o que indica que o volume do escoamento superficial será acrescido na mesma proporção. A Figura 69, apresenta os hidrogramas do exutório para os tempos de recorrência estudados. Os demais hidrogramas obtidos na simulação estão apresentados no APÊNDICE A - Hidrogramas.

Figura 69 - Hidrogramas no exutório das bacias do rio Pirajuçara



Resultados da rede com implantação de pavimento permeável

As simulações foram realizadas nas sub-bacias com pavimento permeável implantado nas áreas com declividade menor do que 1,5%, como indicado na ETS 03/2012. Os resultados aqui apresentados são os valores do pico dos hidrogramas para cada simulação realizada, para os seguintes períodos de retorno: 2 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos. Esses resultados estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Vazão de pico do hidrograma de saída com pavimento permeável (m^3/s)

Reservatório / Exutório da bacia	**Vazão de pico do hidrograma de saída (m3/s)**				
	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Portuguesinha	65,00	103,90	124,80	140,70	156,90
Nova República II	56,40	87,70	103,60	115,60	127,50
CPTM (Maria Sampaio)	91,60	146,10	174,10	195,30	216,10
Parque Pinheiros	57,30	89,60	106,20	118,70	131,20
SHARP	263,00	415,90	494,70	553,80	613,00
Cedrolândia	301,40	476,30	566,40	633,80	701,20
Aux 1	223,80	352,60	418,80	468,60	518,10
Aux 2	412,90	654,50	780,20	875,10	969,60
Aux 3/4	456,50	723,60	862,40	967,50	1071,50
Aux 5	481,00	765,40	913,70	1026,10	1137,60
Fim	480,50	764,00	912,70	1025,60	1137,00
Média (aumento)		**58**	**19**	**12**	**11**

Fonte: Elaboração da autora

Para a simulação com pavimento permeável, também é observada a desaceleração do aumento médio dos picos dos hidrogramas, como observado para a simulação sem a implantação de medida de controle do escoamento superficial. Realizada a simulação com pavimento permeável e verificado o pico do hidrograma para cada um dos 12 exutórios analisados, foi possível verificar o abatimento do pico do hidrograma em relação à simulação sem a implantação da medida de controle do escoamento superficial. As porcentagens de abatimento dos picos dos hidrogramas em comparação aos picos dos hidrogramas para a situação da bacia sem a implantação de medida de controle do escoamento superficial estão apresentadas na Tabela 15.

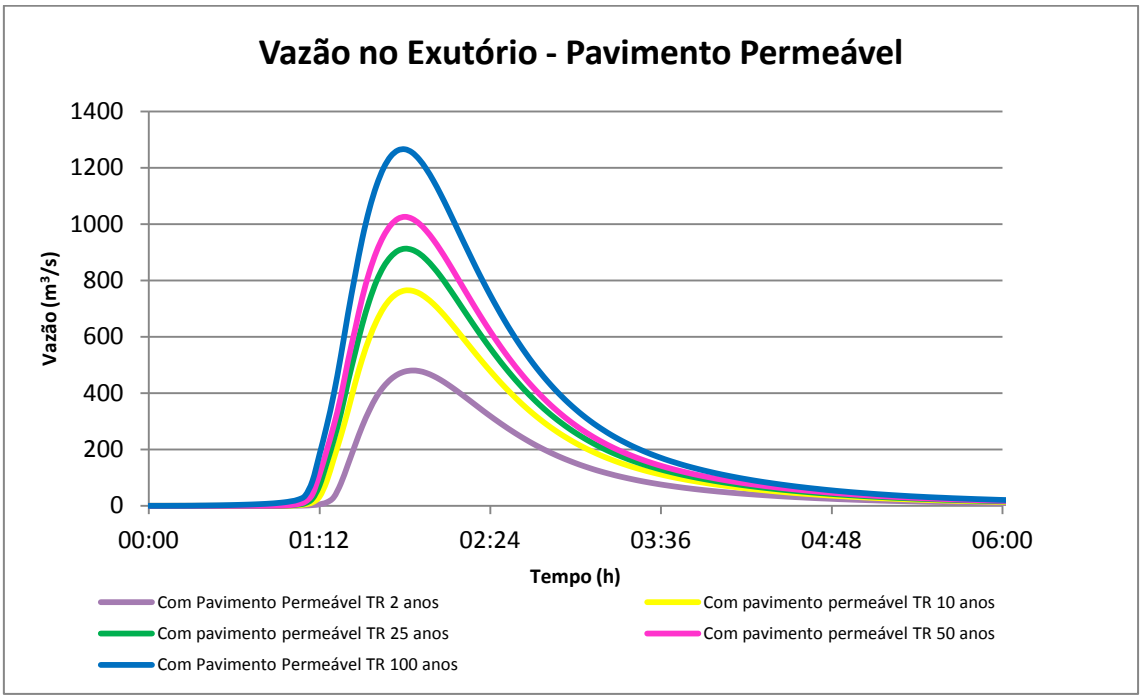
Tabela 15 - Porcentagem de abatimento na vazão de pico do hidrograma de saída com Pavimento Permeável

Reservatório / Exutório da bacia	**% de abatimento na vazão de pico do hidrograma de saída**				
	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Portuguesinha	5,39	5,55	5,60	5,70	5,71
Nova República II	8,29	8,26	8,40	8,33	8,41
CPTM (Maria Sampaio)	10,63	10,09	10,53	10,37	10,22
Parque Pinheiros	7,73	7,82	7,97	7,98	7,99
SHARP	8,59	8,39	8,39	8,42	8,40
Cedrolandia	8,22	8,05	8,01	8,02	8,00
Aux 1	8,50	8,46	8,46	8,39	8,40
Aux 2	7,28	7,37	7,33	7,27	7,24
Aux 3/4	7,16	7,16	7,07	7,08	7,18
Aux 5	7,04	7,06	7,07	7,03	7,06
Fim	6,97	7,08	6,91	6,89	7,02
Média	**8**	**8**	**8**	**8**	**8**

Fonte: Elaboração da autora

A Tabela 15 apresenta as taxas de redução do pico do hidrograma em cada exutório para os tempos de recorrência analisados. Observa-se que o abatimento é uniforme, ou seja, a forma como foi representado o pavimento permeável na simulação resulta em valores médios similares no abatimento para todos os períodos de recorrência. Isso implica que, independentemente da chuva para a qual foi testado o pavimento permeável, parte do escoamento foi amortecido. A seguir, na Figura 70 são apresentados os hidrogramas do exutório para cada um dos tempos de recorrência, com implantação de pavimento permeável. Os demais hidrogramas obtidos na simulação estão apresentados no APÊNDICE A - Hidrogramas.

Figura 70 - Hidrogramas no exutório da bacia do rio com pavimento permeável



Abatimento do pico do hidrograma de saída com pavimento permeável

Após a simulação do modelo com a inserção do pavimento permeável, foi possível fazer a verificação de qual foi o abatimento do pico do hidrograma. Essa verificação foi feita através da subtração da vazão do pico do hidrograma sem e com a medida de controle. A Tabela 16 apresenta os resultados.

Tabela 16 - Abatimento do pico do hidrograma (m^3/s)

Sub-bacia	**Abatimento da vazão do pico do hidrograma de saída**				
	TR 2	**TR 10**	**TR 25**	**TR 50**	**TR 100**
Portuguesinha	3,7	6,1	7,4	8,5	9,5
Nova República II	5,1	7,9	9,5	10,5	11,7
CPTM (Maria Sampaio)	10,9	16,4	20,5	22,6	24,6
Parque Pinheiros	4,8	7,6	9,2	10,3	11,4
SHARP	24,7	38,1	45,3	50,9	56,2
Cedrolândia	27,0	41,7	49,3	55,3	61,0

Fonte: Elaboração da autora

Resultados da rede com implantação de Reservatório de Detenção

Foram feitas simulações com as estruturas denominadas reservatórios de detenção. Os resultados aqui apresentados são os valores do pico dos hidrogramas para cada simulação realizada, para os seguintes períodos de retorno: 2 anos, 10 anos, 25 anos, 50 anos e 100 anos. Os resultados são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Vazão de pico no hidrograma de saída com a implantação de reservatório de detenção (m^3/s)

Reservatório / Exutório da Sub-bacia	**Vazão de pico no hidrograma de saída (m^3/s)**				
	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Portuguesinha	50,00	80,00	99,00	115,70	133,00
Nova República	46,90	78,00	93,80	107,10	119,70
CPTM (Maria Sampaio)	69,30	99,50	114,80	134,50	156,00
Parque Pinheiros	45,70	62,90	70,90	83,00	95,10
SHARP	176,90	214,10	230,90	284,00	340,20
Cedrolândia	201,80	247,40	276,80	336,60	397,00
Aux 1	196,30	288,40	334,20	382,70	433,40
Aux 2	302,10	407,00	463,30	552,40	644,90
Aux 3/4	348,50	481,00	551,50	651,30	754,40
Aux 5	374,50	524,90	605,90	713,80	825,20
Fim	374,30	524,80	605,60	713,20	824,20
Média (aumento)		**41**	**15**	**18**	**16**

Fonte: Elaboração da autora

Na simulação com os reservatórios de detenção, observa-se que houve alteração na desaceleração do aumento médio dos picos dos hidrogramas observados em comparação com a simulação sem medida de controle do escoamento superficial.

Entre os resultados analisados, observa-se um aumento médio de 41% na vazão de pico do hidrograma de saída ao usar a chuva de projeto de período de retorno de 10 anos, quando inferido com o pico do hidrograma observado para o período de retorno de 2 anos; 15 % ao inferir a chuva de projeto de período de retorno de 25 anos com a chuva de projeto de período de retorno de 10 anos; 18% de acréscimo do pico do hidrograma ao usar a chuva de projeto de período de retorno de 50 anos com relação aos resultados obtidos para a chuva de projeto de período de retorno de 25 anos e 16% é o acréscimo médio quando se compara a chuva de projeto de

período de retorno de 100 anos em relação à chuva de projeto de período de retorno de 50 anos.

Essa alteração mudou a relação direta e linear entre a vazão do pico do hidrograma do escoamento superficial e o aumento da chuva de projeto.

Os reservatórios analisados apresentam abatimento do pico do hidrograma mesmo para os períodos de retorno mais baixos. Isso implica que esses reservatórios de detenção serão esvaziados somente com o acionamento das bombas de esgotamento, encarecendo a manutenção dos mesmos.

Realizada a simulação com os reservatórios de detenção e verificado o pico do hidrograma para os exutórios analisados, observou-se o abatimento em relação à simulação sem a implantação da medida de controle do escoamento superficial. Esses resultados em porcentagem estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Porcentagem de abatimento do pico do hidrograma de saída com Reservatório de Detenção

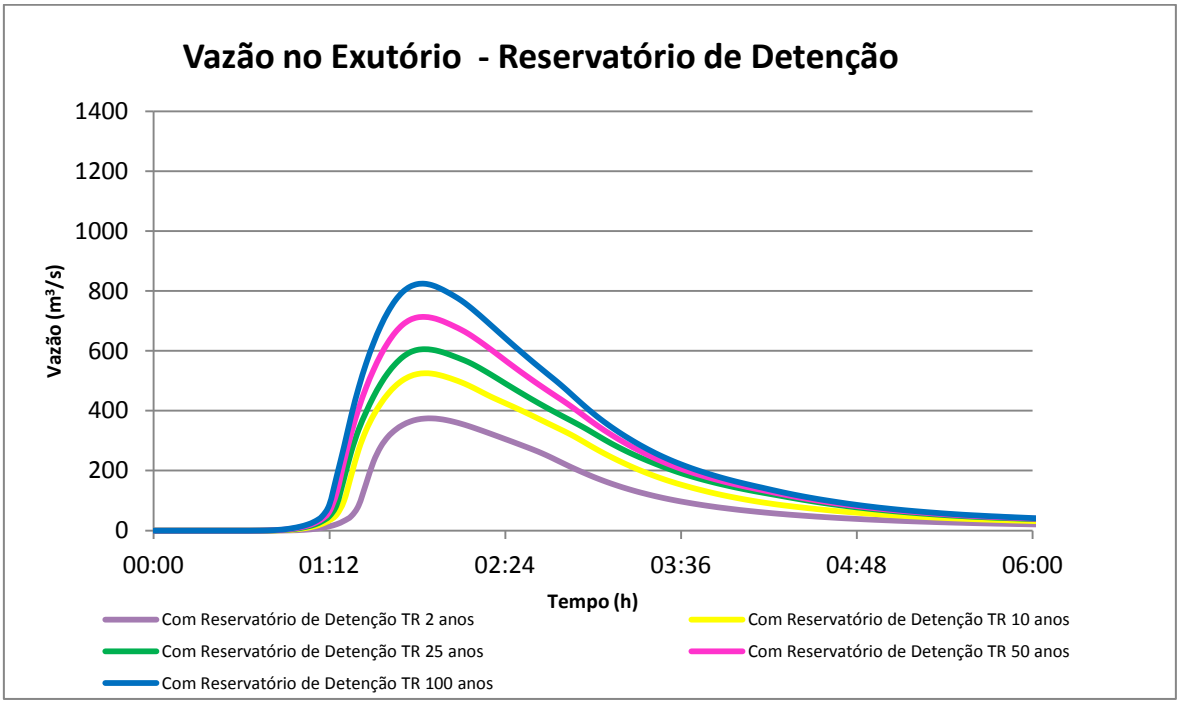
Reservatório / Exutório da Sub- bacia	**% de abatimento da vazão de Pico do Hidrograma de saída**				
	TR 2 anos	TR 10 anos	TR 25 anos	TR 50 anos	TR 100 anos
Portuguesinha	27,22	27,27	25,11	22,45	20,07
Nova República	23,74	18,41	17,06	15,07	14,01
CPTM (Maria Sampaio)	32,39	38,77	41,01	38,27	35,19
Parque Pinheiros	26,41	35,29	38,56	35,66	33,31
SHARP	38,51	52,84	57,24	53,03	49,16
Cedrolandia	38,55	52,24	55,04	51,15	47,91
Aux 1	19,75	25,13	26,95	25,18	23,37
Aux 2	32,16	42,40	44,97	41,46	38,30
Aux 3/4	29,12	38,29	40,57	37,45	34,65
Aux 5	27,62	36,26	38,37	35,33	32,58
Fim	27,53	36,17	38,24	35,25	32,60
Média	**29**	**37**	**38**	**35**	**33**

Fonte: Elaboração da autora

Na Tabela 18, observa-se que, para as simulações, os abatimentos foram uniformes; a maneira usada para representar os reservatórios no software Hec-Hms forneceu resultados similares no abatimento para esses períodos de recorrência. A diferença mais significativa ocorreu para a simulação com a chuva de projeto de período de retorno 2 anos, com resultados abaixo da média.

Na Figura 71 são apresentados os hidrogramas do exutório para cada um dos tempos de recorrência simulado com a implantação de reservatório de detenção. Os demais hidrogramas obtidos na simulação estão apresentados no APÊNDICE A - Hidrogramas.

Figura 71 - Hidrograma no exutório da bacia do rio Pirajuçara com reservatório de detenção



Abatimento do pico do hidrograma com a implantação de reservatório de detenção

Após a simulação do modelo com a inserção do reservatório de detenção, foi possível fazer a verificação de qual foi o abatimento do pico do hidrograma. Essa verificação foi feita através da subtração da vazão do pico do hidrograma sem e com a medida de controle. A Tabela 19 apresenta os resultados.

Tabela 19 - Abatimento na vazão de pico do hidrograma de saída

Sub-bacia	Abatimento na vazão de pico do hidrograma de saída				
	TR 2	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
Portuguesinha	18,7	30,0	33,2	33,5	33,4
Nova República I	9,0	16,3	20,0	20,3	20,0
Nova República II	14,6	17,6	19,3	19,0	19,5
CPTM (Maria Sampaio)	33,2	63,0	79,8	83,4	84,7
Parque Pinheiros	16,4	34,3	44,5	46,0	47,5
SHARP	110,8	239,9	309,1	320,7	329,0
Cedrolândia	126,6	270,6	338,9	352,5	365,2

Fonte: Elaboração da autora

Para a verificação do abatimento do pico do hidrograma para a sub-bacia Nova República, dada sua peculiaridade de ser composta por duas sub-bacias, foi realizada a simulação com a contribuição total e também com as sub-bacias Nova República I e Nova República II, separadamente. Isso foi necessário para a comparação das relações custo/eficiência.

6.2. CUSTOS DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO E PAVIMENTO PERMEÁVEL

Os custos aqui apresentados são os essenciais para o estabelecimento da relação custo/eficiência por m^3/s de escoamento superficial abatido no hidrograma, com a implantação de pavimentos permeáveis e com reservatórios de detenção.

Reservatórios de detenção

Os custos de implantação dos reservatórios de detenção foram corrigidos para o valor presente através das tabelas de custo da SIURB de setembro de 2013, da tabela DAEE de 2013 e, quando o serviço e/ou especificação não foi encontrado, a correção foi pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC). A composição usada foi a fornecida pelo DAEE e está apresentada na íntegra no ANEXO D - Orçamento dos reservatórios de detenção.

A Tabela 20 apresenta os custos dos reservatórios de detenção antes e depois de aplicadas as devidas taxas de correção.

Tabela 20 - Custo de implantação dos reservatórios de detenção implantados na bacia do rio Pirajuçara

Reservatório	Custo fornecido pelo DAEE	Custo atualizado Março/2014
Portuguesinha	R$ 6.431.692,58	R$ 14.931.787,16
Nova República	R$ 8.881.301,63	R$ 22.187.265,34
CPTM (Maria Sampaio)	R$ 6.074.628,81	R$ 17.703.191,57
Parque Pinheiros	R$ 5.225.315,26	R$ 20.139.764,54
SHARP	R$ 33.118.505,79	R$ 53.678.180,65
Cedrolândia	R$ 8.274.139,50	R$ 19.615.886,65

Fonte: DAEE, INCC (2013)

Há de se observar que tal valor pode variar caso seja aplicada outra forma de correção, visto que esses reservatórios de detenção começaram a ser orçados em setembro de 1998, como apresentado na metodologia. Com o tempo, não só a composição de custo foi alterada como também os insumos e a tecnologia para a implantação dos mesmos. Dessa forma, esses valores são diretrizes para se avaliar o investimento nesse tipo de medida de controle de escoamento superficial e sua eficiência.

Também foram realizadas estimativas dos custos de desapropriação para a implantação dos reservatórios de detenção. Para estas estimativas foram utilizadas os valores avaliados dos lotes nas regiões onde foram implantados os reservatórios. A Tabela 21 apresenta a estimativa de custos para as áreas onde foram implantados os reservatórios.

Tabela 21 - Custo estimado das áreas de implantação dos reservatórios

Reservatório	**Município**	**Custo estimado (área)**
Nova República	Embu	R$ 12.000.000
Maria Sampaio (CPTM)	São Paulo	R$ 16.800.000
Sharp	São Paulo	R$ 108.000.000
Eliseu de Almeida (Cedrolândia)	São Paulo	R$ 32.200.000
Parque Pinheiros	Taboão da Serra	R$ 14.3650.000
Portuguesinha	Taboão da Serra	R$ 16.900.000

Fonte: PMSP e Pesquisa de Mercado

A Tabela 22 apresenta a estimativa total dos custos de implantação dos

reservatórios de detenção.

Tabela 22 - Custo total de implantação dos reservatórios de detenção

Reservatório	Município	Custo total de implantação (estimativa)
Nova República	Embu	R$ 31.831.787
Maria Sampaio (CPTM)	São Paulo	R$ 34.503.192
Sharp	São Paulo	R$ 161.678.181
Eliseu de Almeida (Cedrolândia)	São Paulo	R$ 51.815.887
Parque Pinheiros	Taboão da Serra	R$ 34.504.765
Portuguesinha	Taboão da Serra	R$ 31.831.787

Fonte: DAEE, INCC, PMSP e Pesquisa de Mercado

Pavimento Permeável

Para os pavimentos permeáveis, os custos aqui apresentados referem-se à diferença de custo entre a implantação do pavimento convencional e do pavimento permeável, estes custos estão apresentados na Tabela 9 e na Tabela 10. Esses valores foram multiplicados pela área onde é possível aplicá-lo em cada sub-bacia. A Tabela 23 apresenta a área em km^2 onde é possível aplicá-los e os valores dos custos da implantação.

Tabela 23 - Custo do pavimento permeável implantado na bacia do rio Pirajuçara

Sub-bacia	Área do Pavimento Permeável (km^2)	Custo de implantação
Portuguesinha	0,80	R$ 28.631.535,52
Nova República I	0,54	R$ 19.326.286,48
Nova República II	0,73	R$ 26.126.276,16
CPTM (Maria Sampaio)	0,15	R$ 5.368.412,91
Parque Pinheiros	0,87	R$ 31.136.794,88
SHARP	0,59	R$ 21.115.757,45
Cedrolândia	0,88	R$ 31.494.689,07

Fonte: SIURB

6.3. RELAÇÃO CUSTO/EFICIÊNCIA DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO E DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

A relação custo/eficiência para as medidas de controle de escoamento superficial estudadas é determinada pelo quociente entre o custo total do reservatório de detenção pelo custo total do pavimento permeável. Por custo total do reservatório de detenção, para este estudo, entende-se a somatória das estimativas dos custos de implantação da estrutura e do m^2 de área que essa ocupa e para pavimento permeável o custo de implantação, visto que, neste estudo considerou-se a implanta-lo somente em áreas onde há pavimento convencional. Dessa forma, os números indicam o custo, em reais, para a obtenção do abatimento de 1 m^3/s no pico do hidrograma afluente para a implantação das medidas. Para a sub-bacia Nova República foi escolhida a sua sub-bacia Nova República II para as análises custo/eficiência. Tal escolha se deu por esta ter a maior área e, portanto, a maior representatividade. A Tabela 24 apresenta essa relação para os reservatórios de detenção.

Tabela 24 - Relação custo/eficiência para os reservatórios de detenção

Sub-bacia	R$ por m3/s reduzido na vazão de pico				
	TR 2 (R$)	TR 10 (R$)	TR 25 (R$)	TR 50 (R$)	TR 100 (R$)
Portuguesinha	1.702.234,61	1.061.059,57	958.788,77	950.202,60	953.047,52
Nova República II	2.341.593,52	1.942.458,26	1.771.360,90	1.799.329,75	1.753.193,09
CPTM	1.039.252,76	547.669,71	432.370,82	413.707,33	407.357,63
Parque Pinheiros	2.103.949,06	1.005.969,81	775.387,97	750.103,58	726.416,10
SHARP	1.459.189,36	673.939,89	523.061,08	504.141,50	491.423,04
Cedrolândia	409.288,20	191.485,17	152.894,32	146.995,42	141.883,59

Fonte: DAEE; FGV; PMSP: Google Earth

Para o levantamento da relação custo/eficiência para a implantação do pavimento permeável, o procedimento foi o mesmo usado para o reservatório de detenção: divisão do custo total da implantação da medida para determinada sub-bacia pelo abatimento promovido. A Tabela 25 apresenta essa relação para o pavimento permeável.

Tabela 25 - Relação custo/eficiência para o pavimento permeável

Sub-bacia	R$ por m3/s reduzido na vazão de pico				
	TR 2 (R$)	TR 10 (R$)	TR 25 (R$)	TR 50 (R$)	TR 100 (R$)
Portuguesinha	7.738.252,84	4.693.694,35	3.869.126,42	3.368.415,94	3.013.845,84
Nova República II	5.122.799,25	3.307.123,56	2.750.134,33	2.488.216,78	2.233.015,06
CPTM	492.514,95	327.342,25	261.873,80	237.540,39	218.228,17
Parque Pinheiros	6.486.832,27	4.096.946,69	3.384.434,23	3.022.989,79	2.731.297,80
SHARP	854.888,97	554.219,36	466.131,51	414.847,89	375.725,22
Cedrolândia	1.166.469,97	755.268,32	638.837,51	569.524,21	516.306,38

Fonte: SIURB

Após o levantamento da relação custo/eficiência dos reservatórios de detenção e do pavimento permeável, foi verificada a relação que há entre eles, de forma a explicar o comportamento existente entre as medidas aqui apresentadas, os custos e a área de implantação.

A Tabela 26 apresenta esta relação: a proporção do custo entre o pavimento permeável e o reservatório de detenção para a obtenção da redução de 1 m^3/s na vazão de pico.

Tabela 26 - Relação do custo para obtenção da redução de 1m^3/s na vazão de pico com o emprego do pavimento permeável e o reservatório de detenção

Bacia	TR 2	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
Portuguesinha	4,5	4,4	4,0	3,5	3,2
Nova República II	2,2	1,7	1,6	1,4	1,3
CPTM	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5
Parque Pinheiros	3,1	4,1	4,4	4,0	3,8
SHARP	0,6	0,8	0,9	0,8	0,8
Cedrolândia	2,8	3,9	4,2	3,9	3,6

Fonte: Elaboração da autora

A tabela acima permite verificar que, do ponto de vista econômico, a pavimentação permeável é pouco mais custosa do que o reservatório de detenção para a obtenção da mesma eficiência, caracterizada aqui como sendo a redução de 1m^3/s na vazão de pico.

Observa-se que, para algumas sub-bacias, as relações são maiores do que para outras, sendo que os valores variam entre 0,5 e 4,5. Observou-se que, quanto maior

a área da sub-bacia, pior o custo/eficiência do pavimento permeável em relação ao custo/eficiência do reservatório de detenção. Para melhor analisar essas relações, foram plotados gráficos cuja abscissa contém a área de cada sub-bacia e cuja ordenada contém a relação apresentada na Tabela 26.

Da Figura 72 a Figura 76, estão apresentados esses resultados.

Figura 72 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 2 anos

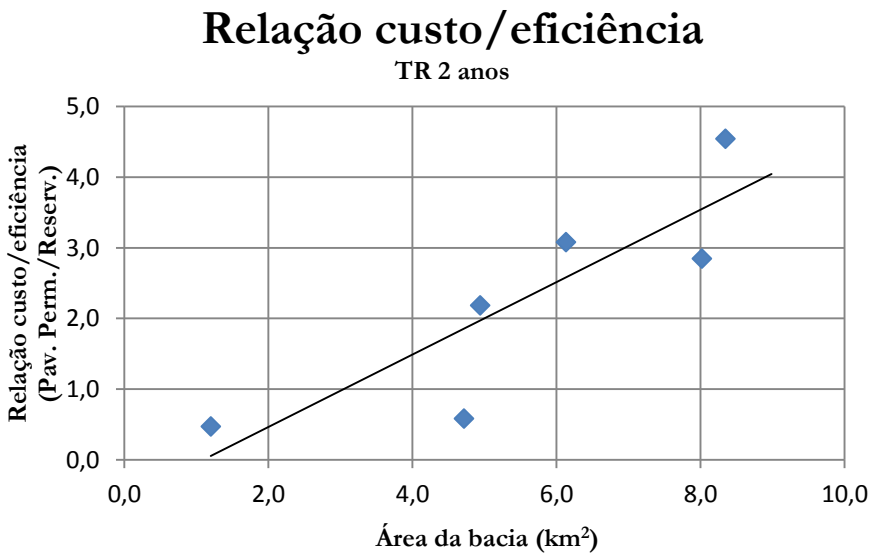


Figura 73 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 10 anos

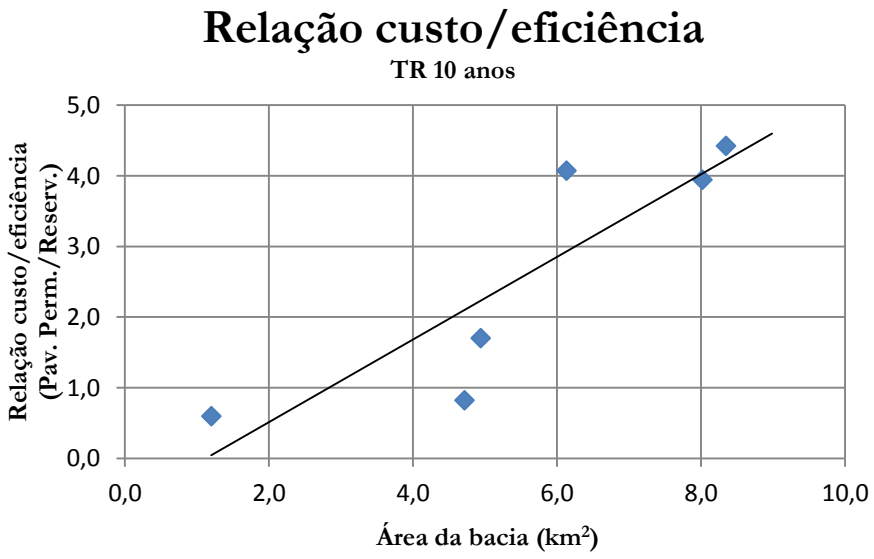


Figura 74 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 25 anos

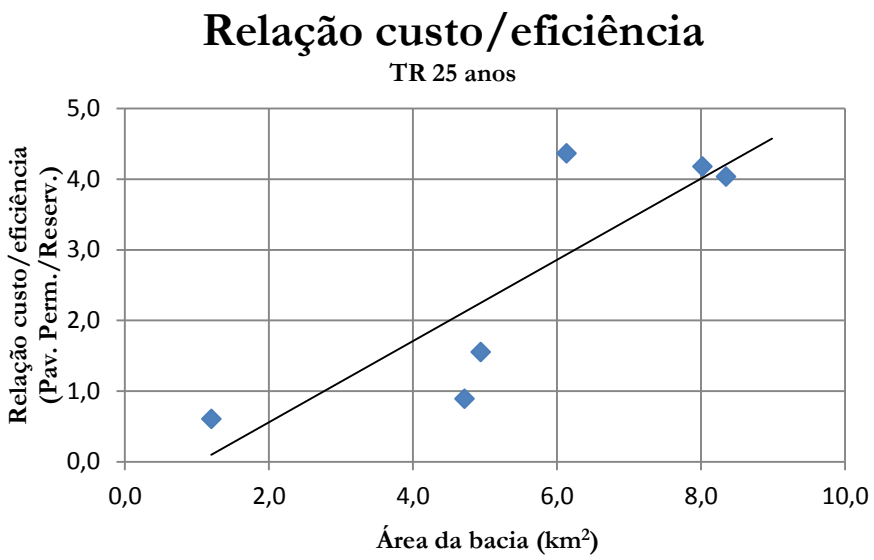


Figura 75 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 50 anos

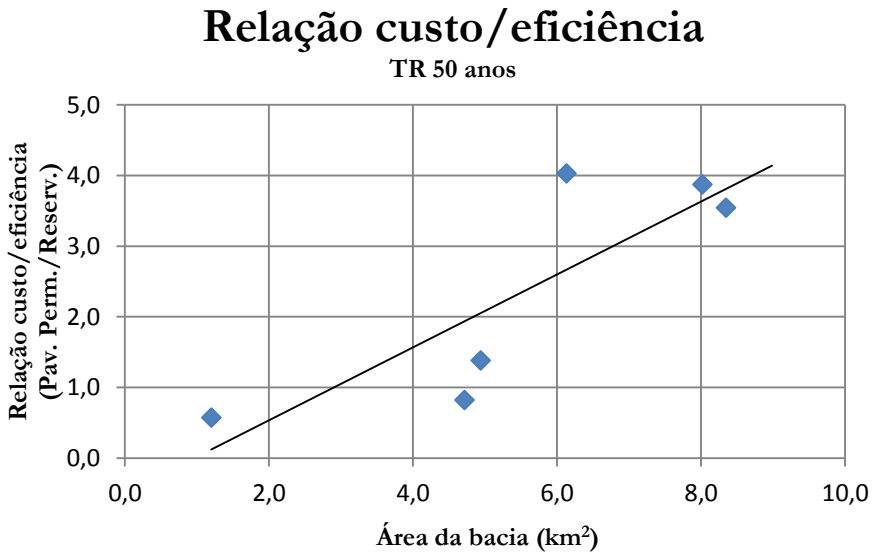
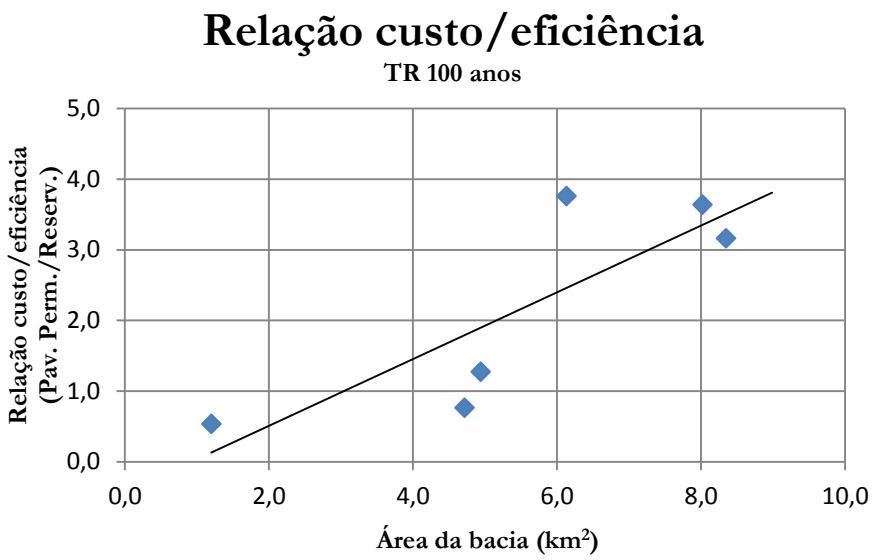


Figura 76 - Relação do custo/eficiência das medidas pela área da sub-bacia para TR 100 anos



Os gráficos apresentados demonstram uma relação direta entre a área da bacia e a relação custo/eficiência de determinada medida.

Pelo demonstrado, fica evidente que, nas bacias de área menor, o uso do pavimento permeável apresenta relação custo/eficiência muito boa, sendo equivalente ao uso de reservatórios de detenção. Nessas áreas, a implantação de pavimento permeável é uma alternativa competitiva em relação aos reservatórios de detenção.

7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento deste estudo consistiu na modelação matemática do pavimento permeável e do reservatório de detenção separadamente na bacia hidrográfica do rio Pirajuçara.

O processo envolveu desde o levantamento e o tratamento dos dados, utilizando-se ferramenta SIG para transformação dos dados em informações que foram utilizados na modelação matemática, até a atualização de custos dos reservatórios de detenção e o orçamento dos custos do pavimento permeável, para que se pudesse realizar a análise do custo/eficiência.

Os objetivos elencados no início do trabalho foram alcançados, pois foi possível quantificar a redução do volume do escoamento superficial quando implantados ora reservatório de detenção e ora pavimento permeável. Também foi possível estimar o custo do reservatório de detenção e do pavimento permeável por redução do escoamento superficial.

Durante a elaboração deste trabalho, houve dificuldades específicas com relação aos dados dos reservatórios de detenção. Para trabalhar com tais dados, foi necessário um grande esforço de modo a uniformizá-los, pois estes eram muitas vezes conflitantes. As informações presentes nos projetos eram diferentes daquelas encontradas nos relatórios. Quando se fazia a escolha pela inserção desta ou daquela informação no modelo, o mesmo não respondia. As iterações necessárias não eram executadas, impedindo o processo de cálculo. Foi imprescindível o confronto de dados de várias fontes para que fosse possível ajustar o modelo. E ainda assim foi necessário um trabalho exaustivo de tentativa e erro para a determinação do dado a ser usado para as estruturas.

O levantamento dos custos foi outro ponto crítico, pois os orçamentos recebidos referentes aos reservatórios de detenção estão com sua composição de custos agrupada, dificultando a pesquisa em tabelas de custos usuais.

Não foi possível o levantamento dos custos das desapropriações realizadas na época da implantação dos reservatórios de detenção, o tempo para que os órgãos da prefeitura efetuasse a pesquisa dos valores atribuídos às indenizações foi muito curto, porém a PMSP forneceu os valores estimados dos lotes urbanos.

Dada a estruturação dos órgãos responsáveis pela operação e manutenção dos

reservatórios de detenção não foi possível a obtenção de seus custos. A ausência desses custos impede que sejam analisadas as etapas pós-implantação, impedindo a avaliação custo/eficiência durante a vida útil da obra.

Pavimento Permeável

Os resultados das simulações dos pavimentos permeáveis apresentaram abatimento da vazão de pico do hidrograma de saída abaixo do abatimento promovido pelos reservatórios de detenção estudados.

Esses abatimentos foram menores que os resultados obtidos com os reservatórios de detenção e, quando do levantamento das relações custo/eficiência para cada medida, apresentaram resultados maiores para o pavimento permeável que para o reservatório de detenção.

Mesmo com o abatimento menor quando comparado com o abatimento promovido pelos reservatórios de detenção, os pavimentos permeáveis proporcionaram abatimento dos picos dos hidrogramas para todos os períodos de retorno simulados.

Visto que o pavimento permeável amortece em parte o escoamento superficial, estes seriam indicados para serem implantados em conjunto com os pavimentos convencionais, como medida de controle do escoamento na fonte, pois sua implantação manterá o escoamento superficial onde foi produzido, reduzindo os impactos à jusante e, consequentemente, provocando a redução do sistema de drenagem.

O custo do pavimento permeável difere, cerca de 60% a mais que o custo do pavimento convencional, somente na execução das camadas do pavimento, uma vez que toda a preparação do leito para recebimento do pavimento é praticamente a mesma. Referente a esta questão há de se considerar o fato do pavimento permeável ser uma opção que ainda é usada em baixa escala, o que eleva o seu custo em relação ao pavimento convencional, se vier a usado em escala maior, a procura será maior e certamente o barateará.

O uso do pavimento permeável é uma opção que agrega diversos benefícios. Entre eles: capacidade de reduzir o escoamento superficial; redução do nível de ruído do tráfego decorrente do atrito dos pneus com o pavimento; melhoria da qualidade da água, devido à retenção de poluentes no corpo da estrutura; redução da velocidade

do escoamento superficial; melhoria da segurança e do conforto nas vias, reduzindo o efeito de aquaplanagem; não requer espaço específico para a sua implantação; e, como apresentado neste estudo, se for utilizada a mistura asfáltica com borracha, ainda contribui para a reciclagem de pneus.

Reservatórios de detenção

Os reservatórios de detenção promoveram um abatimento no pico de vazão do hidrograma de saída expressivamente superior ao abatimento promovido pelo pavimento permeável. Esse abatimento se deu para todos os períodos de retorno analisados.

Para a situação de período de retorno baixo, o ideal seria o uso conjugado de reservatórios de detenção e pavimento permeável. Este funcionaria para os períodos de retorno baixos, fornecendo maior sustentabilidade para o sistema de controle do escoamento superficial como um todo. Com o pavimento permeável funcionando para as chuvas de período de retorno mais baixo, os reservatórios de detenção funcionariam somente para os períodos de retorno mais alto, que ocasionam volumes maiores de escoamento superficial, levando ao uso da capacidade plena dos reservatórios de detenção. O que facilitaria o esvaziamento destes por gravidade, reduzindo custo de operação.

Há de se ter em mente que a estrutura do reservatório de detenção requer espaço específico para sua implantação, ocasionando a necessidade de desapropriação nos grandes centros urbanos, encarecendo essa medida de controle do escoamento superficial e ainda sofre a rejeição da população vizinha.

Relação custo/eficiência

O estudo demonstrou que, para as bacias hidrográficas com áreas menores, o uso do pavimento permeável apresenta uma boa relação custo/eficiência, indicando a viabilidade econômica para sua implantação.

O custo do pavimento permeável é maior para grandes bacias hidrográficas e pode ser equivalente ao custo de reservatórios de detenção nas bacias pequenas. Demonstrou-se que, quanto menor a área de implantação de pavimento permeável,

mais competitivo fica o uso deste como medida estruturante.

Proposições

Durante esta pesquisa, foram levantadas algumas questões que apontam a necessidade de se estudar mais o pavimento permeável. A falta de estudos na área de simulação matemática com pavimentos permeáveis pode ter ocasionado resultados contaminados. Dessa forma, faz-se necessário pensar na possibilidade de o pavimento permeável funcionar de forma diferente do estudado neste trabalho, deve-se fazer também a simulação com o pavimento em vias onde possam ser feitos monitoramentos, para que os resultados sejam usados na calibração de modelos e na análise do comportamento desse pavimento ao longo do tempo.

Devem-se ainda buscar outras formas de simular o pavimento permeável com o auxílio do software Hec-Hms. Utilizar outros métodos de transformação chuva-vazão, além do método do hidrograma unitário, que permitam explorar melhor a ferramenta e confrontar os resultados de modelagem com aqueles monitorados. Pode-se, dessa forma, escolher o melhor modelo a ser posto em prática.

Realizar estudos em que mais de um software é utilizado possibilita verificar qual deles representaria melhor as características de um pavimento-teste, no qual o escoamento superficial gerado seria monitorado.

Quando da escolha da alternativa a ser empregada para a redução do escoamento superficial, deve-se ter em mente não somente os custos envolvidos na implantação das medidas de controle, mas também aqueles envolvidos na sua operação e na manutenção.

Dada a escassez dessas informações para as estruturas aqui estudadas, recomenda-se que, por meio de coletas de dados e monitoramento contínuo, esses custos sejam implementados nas estruturas que se encontram em operação.

Dadas as características de amortecimento do escoamento superficial do pavimento permeável, este deve ser empregado como medida auxiliar em novas pavimentações. Tal medida contribui também para que o pavimento permeável passe a ser usado em maior escala, aumentando a produção e, consequentemente, a redução do preço do produto no mercado.

Quando da implantação do pavimento permeável, deve-se ter atenção com a

possibilidade de colmatação, o que ocasiona a perda de suas principais características e propriedades hidráulicas.

8. REFERÊNCIAS

ACIOLI, L,A. **Estudo Experimental de Pavimentos Perméaveis para Controle do Escoamento Superficial na Fonte.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, IPH, Porto Alegre, 2005. 162 p.

ARAÚJO, P.R. **Análise experimental da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução do escoamento superficial** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. 170 p.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **Design and construction of urban stormwater management systems .** _New York ASCE, 1992. 724p.

AZZOUT, Y. et al. **Techniques alternatives en assainissement pluvial.**. Paris Technique et Documentation - Lavoisier, 1994.372 p.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **A Guide for Best Management Practice (BMP) Selection in Urban Developed Areas.**Urban Water Infrastructure Management Committee`s Task Committee for Evaluating Best Management Practices.ASCE, 2001. 51p.

ARMELIN, L. F. **Medidas Compensatórias em Drenagem Urbana.** In: Curso – Manejo de Águas Pluviais em Bacias Hidrográfica Urbanas. São Paulo: CTRH, 2008.

BARTH, R.T. **Planos Diretores em Drenagem Urbana: Proposição de Medidas para a sua implementação.** Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo- SP, 116 p.

BASE de dados de arruamento Streetbase 2010. (Distribuição Imagem Geosistemas e Comercio Ltda., todos os direitos reservados)

BAPTISTA, M. B. ; NASCIMENTO, N. O. Sustainable development and urban stormwater management in the context of tropical developing countries. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 25., 1996, Cidade do México. **Anais**. Cidade do México: AIDIS. p. 523-529.

BAPTISTA,M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.

BAPTISTA,M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2011. 318 p.

BARROS, M.T.L. (Org.). **Plano de Bacia Urbana: Relatório Final**. São Paulo: CT-HIDRO, FINEP, CNPq, FUSP, EPUSP, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios /** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

BRITO, D,S. **Metodologia para a seleção de alternativas de sistema de drenagem.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2006. 164 p.

CAMPANA, N. A. ; TUCCI, C. E. M. Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas. **Caderno de Recursos Hídricos,** v 12, n. 2, p.79-94, 1994.

CANHOLI, P.A. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.302 p.

CANHOLI, A.P.. **Soluções Estruturais Não-Convencionais Em Drenagem Urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 1995.

CAPUCCINI, E. **Aplicazione di tecnologie BMP ai sistemi di drenaggio urbano.** Tesi di Laurea (Idrologia Sotteranea) – Università di Bologna, Facolta'di Ingegneria, Corso di Laurea Specialistica in Ingegheria Civile, Bologna, 2009/10. 170 p.

CHOW V. T,; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill Science Engineering, 1988.572 p.

CGE – CENTRO DE GERENCIMENTO DE EMERGENCIAS. Disponível em :< http://alagamentos.topical.com.br/pontos>. Acesso em: 15 de junho 2012.

COLLINS, T. **Disaster Risk fo Floods:1980 - 2000.** United Nations University. Tokyo:2004. 6 p. Disponível em: < http://www.unu.edu/news/ehs/floods.doc> Acesso em: 10 de maio de 2014.

COSTA JUNIOR, L.L.; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimento permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Eng.sanit.ambient**., v. 11, n. 1 p. 46-54, jan./mar. 2006.

CRUZ, M.A.S. **Otimização do Controle da Drenagem em Macrobacias Urbanas.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2004. 233p

CRUZ, M.A.S.; TUCCI, C.E.M. **Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 13 n.3, 2008. pp. 59 – 71.

CRUZ, M.A.S. et al. Valorização da Água no Meio Urbano: Um Desafio Possível. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju: ABRH. 14p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Primeiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê - PDMAT 1.** São Paulo: DAEE, 1998.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Segundo Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê - PDMAT 2.** São Paulo: DAEE, 2009.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê - PDMAT 3.** No prelo.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY . **Greening EPA**. Disponível em :< http://www.epa.gov/oaintrnt/index.htm>. Acesso em: 10 de janeiro 2013
Estatuto da Cidade, Lei 10.257 da Constituição Brasileira, 2001.

FARIAS JUNIOR, J. E. F.F.; BOTELHO, R.G. M. Análise comparativa do tempo de concentração: um estudo de caso na bacia do rio cônego, município de Nova Friburgo/RJ.

In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19, 2001, Maceió. **Anais**. Maceió: ABRH. 20p.

FONTES, A.R.M.; BARBASSA, A.P. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbanas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.2, 2003. pp. 137 – 147.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA . **Cabc –** Análise de bacias complexas. São Paulo: FCTH, Sem data.68 p.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Índice Nacional de Custo da Construção (INCC)**. Disponível em :< http://www.portalbrasil.net/incc.htm>. Acesso em: 29 de marçol 2014

FUJITA, C. **Dilema urbano-ambiental na formação do território brasileiro: desafios ao planejamento urbano no Brasil** Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. 215 p .

GRACIOSA, M.C.P. **Trincheiras de infiltração como tecnologia alternativa em drenagem urbana** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004. 170 p.

GRACIOSA, M.C.P. **Modelo de seguro para riscos hidrológicos com base em simulação hidráulico-hidrológica como ferramenta de gestão do risco de inundações** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. 191 p.

GRACIOSA, M.C. P.; MENDIONDO, E.M. Gestão do Risco de Inundações no Contexto de Bacias Urbanas Brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. Anais. São Paulo: ABRH. 16p.

GOOGLE EARTH. **Aplicativo google earth, 2012.**

HOLZ, J.; TASSI, R Usando Estruturas de Drenagem não Convencionais em Grandes Áreas o Caso do Loteamento Monte Bello. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. Disponível em:< http://www.rhama.net/download/artigos/artigo56.pdf >. Acesso em: 15/10/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de Saneamento**. Disponível em :< http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 de abril 2014.

KAISER, I.M. **Avaliação de métodos de composição de campos de precipitação para uso em modelos hidrológicos distribuídos.** 2006. 400 p Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

KUTNER, A.S..; CONTE, A.E. NITTA, T. Análise geológica e caracterização dos solos para avaliação do coeficiente de escoamento superficiais para avaliação do coeficiente de escoamento superficial na bacia do Alto Tietê - RMSP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju: ABRH. 14p.

MAIDMENT, D. R. **Handbook of hydrology**. New York: McGraw-Hill Professional, 1993.1424 p.

MANO, R.S. **Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto**

Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, COPPE, Rio de Janeiro, 2004.136p.

MARTINS, J. R.S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?** São Paulo, 2012. 11 p. Disponível em:< http://www.daee.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidrálic/gestaodrenagem.pdf>. Acesso em: 13 de abril 2013.

MARTINS, M.J. **Gerenciamento de recursos hídricos e drenagem urbana no município de São João de Meriti: análise espacial do efeito da implementação de microrreservatórios em lotes sobre as inundações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Rio de Porto Alegre, 2004.177p.

MARQUES, C. E. B. **Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006. 168 p.

MARTINES, F. J.; MAGNI, N. L. G. **Equações de chuvas intensas do estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE, 1999. 141p.

MARTINS, V. H. R. **Por uma integração de uso e ocupação do solo e drenagem urbana – reservatórios de detenção na bacia do córrego pirajuçara.** 2005. 107 p Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MAUS, V. W.; RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A. Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da águas em áreas urbanas. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE, 1., 2007, Cuiabá. **Anais**. Cuiabá: ABRH. 8p.

MOURA, P.M. **Contribuição para avaliação global de sistemas de drenagem urbana.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas erais, Belo Horizonte, 2004.1164p.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION .. Disponível em :< http://www.ia.nrcs.usda.gov/features/urbanphotos.html>. Acesso em: 19 de janeiro 2013

NASCIMENTO, N.O.; HELLER,L. Ciência, Tecnologia e Inovação na Interface entre as Áreas de Recursos Hídricos e Saneamento. **Eng.sanit.ambient**., v. 10, n. 1 p. 36-48, jan./mar. 2005.

O ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em :< http://www.estadao.com.br/especiais/as-chuvas-em-sao-paulo-alem-das-estatisticas,92229.htm>. Acesso em: 04 de abril 2011.

OHNUMA JUNIOR, A.A. **Medidas não-convencionais de reservação d´água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares.** 2008. 331 p Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, L. H. **Gestão Ambiental de Água e de Energia em Edificações.**. In: SEMINÁRIO DE BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS DO PODER LEGISLATIVO, 1., 2007, Brasília. Disponível em: < http://www2.camara.leg.br/responsabilidade-social/ecocamara/areas-tematicas/comunicacao-institucional-1/palestras/Palestra%20Lucia%20Hhe.pdf >. Acesso em 05 de janeiro de 2013.

PACHECHENIK, P.E **Caracterização hidrológica e da fragilidade ambiental na bacia do rio das pedras, Guarapuava - PR.** 2004. 170 p Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PAOLETTI, A. **Strategie per La Gestione Sostenibile Delle Acque Meteoriche Urbane**. Giornata di Studio. Gestione Sostenibile Delle Acque Meteoriche Urbane Palazzo Lombardia Auditorium. Milano, 2012. Disponível em: < http://www.territorio.regione.lombardia.it/shared/ccurl/703/500/A.%20Paoletti_CSDU.pdf>. Acesso em 05 de janeiro de 2013.

PARKINSON, J. et al., **Drenagem Urbana Sustentável no Brasil**. Relatório do Workshop em Goiania 2003. Departmente for Internacional Development (DFID), Water Engineering and Development Centre (WEDC), Loughborough University, Reino Unido. Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Góias – GO.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo: 2002-2012**. Ed. SENAC, São Paulo, 2004.

PINTO, L.L.C.A. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Sanitária. São Paulo. 2011. 255 p.

SOBRINHA, L. A. **Monitoramento e modelagem de um poço de infiltração de águas pluviais em escala real e com filtro na tampa** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. 147 p.

PINTO, L.L.C.A.; MARTINS, J.R.S. Variabilidadde da taxa de impermeabilização do solo urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001, Aracaju. **Anais**. Aracaju: ABRH. 14p.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Disponível em:< http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/campo_limpo/noticias/?p=30775>. Acesso em: 09 de julho de 2013

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Especificação Técnica de Serviço ETS 03 - 2012**. SIURB, 2012. 14p.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **IP-04 – Dimensionamento de pavimentos flexíveis para tráfego leve e médio**. 2004. 23p. Disponível em:< http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/NORMAS%20T%C3%89CNICAS%20INSTRU%C3%87%C3%95ES%20NOVAS/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o/IP_04%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 09 de abril de 2014.

RAIMUNDO, A.P. **Estruturas Hidráulicas Utilizadas em Reservatórios de Controle de Cheias.** 2004. 170 p Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

RAMOS, F. et al. **Engenharia Hidrológica**. COLEÇÃO ABRH DE RECURSOS HÍDRICOS. Rio de Janeiro: ABRH/Ufrj, 1989. v.2,

ROS, D.A. **Análise de sistemas complexos de drenagem urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental. São Paulo. 2012. 211 p.

SAITO S.M.; SAUSEN, T.M.Análise dos Prejuízos Socioeconômicos e ambientais causados pelas Inundações no Rio Grande do Sul. **13^0 Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental,** São Paulo, 2011. Disponível em < http://www.inpe.br/crs/geodesastres/conteudo/publicacoes/Saito%20e%20Sausen_2011.PDF> Acesso em 10/05/2014.

SCHUELER, T. R. **Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urbans** Washington: Washington Metropolitan Water Resources Planning Board, 1987.

SETZER, J.; PORTO, R, L, L. Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e o seu recobrimento vegetal nas condições do estado de São Paulo **-**. São Paulo. **Boletim Técnico DAEE**, São Paulo, v. 2, n.2, p. 82-135,1979.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS. **Manual de Drenagem Urbana** – Região Metropolitana de Curitiba - PR Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2002.

SILVA M.A.T., **O Ambiente fluvial das várzeas no espaço da metrópole: a bacia do Pirajuçara na metropolização de São Paulo.** Dissertação (Mestrado - Programa de Pós_Graduação em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009 231p.

SILVEIRA, A. L. L Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** v 10, n. 1, p.5-234, 2005.
SING, V. ; WOOLHISER, D. Mathematical Modeling of Watershed Hydrology. **Journal of Hydrologic Engineering,** v 7, n. 4, p.270-292, 2002.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS. **Tabelas de custos**. Disponível em:< http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/tabelas_de_custos/index.php?p=170554>. Acesso em: 26 de abril 2014.

SOUZA C.F. **Mecanismos Tecnico-Institucionais para a Sustentabilidade da Drenagem Urbana.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2005. 193p.

SOUZA, V. C.; GOLDENFUM,J. A. Trincheiras de infiltração como elemento de controle do escoamento superficial um estudo experimental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, 1999, Belo Horizonte.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL. **Novas tecnologias para manejo de águas pluviais em meio urbano.** Belo Horizonte: Experimentos projetados pela PBH/SUDECAP, 2007. (Relatório Preliminar) 15 p.

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: **Inundações Urbanas.** TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. [S.I.]: GWP, WMO, ABRH, 2003.

TUCCI, C.E.M. **Modelos Hidrológicos**. EDITORA DA UFRG Porto Alegre – RS , 2005.678 p.

TUCCI, C.E.M. Águas no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA JR., B. P. F.;
TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 748 p.

TUCCI, C.E.M. **Curso de Gestão de Águas Pluviais:** apresentação. [Brasília]: Ministério das Cidades, 2006.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. (Org). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH , 2003.156 p.

TUCCI, C. E. M.; GENS ,F. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 1995. p. 277-347.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 1995. 428 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS – IPH); UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS; FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA; FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE (SETOR DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO – DFIS) . **IPH-S1 –** Manual de fundamentos. Porto Alegre. 2004.42 p.

UNITED NATIONS DEPARTMENTE OF ECONOMIC AND SOCIAL. **Population Division, Population Estimates and Projections Section**. Disponível em :< http://esa.un.org/unpd/wup/unup/index_panel1.html >. Acesso em: 03 de maio 2014.

UNIVERSITY OF RHODE ISLAND **Permeable Pavement: What's It Doing On My Street?** Acesso em 10 de dezembro de 2012. Disponível em < http://www.uri.edu/ce/wq/NEMO/Publications/PDFs/PP.WhatsItDoingOnMyStreet.pdf >

URBAN DESIGN TOOLS. **Low Impact Developmente**. Disponível em :< http://www.lid-stormwater.net/index.html>. Acesso em: 10 de janeiro 2013

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS **Sustainable Stormwater Storage Alternatives for Army Installations – Public Works Technical Bulletin 200-1-36. 2005.**Disponível em <http://www.wbdg.org/ccb/ARMYCOE/PWTB/pwtb_200_1_36.pdf> Acesso em 13 de novembro de 2012

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS **HEC-HMS Hydrologic Modeling System:** User's Manual. Davis: USACE, 2010a. 306p**.**

URBONAS, B.;STAHRE, P. **Stormwater best management practices and detention**. For water quality, drainage and cso managemente. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 449 p.

URBONAS, B.;ROESNER, L. A. Hydrologic desing for urban drainage and flood control. In: MAIDMENT, D. R. **Handbook of hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1992. Cap.28.

VIRGILIIS, A.L.C. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo. 2009. 191 p

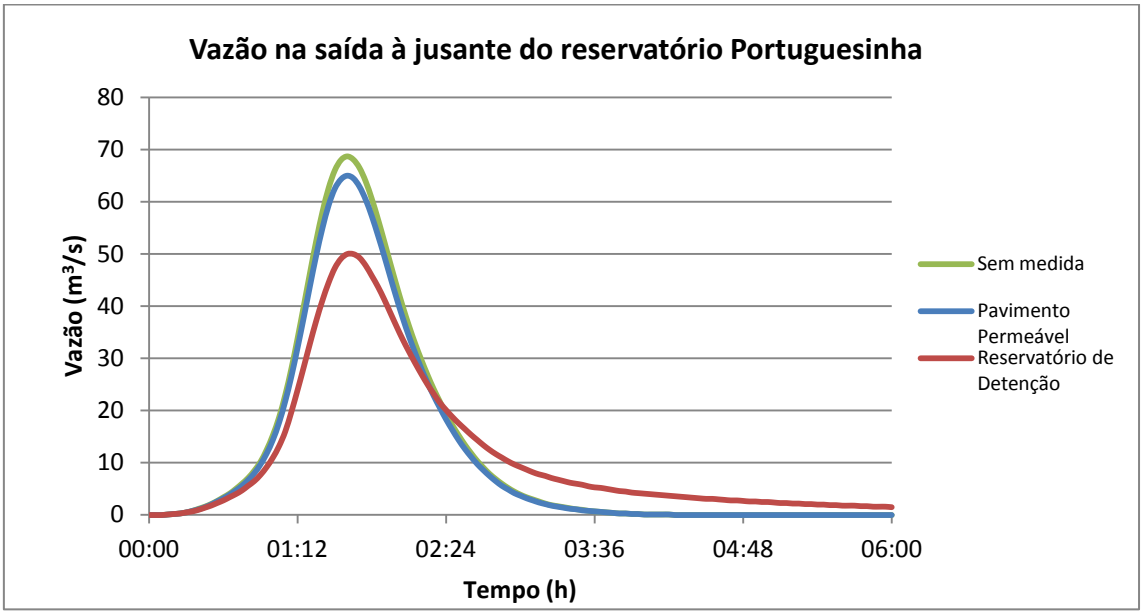
WALESH, S.G. **Urban surface water management**. Wiley: A Wiley-Interscience publication, 1989.518 p.

WATER SENTITIVE URBAN DESIGN PROGRAM Water Sentitive Urban Design Program disponível em :< http://www.wsud.org/>. Acesso em: 05 de janeiro 2013

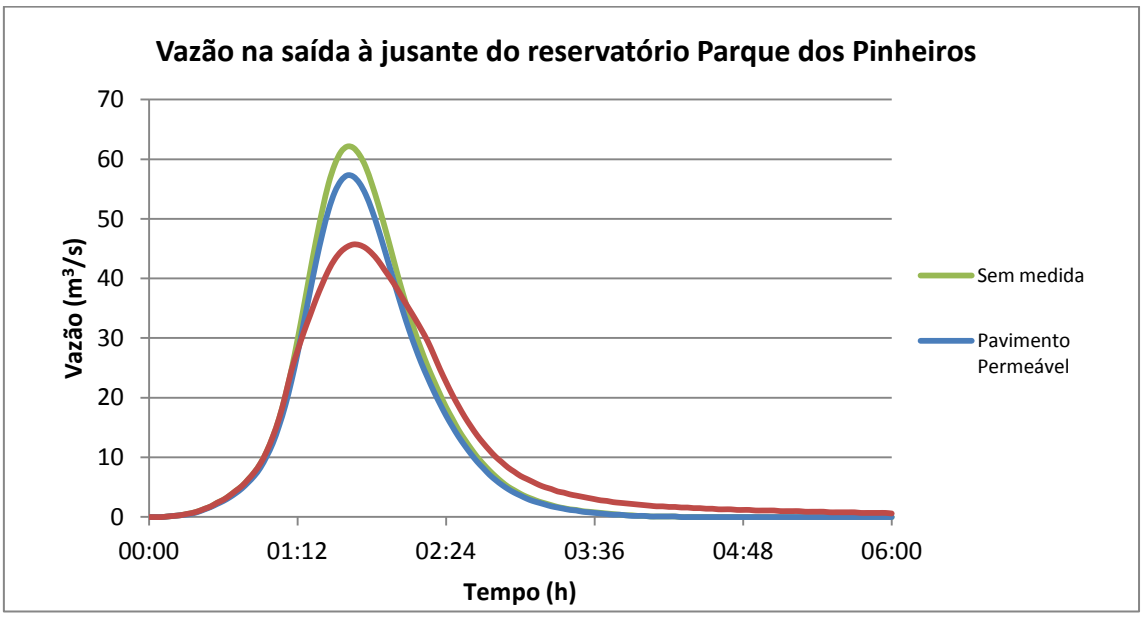
APÊNDICE A - Hidrogramas

TR 2 anos

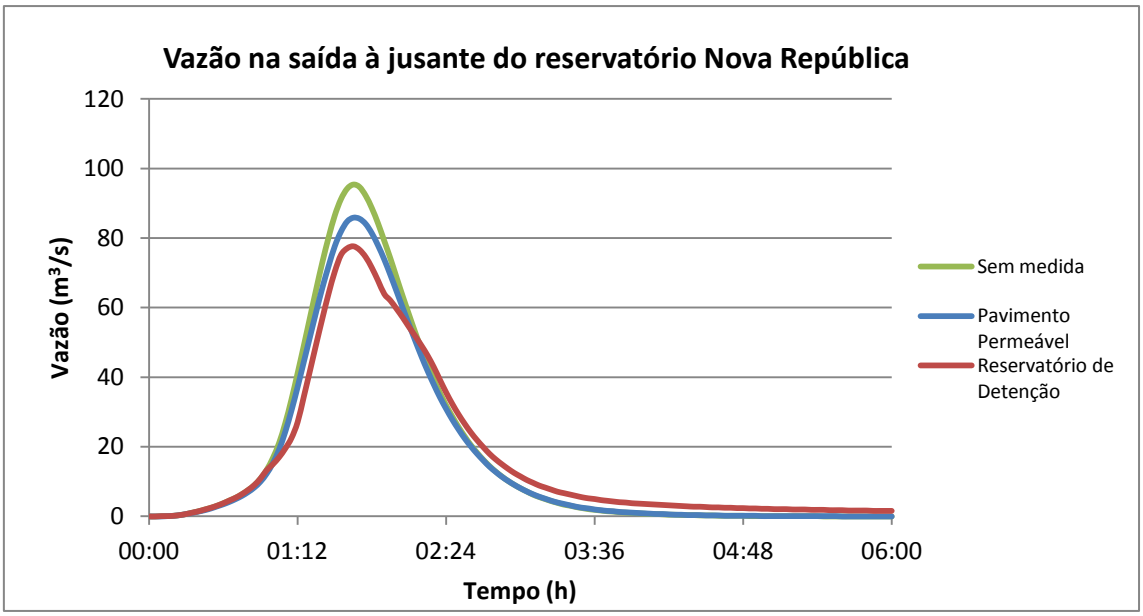
Jusante do reservatório Portuguesinha



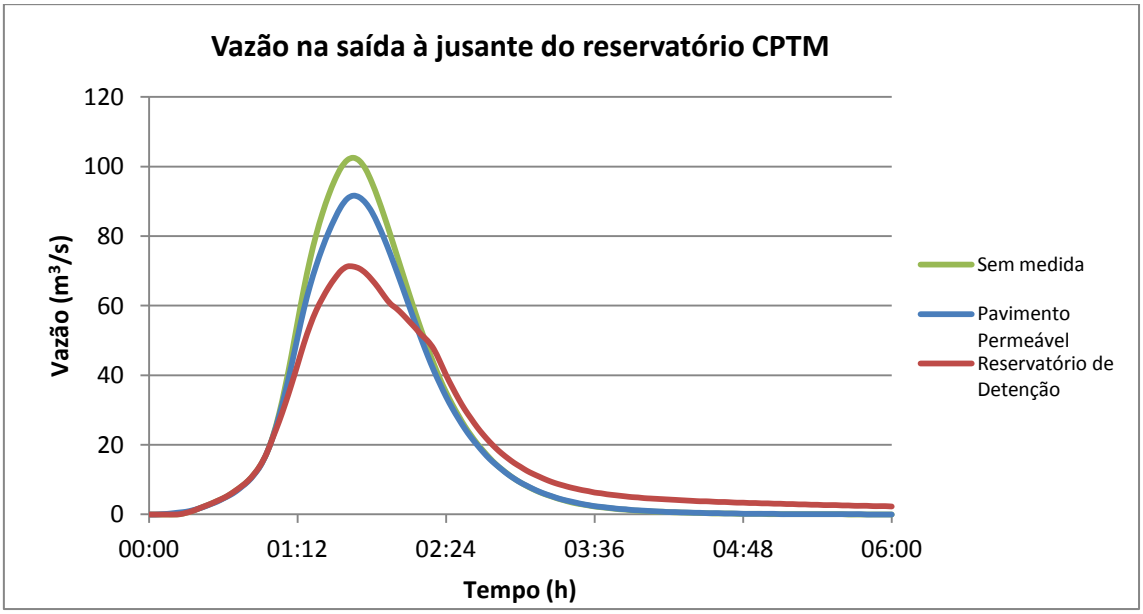
Jusante do reservatório do Parque dos Pinheiros



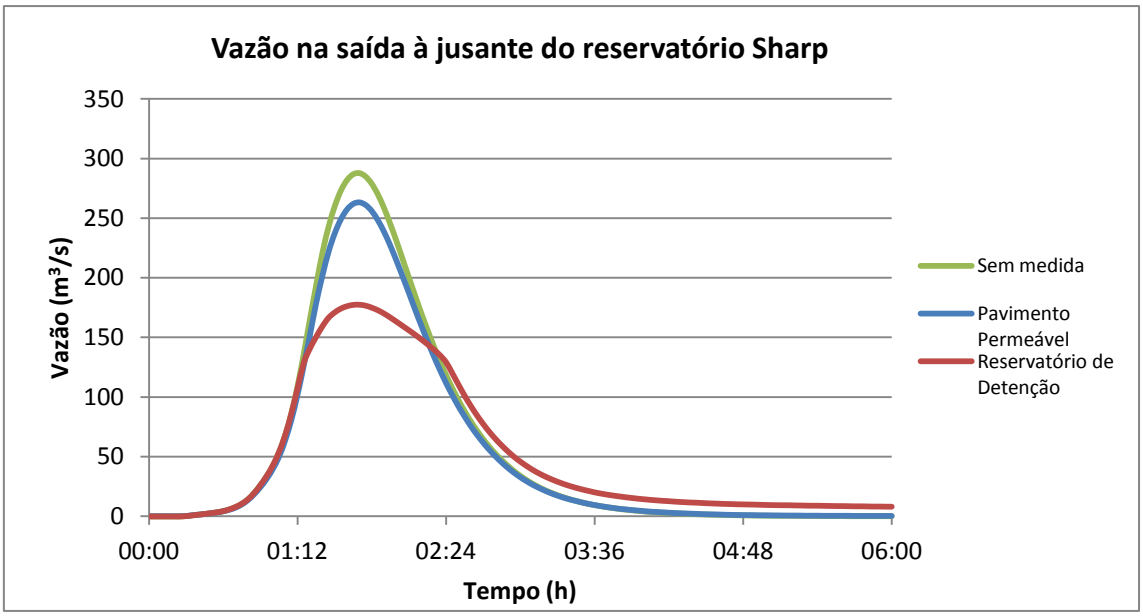
Jusante do reservatório Nova Republica



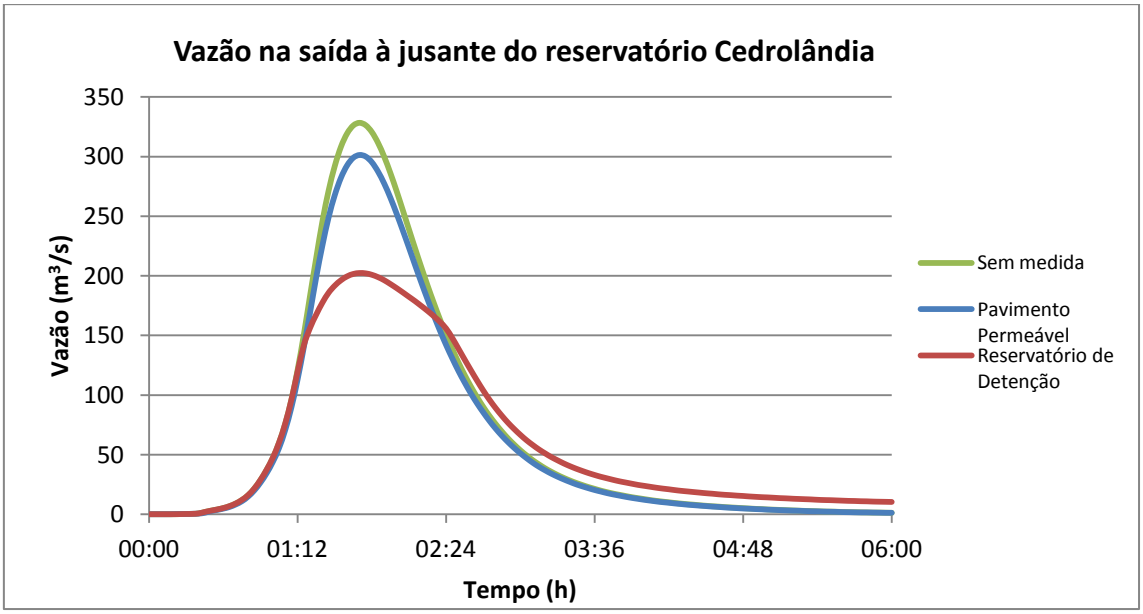
Jusante do reservatório CPTM



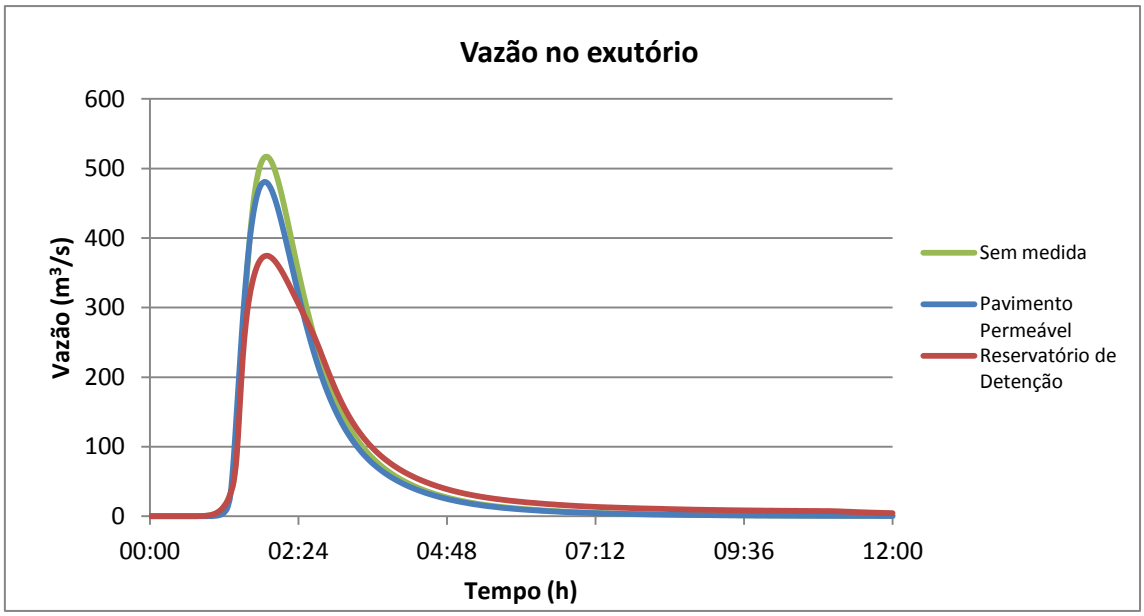
Jusante do reservatório Sharp



Jusante do reservatório Cedrolândia

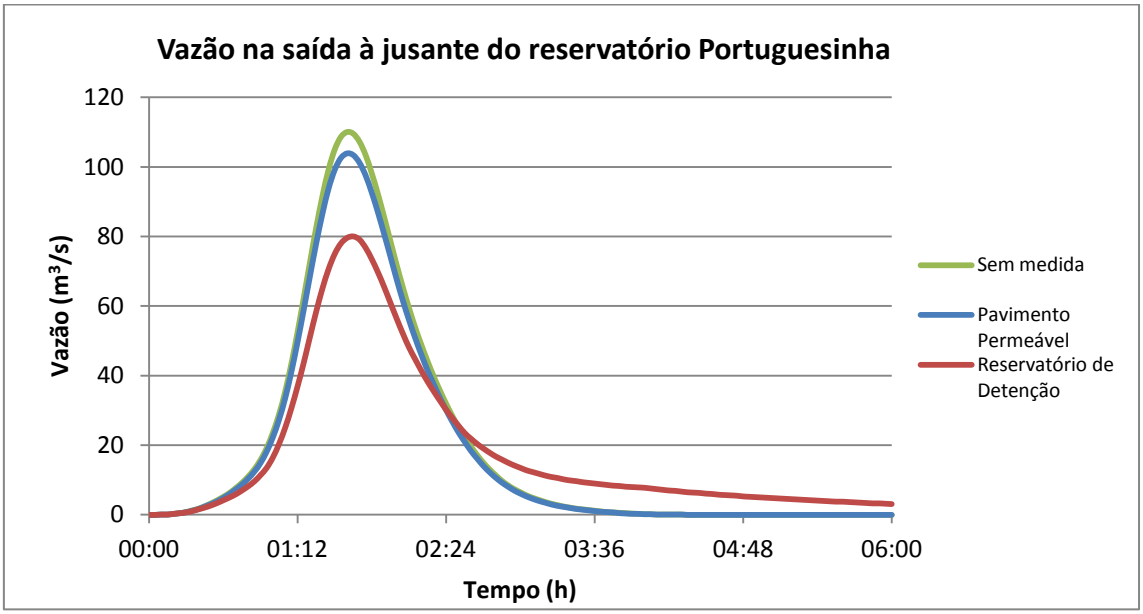


Exutório da bacia

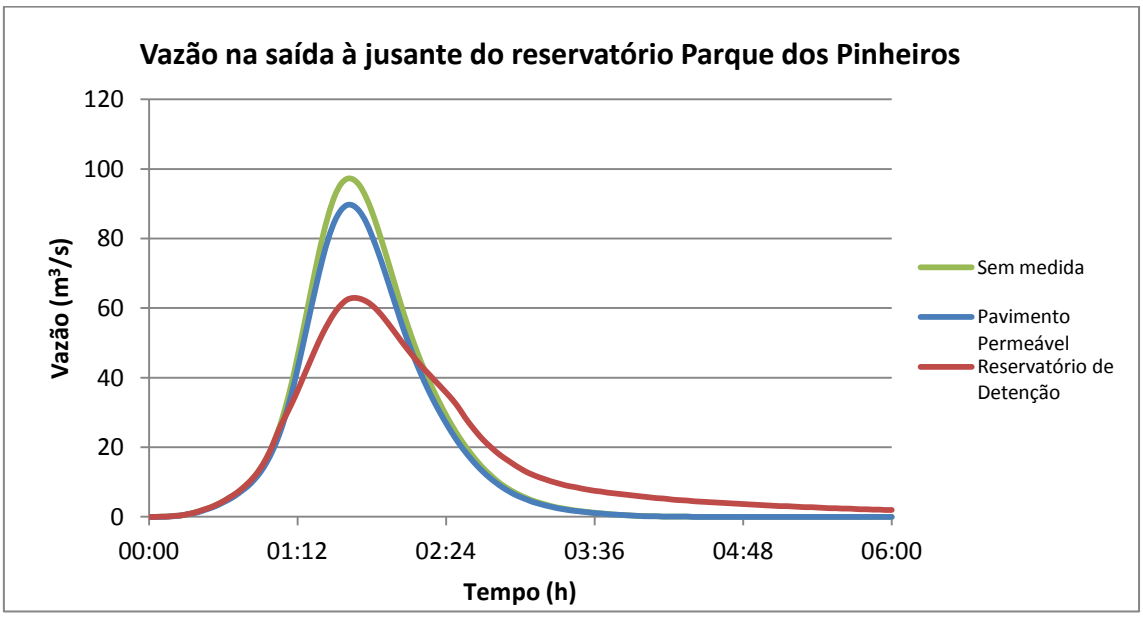


PERÍODO DE RETORNO 10 anos

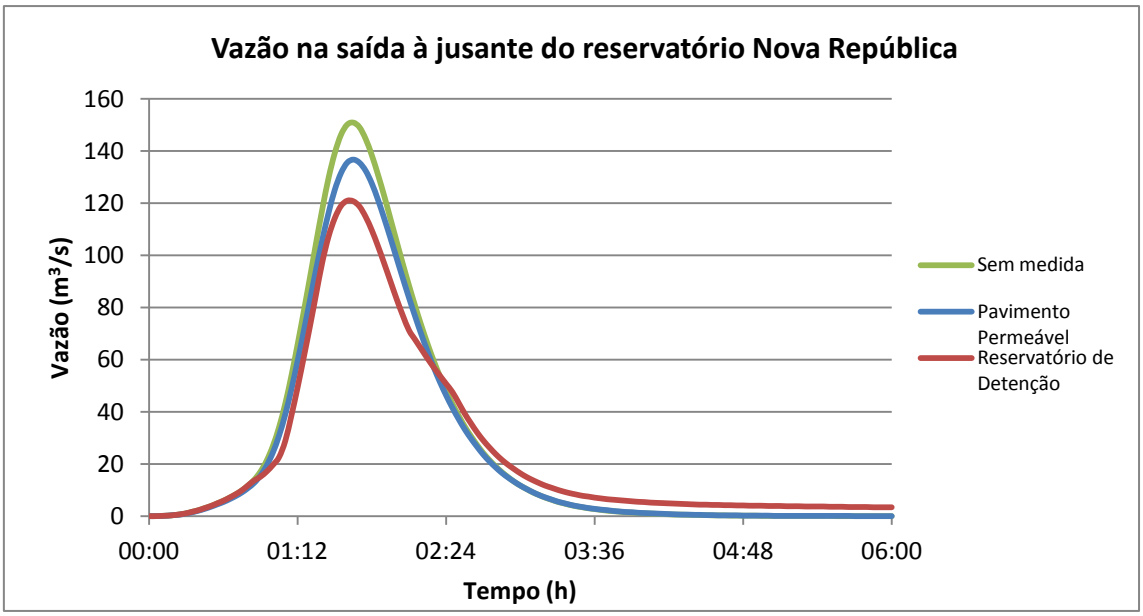
Jusante do reservatório Portuguesinha



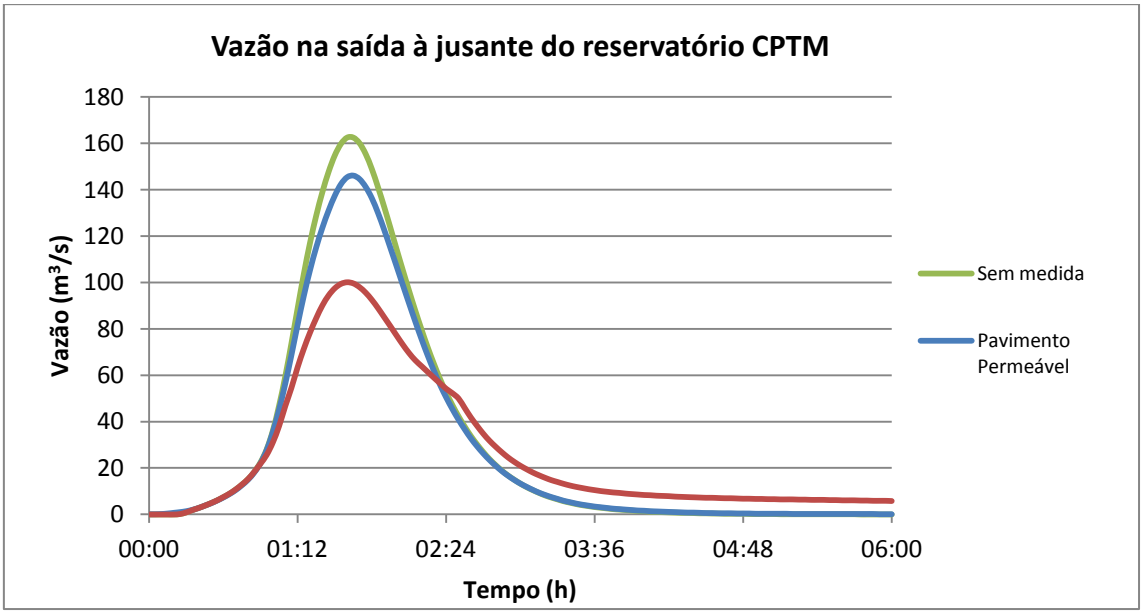
Jusante do reservatório do Parque dos Pinheiros



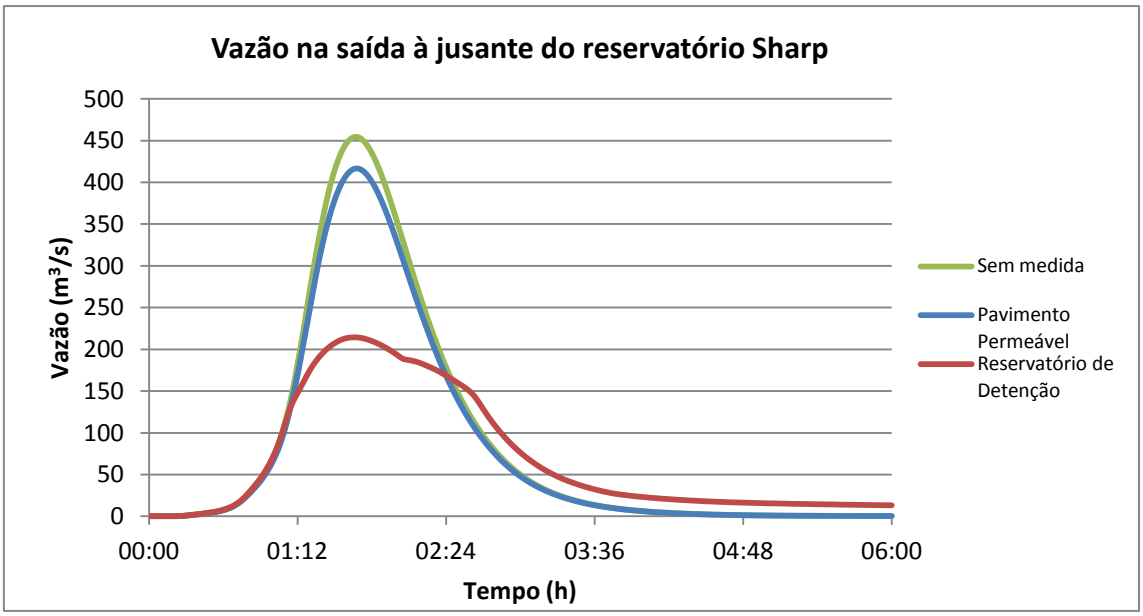
Jusante do reservatório Nova Republica



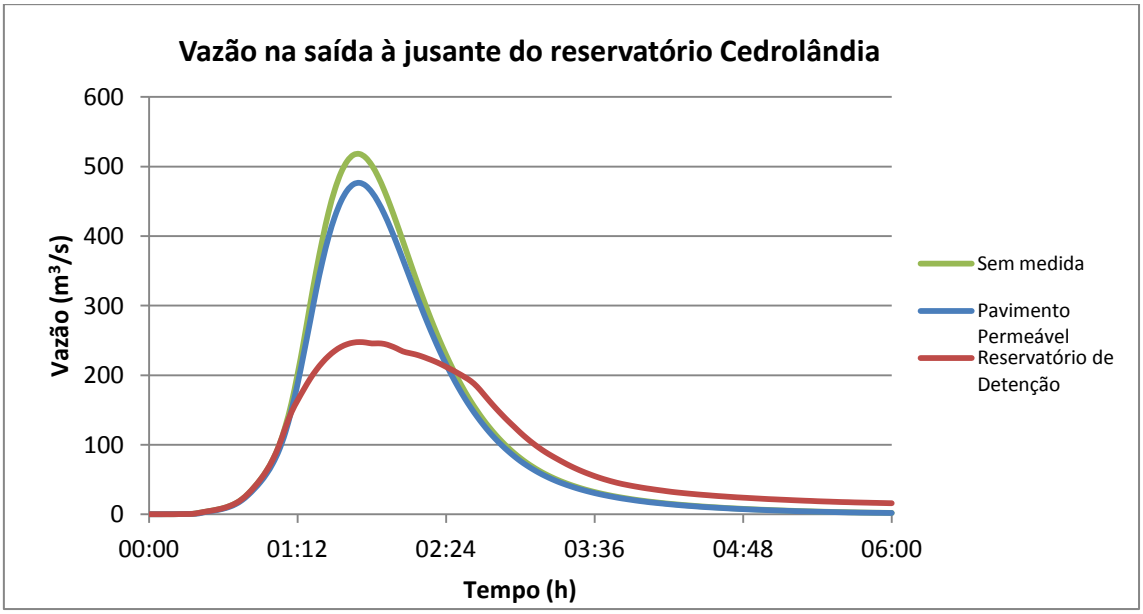
Jusante do reservatório CPTM



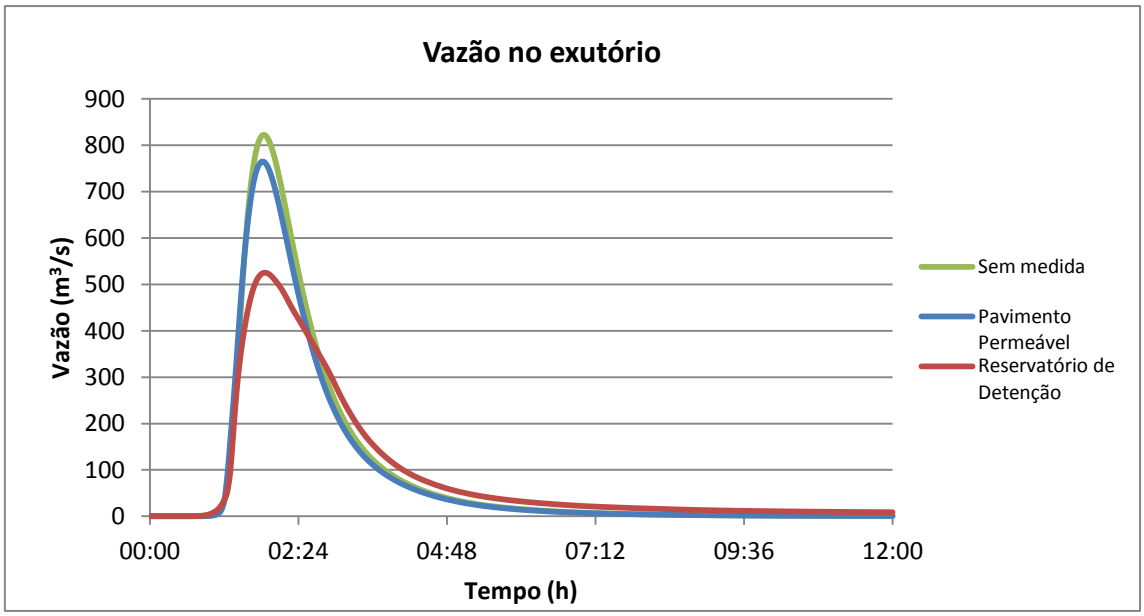
Jusante do reservatório Sharp



Jusante do reservatório Cedrolândia

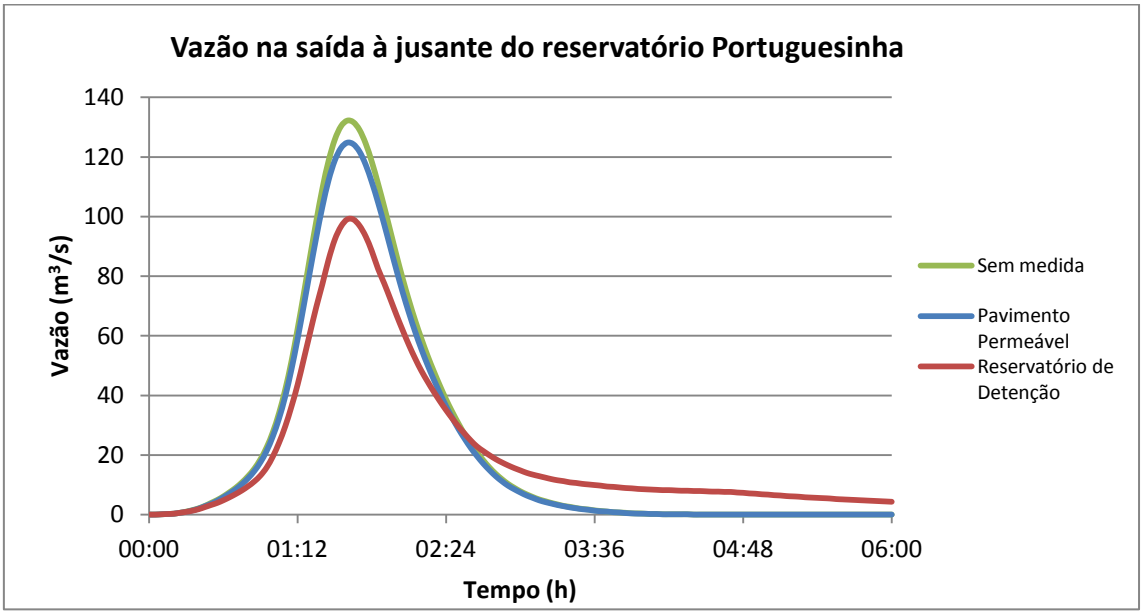


Exutório da bacia

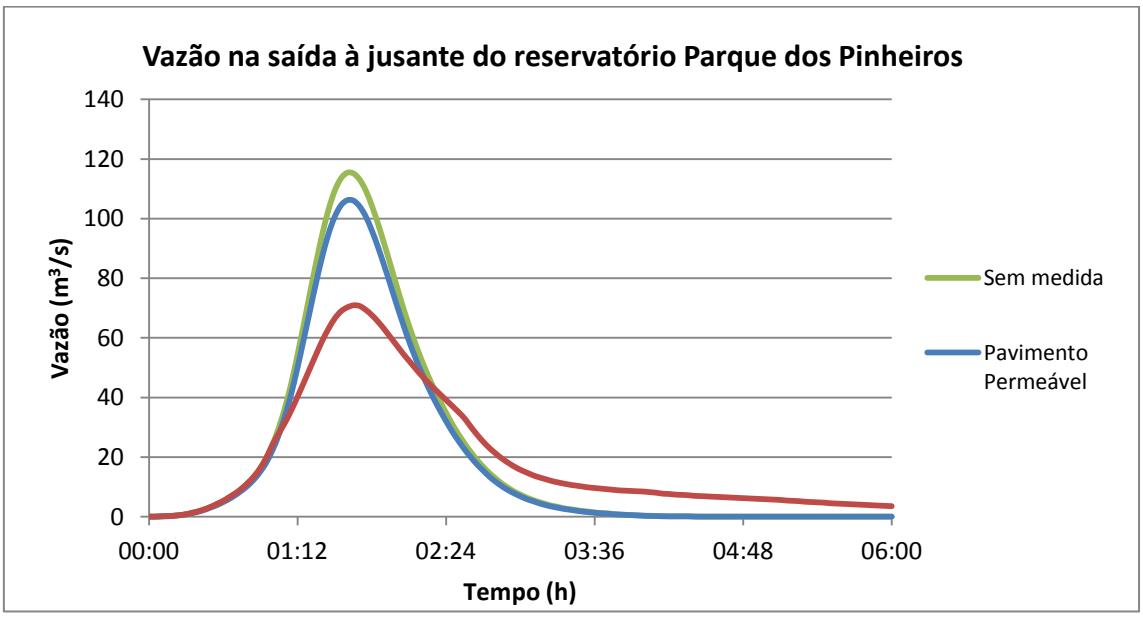


PERÍODO DE RETORNO 25 anos

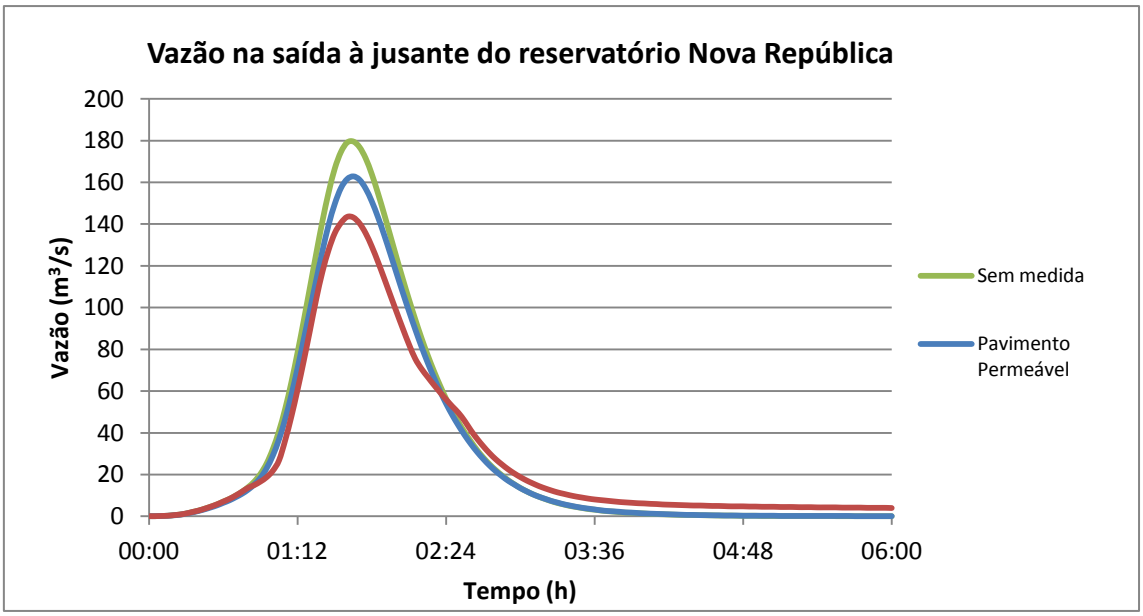
Jusante do reservatório Portuguesinha



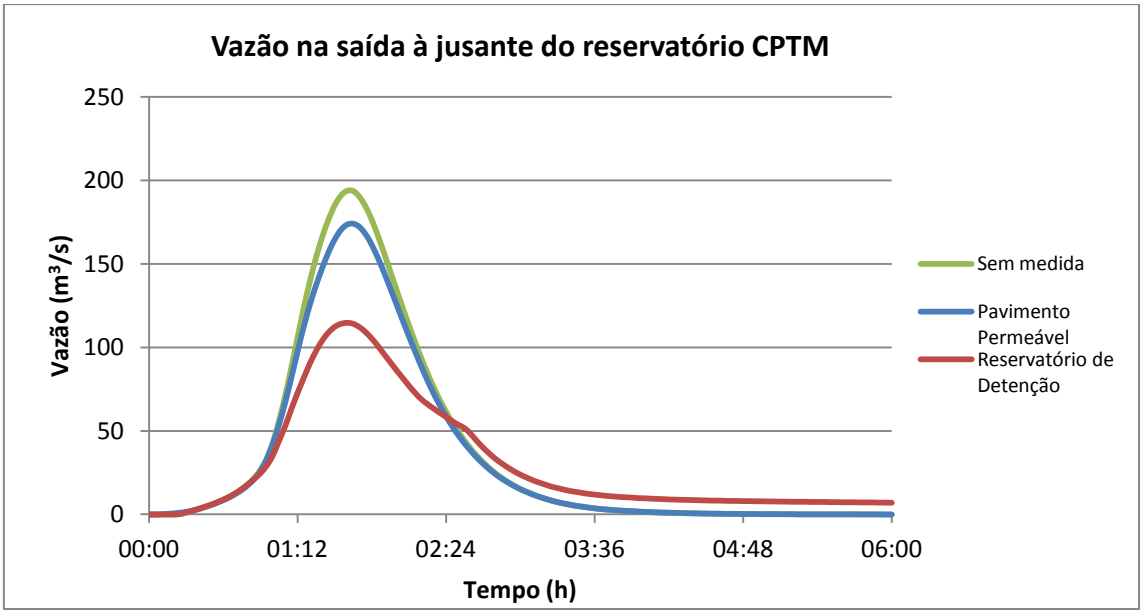
Jusante do reservatório Parque dos Pinheiros



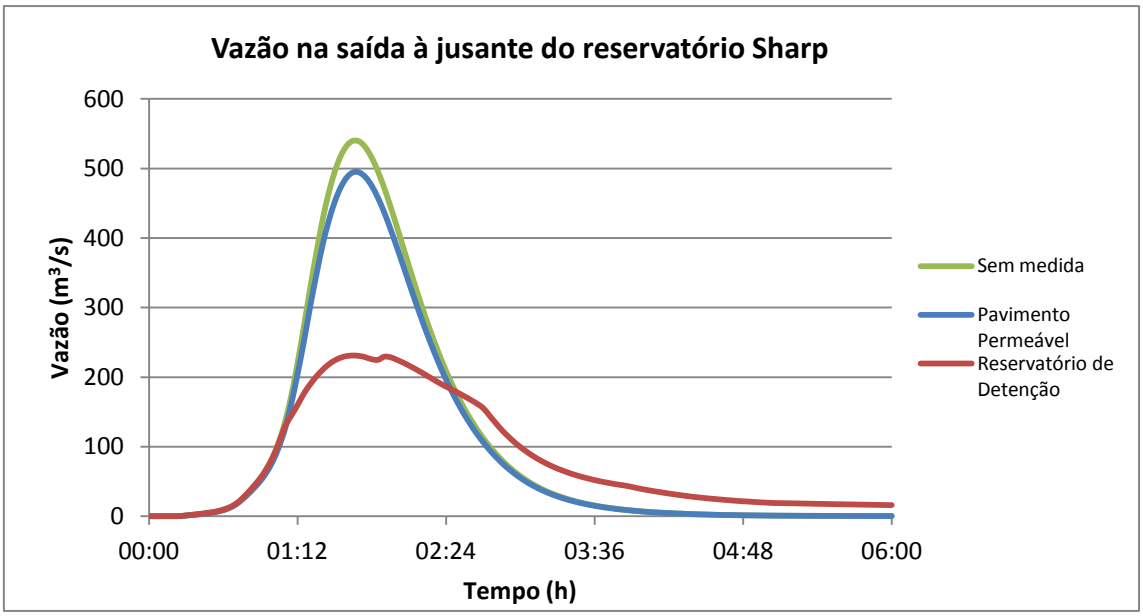
Jusante do reservatório Nova Republica



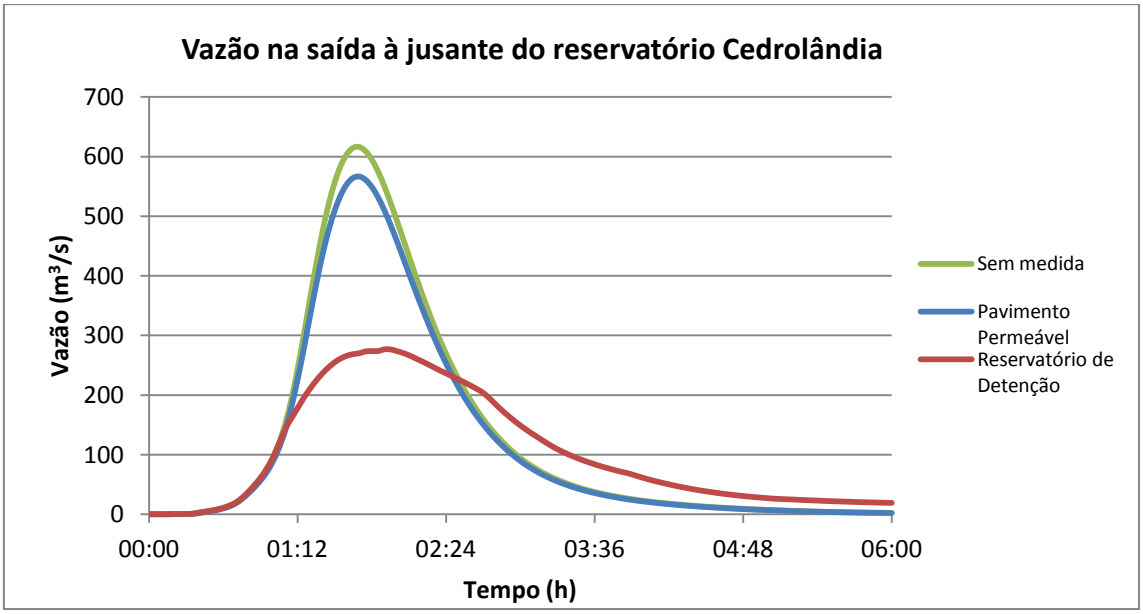
Jusante do reservatório CPTM



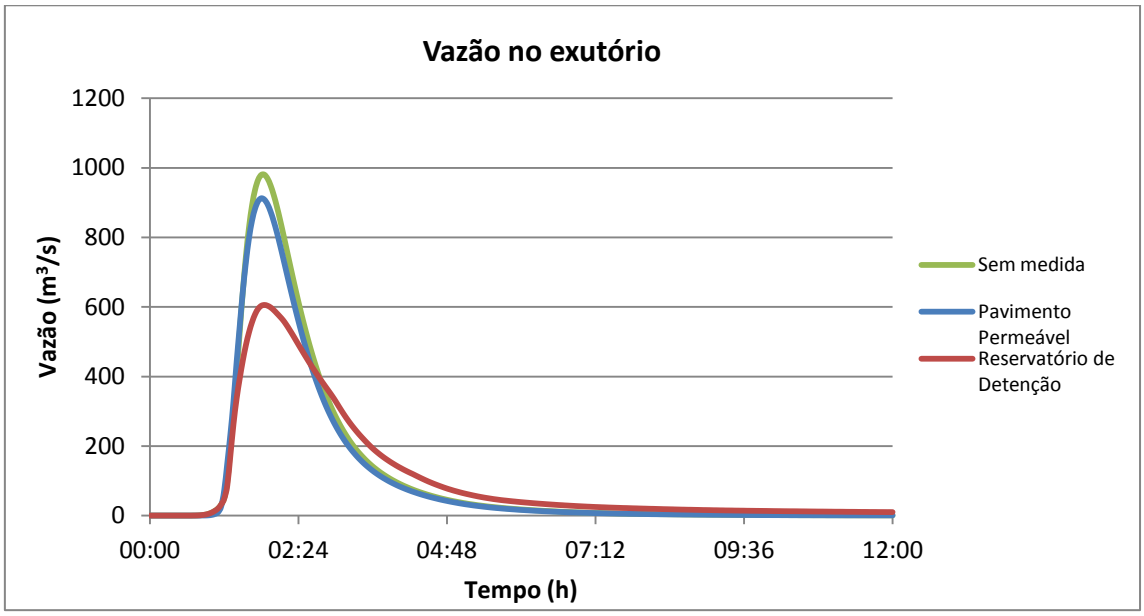
Jusante do reservatório Sharp



Jusante do reservatório Cedrolândia

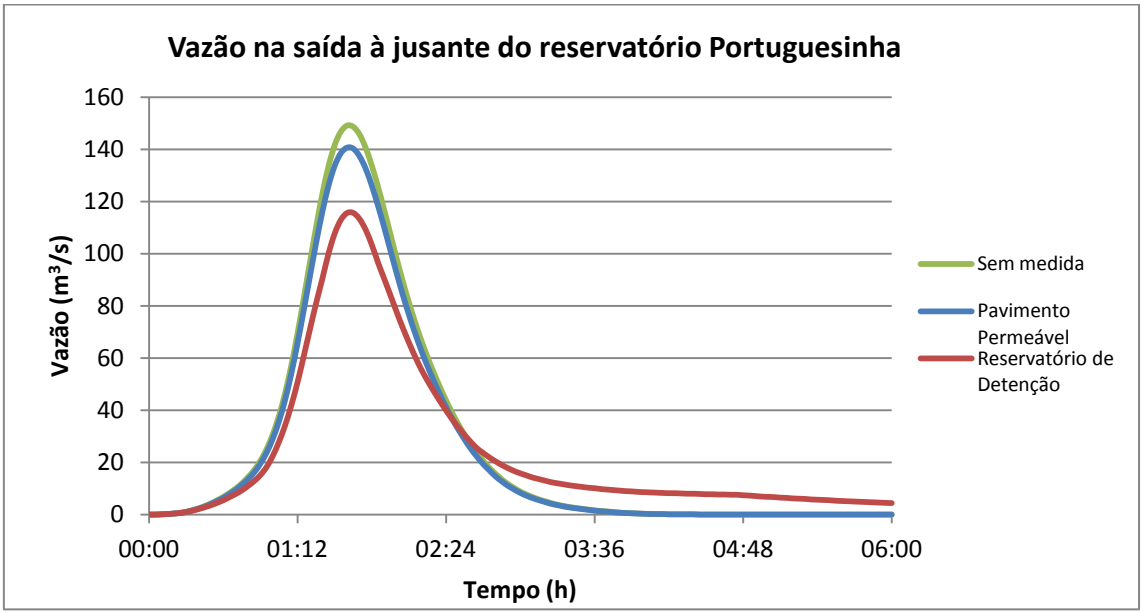


Exutório da bacia

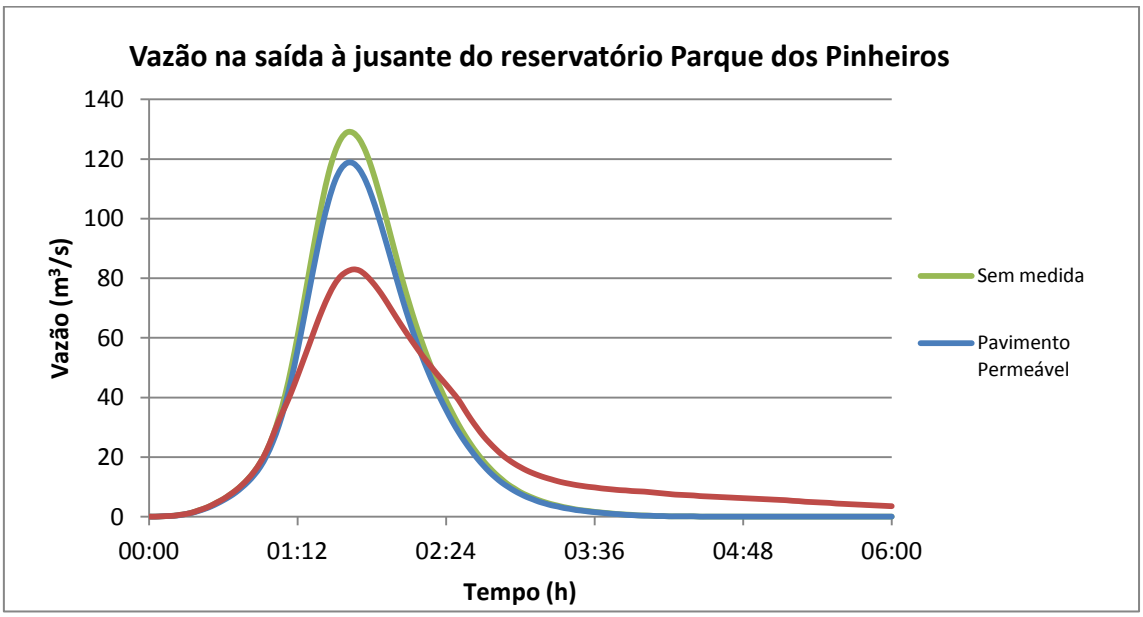


PERÍODO DE RETORNO 50 anos

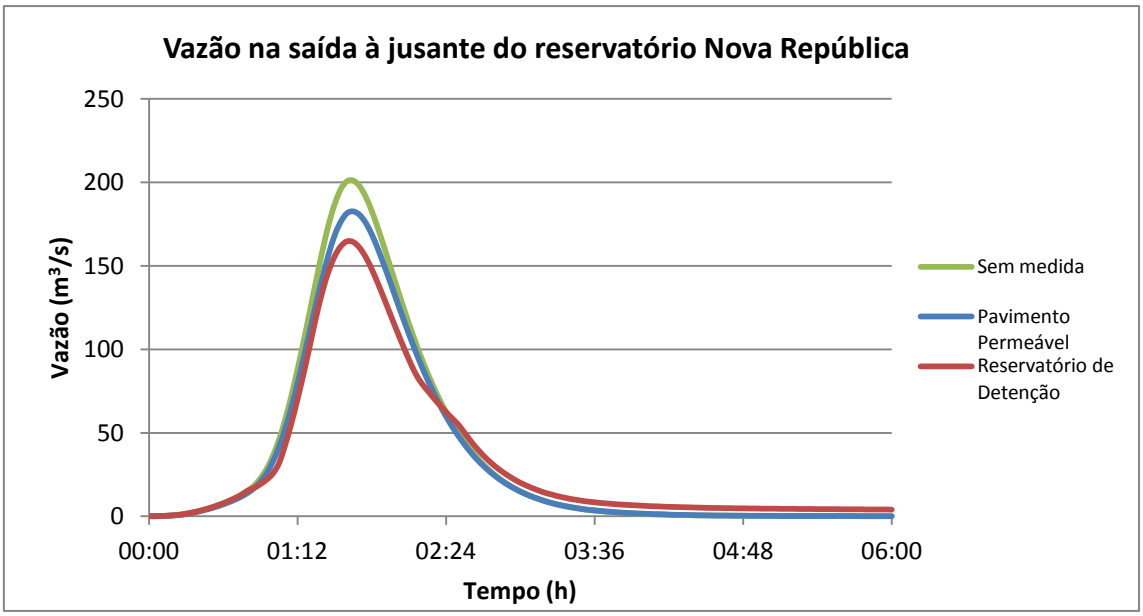
Jusante do reservatório Portuguesinha



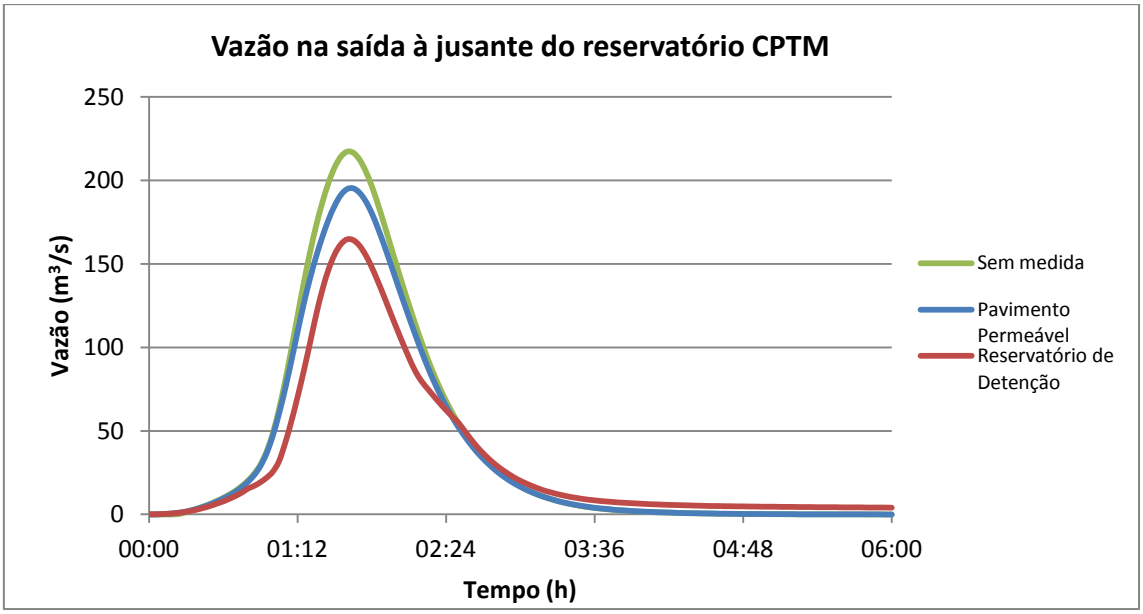
Jusante do reservatório do Parque dos Pinheiros



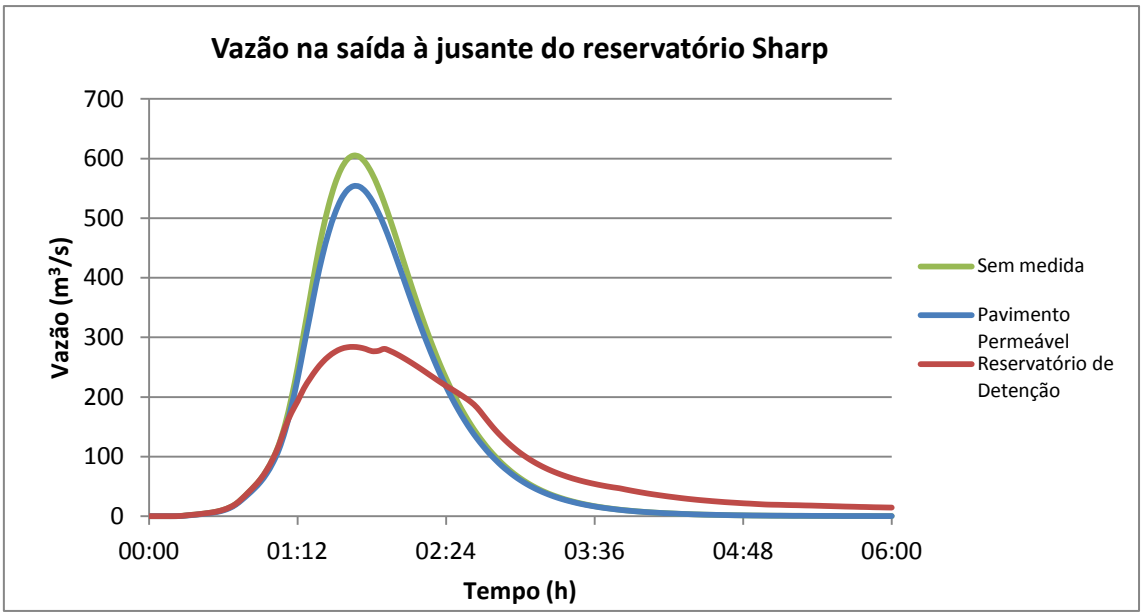
Jusante do reservatório Nova Republica



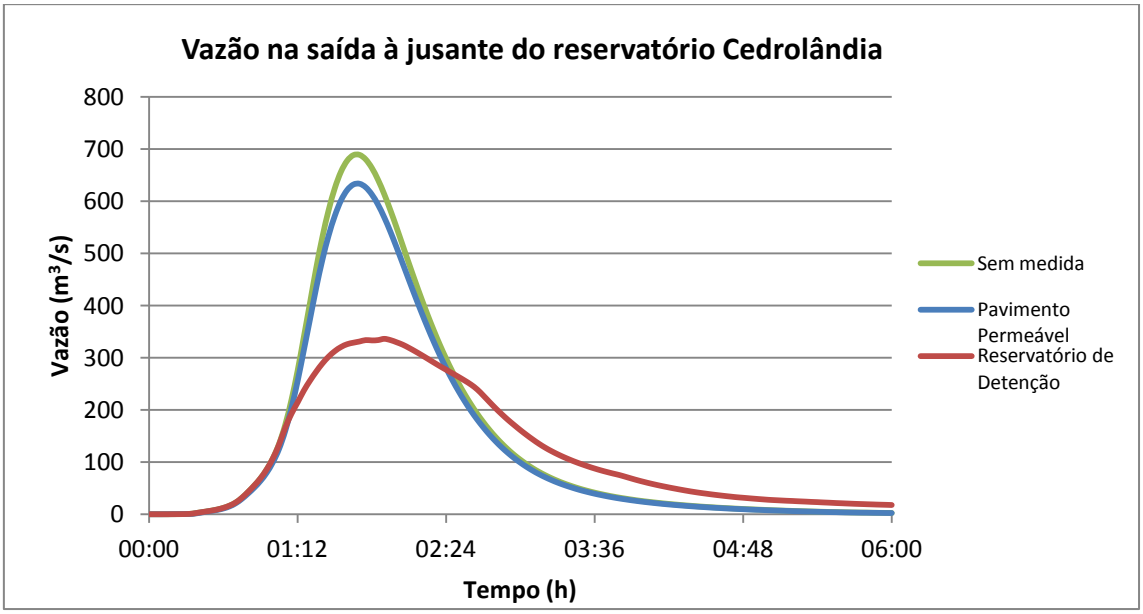
Jusante do reservatório CPTM



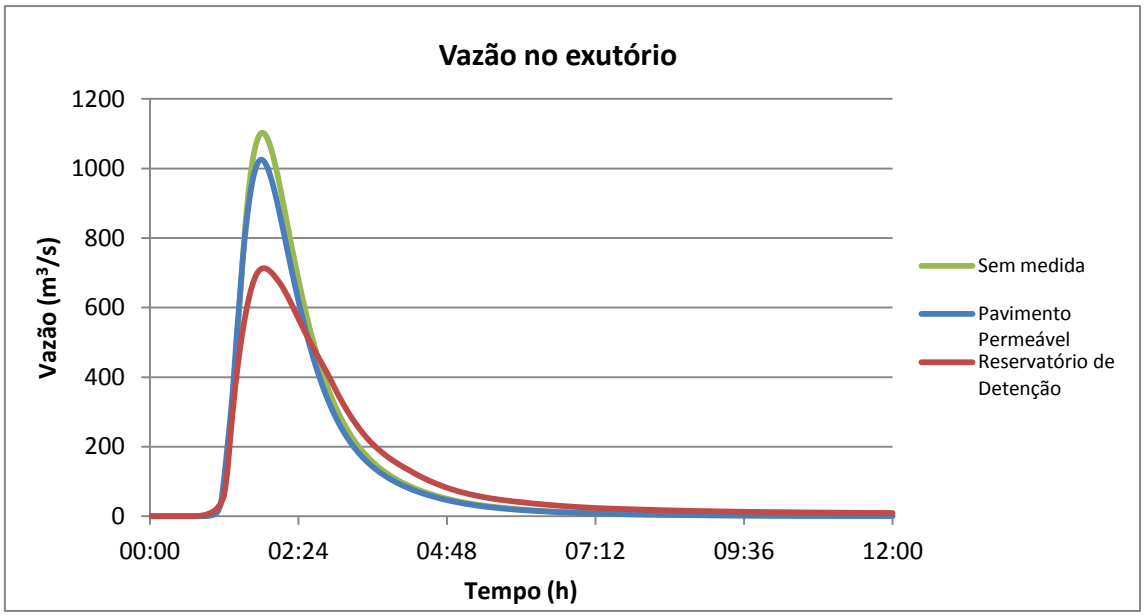
Jusante do reservatório Sharp



Jusante do reservatório Cedrolândia

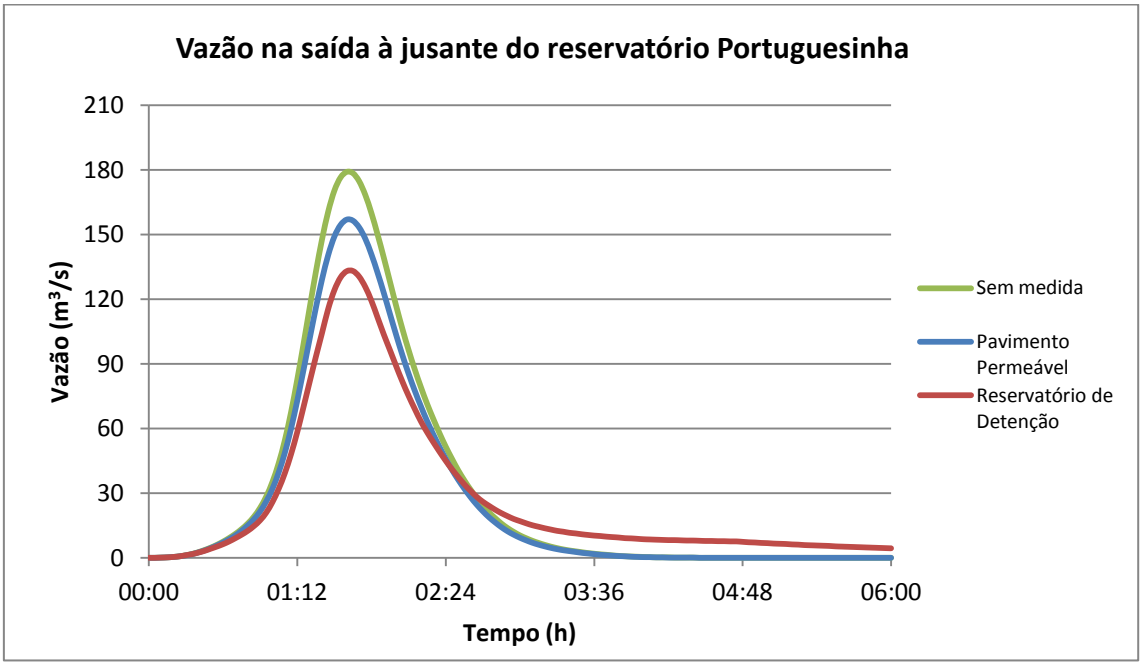


Exutório da bacia

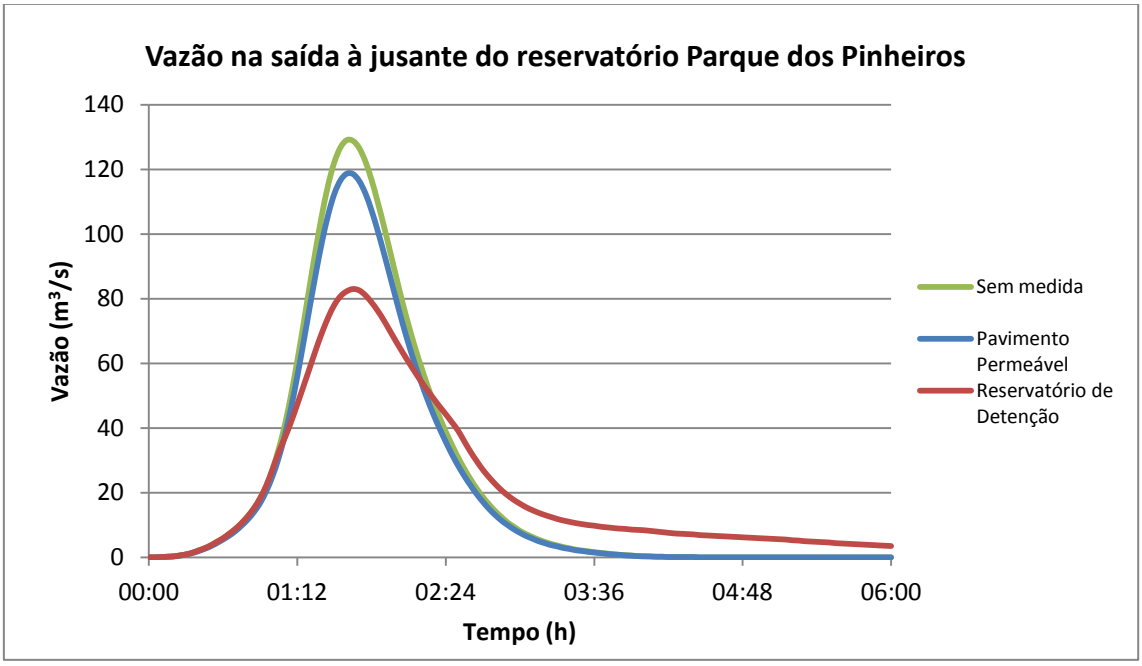


TR 100 anos

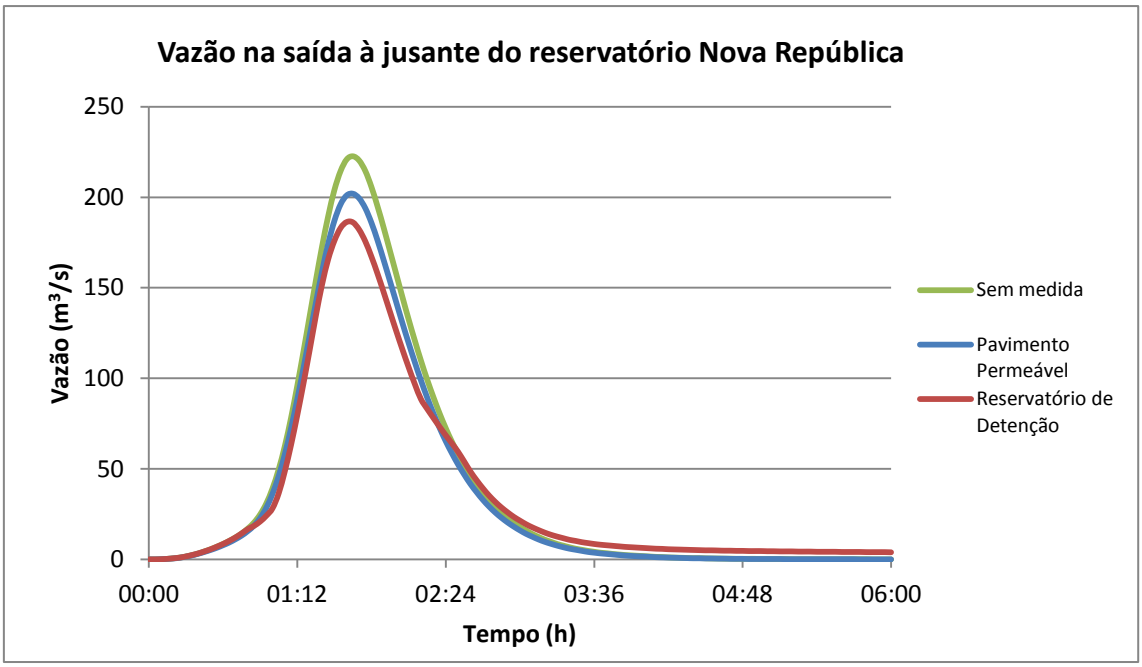
Jusante do reservatório Portuguesinha



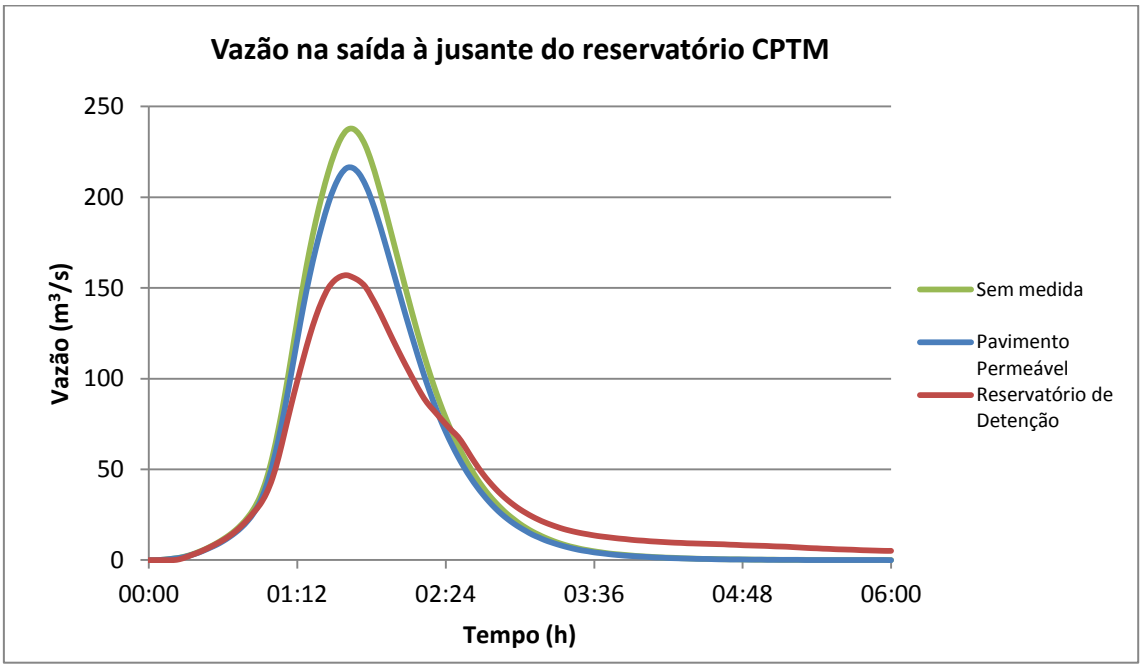
Jusante do reservatório do Parque dos Pinheiros



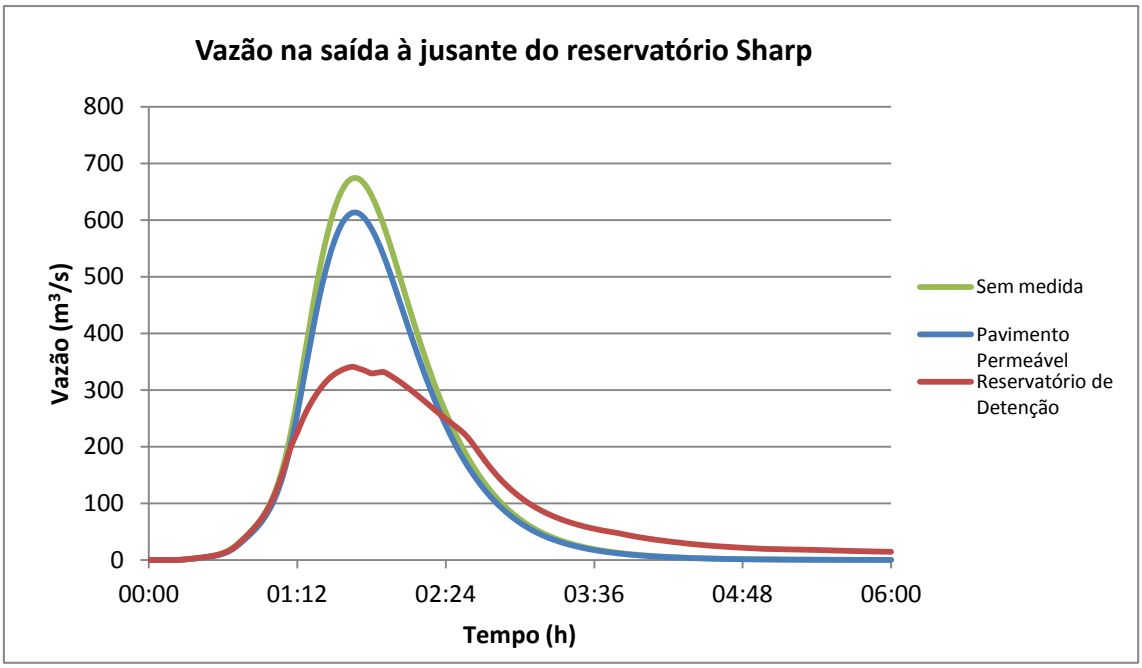
Jusante do reservatório Nova Republica



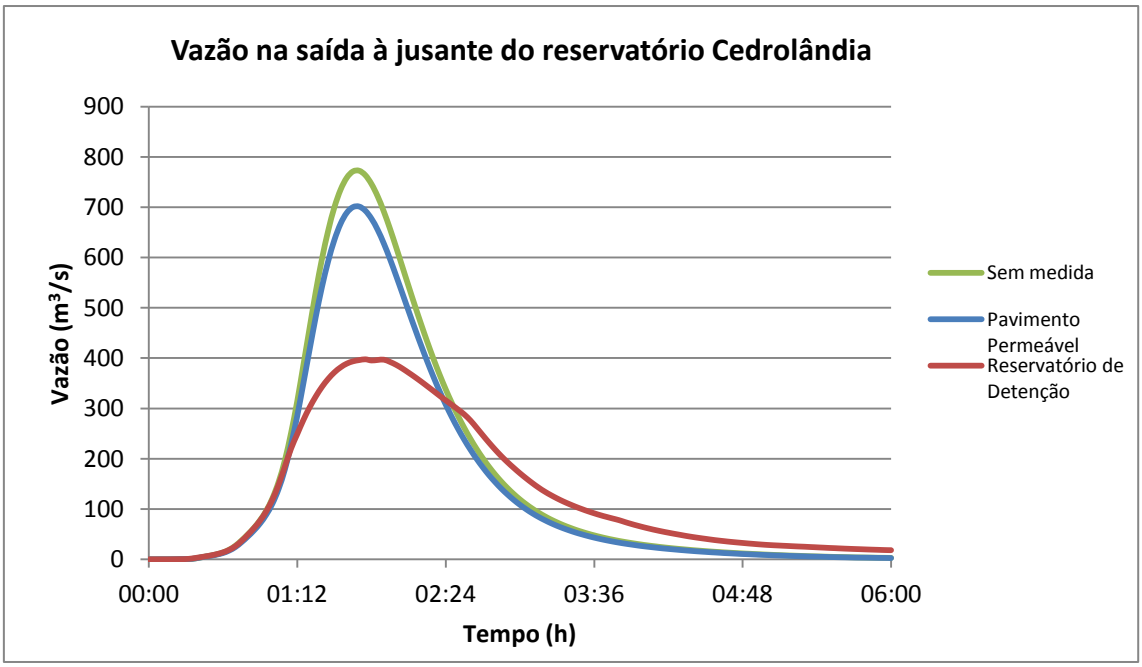
Jusante do reservatório CPTM



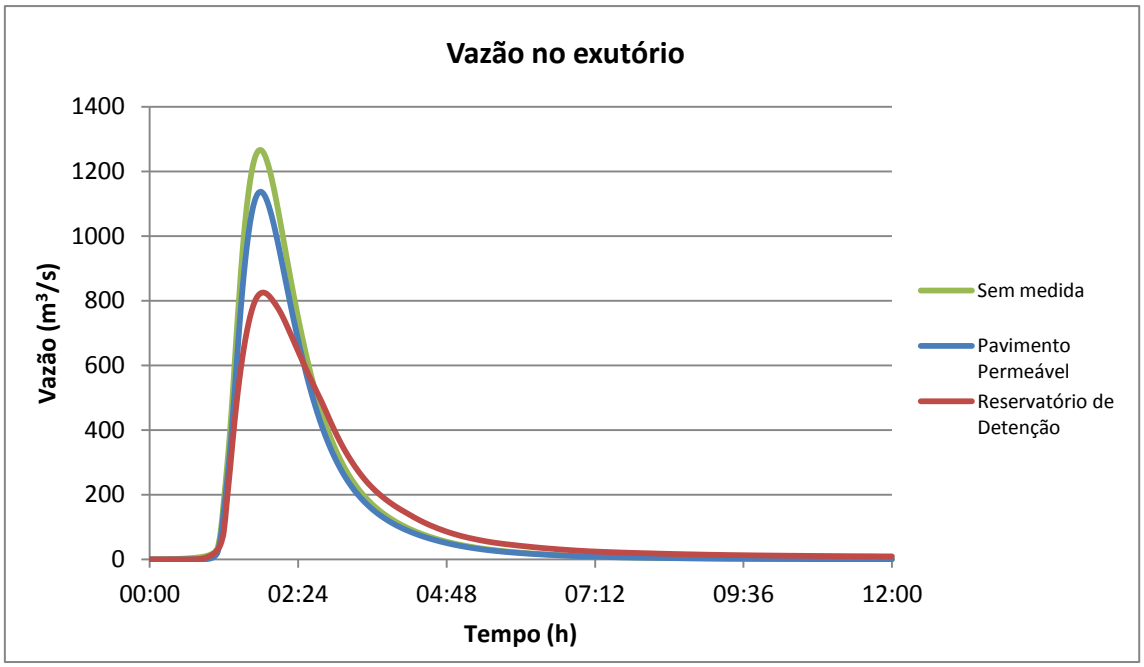
Jusante do reservatório Sharp



Jusante do reservatório Cedrolândia



Exutório da bacia



ANEXOS

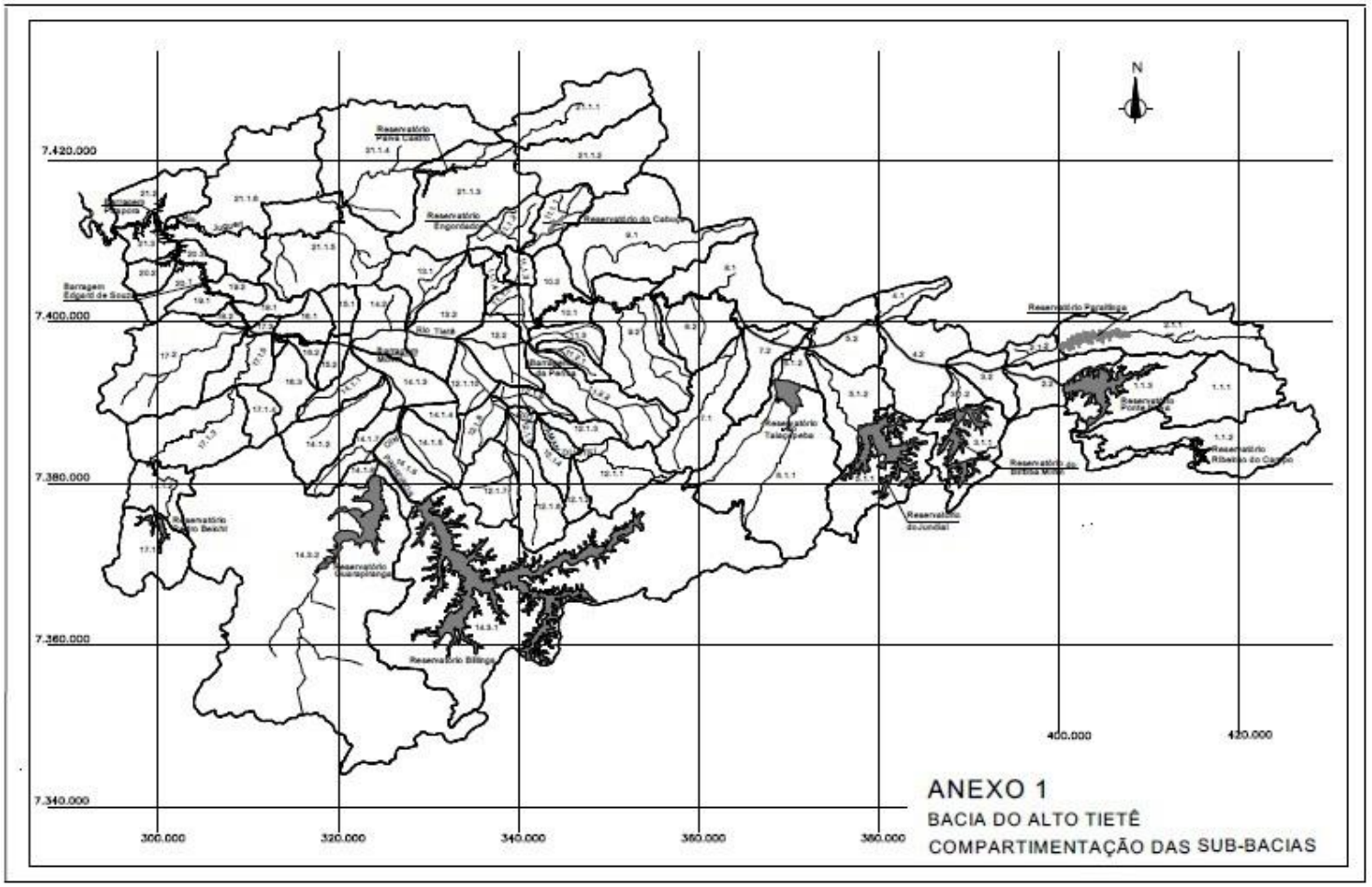
ANEXO A - Cálculo dos Valores de CN nas Sub-bacias do Alto Tietê

Sub Bacias	ZONAS CULTIVADAS (sem conserv.dos solos)	ZONAS CULTIVADAS (com conserv.dos solos)	ZONAS CULTIVADAS pastagens ou terrenos em más condições	BALDIOS (boas condições)	PRADOS (boas condições)	BOSQUES E FLORESTAS (cobertura ruim)	BOSQUES E FLORESTAS(cobertura boa)	CAMPOS E PARQUES (relva > que 75% da área)	BOSQUES E F LORESTAS (relva em 50-75% da área)	ZONAS COMERCIAIS E ESCRITÓRIOS	ZONAS INDUSTRIAIS	ZONAS RESIDENCIAIS < 500 m^2 65% imperm.	ZONAS RESIDENCIAIS 1000 m^2 38% imperm.	ZONAS RESID 1300 m^2 30% imperm.	ZONAS RESID 2000 m^2 25% imperm.	ZONAS RESID. 4000 m^2 20% imperm.	PARQUES(estacionamento telhados,viadutos)	PARQUES ruas, estradas asfaltadas,c/drenagem	PARQUES paralelepípedos, terra
	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
1.1.1 Tietê / Pote	84	74	82	66	62	70	60	66	72	89	89	87	78	75	73	72	98	83	83
1.1.2 rib. Claro	84	74	82	66	62	70	60	66	72	89	89	87	78	76	73	72	98	83	84
1.1.3 Barr. Ponte Nova	84	74	81	65	62	69	59	65	72	93	89	87	78	75	74	72	98	86	83
2.1.1 Paraitinga - mont. Barr.	84	74	82	66	63	71	61	66	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
2.1.2 Paraitinga - jus. Barr.	85	75	82	67	64	71	62	67	73	89	89	87	79	77	73	73	98	84	84
2.2 Peq.sub bacias lat.- Tietê	84	74	82	67	63	71	61	67	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
3.1.1 Biritiba - mont. Barr.	84	74	82	66	62	70	60	66	72	89	89	87	78	76	73	72	98	83	84
3.1.2 Biritiba - jus. Barr.	86	76	83	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
3.2 Peq.sub bacias lat.- Tietê	84	74	82	66	63	71	61	66	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
4.1 Botujuru	85	75	83	68	65	72	63	68	74	90	90	88	80	77	74	74	98	85	85
4.2 Peq.sub bacias lat.- Tietê	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	79	75	76	98	86	85
5.1.1 Jundiaí - mont. Barr	85	75	82	67	64	71	62	67	74	89	89	87	79	77	74	73	98	84	84
5.1.2 Jundiaí - jus. Barr.	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	79	75	76	98	86	85
5.2 Peq. sub bacias lat.- Tietê	85	75	82	67	64	71	62	67	74	89	89	87	79	77	74	74	98	84	84
6.1.1 Taiaçupeba - mont. Barr.	86	76	84	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
6.1.2 Taiaçupeba - jus. Barr.	85	75	83	68	64	72	62	68	74	89	89	88	79	77	74	74	98	84	84
7.1 Guaió	86	76	84	71	67	74	66	71	76	90	90	89	81	79	76	76	98	86	85
7.2 Vargem e pq.s.b lat. - Tietê	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	89	81	79	76	76	98	86	85
8.1 Sub bacias lat. Dir. - Tietê	85	75	83	68	64	72	62	68	74	89	89	88	79	77	74	74	98	84	84
8.2 Sub bacias lat. Esq. - Tietê	86	76	84	71	67	74	66	71	76	90	90	89	81	79	76	76	98	86	85
9.1 Baquirivu	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	79	75	76	98	86	85
9.2 Itaquera	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	79	75	76	98	86	85
10.1 Sub bacias lat. Dir. - Tietê	85	75	83	68	64	72	62	68	74	90	90	88	79	77	74	74	98	84	84
10.2 Sub bacias lat. Esq. - Tietê	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	78	75	76	98	85	85
11.1.1 Macacos (Cabuçu)	88	78	85	73	70	76	69	73	78	94	91	90	83	81	80	78	98	89	86
11.1.2 Barrocada (Cabuçu)	84	74	81	65	62	70	59	65	72	89	89	87	78	75	72	72	98	83	83
11.1.3 Peq.sub bacias lat.- (Cab.)	88	78	86	74	71	77	70	74	79	91	91	90	83	81	78	79	98	88	87
11.1.4 Piqueri (Cabuçu)	85	75	82	67	64	71	62	67	74	89	89	87	79	77	74	74	98	84	84

Sub Bacias	ZONAS CULTIVADAS (sem conserv.dos solos)	ZONAS CULTIVADAS (com conserv.dos solos)	ZONAS CULTIVADAS pastagens ou terrenos em más condições	BALDIOS (boas condições)	PRADOS (boas condições)	BOSQUES E FLORESTAS (cobertura ruim)	BOSQUES E FLORESTAS(cobertura boa)	CAMPOS E PARQUES (relva > que 75% da área)	BOSQUES E F LORESTAS (relva em 50-75% da área)	ZONAS COMERCIAIS E ESCRITÓRIOS	ZONAS INDUSTRIAIS	ZONAS RESIDENCIAIS < 500 m^2 65% imperm.	ZONAS RESIDENCIAIS 1000 m^2 38% imperm.	ZONAS RESID 1300 m^2 30% imperm.	ZONAS RESID 2000 m^2 25% imperm.	ZONAS RESID. 4000 m^2 20% imperm.	PARQUES(estacionamento telhados,viadutos)	PARQUES ruas, estradas asfaltadas,c/drenagem	PARQUES paralelepípedos, terra
	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
11.1.5 Paciência (Cabuçu)	85	75	83	69	65	72	63	69	75	90	90	88	80	78	74	75	98	85	85
11.2.1 Gamelinha (Aric.)	86	76	84	70	**67**	74	**65**	70	76	90	90	88	81	79	75	76	98	86	85
11.2.2 Aricanduva	87	77	85	72	69	75	67	72	77	91	91	89	82	80	76	77	98	87	86
11.3 Franguinho	86	76	84	70	66	73	64	70	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
12.1.1 Cabeceiras Tamanduateí	87	77	85	72	69	76	68	72	78	91	91	89	82	80	77	78	98	87	86
12.1.2 Guarará (Tam.)	87	77	85	72	69	75	67	72	77	91	91	89	82	80	76	77	98	87	86
12.1.3 Oratório (Tam.)	87	77	84	71	68	75	66	71	77	90	90	89	81	79	76	77	98	86	86
12.1.4 Tamanduateí Médio I	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	79	75	76	98	85	85
12.1.5 Tamanduateí Médio II	86	76	83	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
12.1.6 Meninos (Tam.)	87	77	84	71	68	75	66	71	77	90	90	89	81	79	76	77	98	86	86
12.1.7 Couros (Tam.)	86	76	84	70	66	73	65	70	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
12.1.8 Zoológico (Tam.)	85	75	83	69	65	72	63	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
12.1.9 Moóca (Tam.)	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	89	81	79	76	76	98	86	85
12.1.10 Tamanduateí Inferior	86	76	83	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
12.2 Peq. sub bacias lat.- Tietê	85	75	83	69	65	73	63	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
13.1 Cabuçu de Bx.	84	74	82	66	63	70	60	66	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
13.2 Mandaqui	85	75	83	68	64	72	62	68	74	90	90	88	79	77	74	74	98	84	84
14.1.1 Itaim	85	75	82	67	64	71	62	67	73	89	89	87	79	77	74	73	98	84	84
14.1.2 Pirajussara	84	74	82	67	63	71	61	67	73	89	89	87	79	76	73	73	98	84	84
14.1.3 Pq. Sub bac.lat.Pinh.Inf.	85	75	83	69	65	72	63	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
14.1.4 Traição	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	88	81	78	75	76	98	85	85
14.1.5 Águas Espraiadas	86	76	83	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
14.1.6 Zavuvus	86	76	84	70	67	74	65	70	76	90	90	89	81	79	76	76	98	86	85
14.1.7 Morro do S	86	76	84	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
14.1.8 Pq. Sub bac. Jus. Guarapir.	86	76	83	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85
14.2 Confl.Tietê/Pinh.- Pirituba	84	74	82	66	63	70	60	66	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
14.3.1 Sub bacia Billings	86	76	84	70	66	73	65	70	76	93	90	88	80	78	77	76	98	88	85
14.3.2 Sub bacia Guarapiranga	85	75	83	69	65	73	63	69	75	90	90	88	80	78	74	75	98	85	85
15.1 Mutinga	86	76	83	69	66	73	64	69	75	90	90	88	80	78	75	75	98	85	85

Sub Bacias		ZONAS CULTIVADAS (sem conserv.dos solos)	ZONAS CULTIVADAS (com conserv.dos solos)	ZONAS CULTIVADAS pastagens ou terrenos em más condições	BALDIOS (boas condições)	PRADOS (boas condições)	BOSQUES E FLORESTAS (cobertura ruim)	BOSQUES E FLORESTAS(cobertura boa)	CAMPOS E PARQUES (relva > que 75% da área)	BOSQUES E F LORESTAS (relva em 50-75% da área)	ZONAS COMERCIAIS E ESCRITÓRIOS	ZONAS INDUSTRIAIS	ZONAS RESIDENCIAIS < 500 m^2 65% imperm.	ZONAS RESIDENCIAIS 1000 m^2 38% imperm.	ZONAS RESID 1300 m^2 30% imperm.	ZONAS RESID 2000 m^2 25% imperm.	ZONAS RESID. 4000 m^2 20% imperm.	PARQUES(estacionamento telhados,viadutos)	PARQUES ruas, estradas asfaltadas,c/drenagem	PARQUES paralelepípedos, terra
		CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN	CN
15.2	Bussocaba	85	75	83	69	65	72	63	69	75	90	90	88	80	78	74	75	98	85	85
16.1	Vermelho	85	75	82	67	64	71	62	67	74	89	89	87	79	77	74	74	98	84	84
16.2	Guardinha	85	75	83	68	64	72	62	68	74	90	90	88	79	77	74	74	98	84	84
16.3	Carapicuiba	84	74	82	66	63	71	61	66	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
17.1.1	Sub bacia Pedro Beicht	84	74	82	66	62	70	60	66	72	93	89	72	78	76	74	72	98	86	84
17.1.2	Sub bacia Cach. da Graça	84	74	82	66	62	70	60	66	72	93	89	87	78	76	74	72	98	86	84
17.1.3	Cotia Médio e Superior	84	74	82	66	62	70	60	66	72	89	89	87	78	76	73	72	98	83	84
17.1.4	rib. Moinho	84	74	82	66	62	70	60	66	73	89	89	87	78	76	73	72	98	83	84
17.1.5	Cotia Inferior	84	74	82	66	62	70	60	66	72	89	89	87	78	76	73	72	98	83	84
17.2	São João do Barueri	84	74	82	66	63	70	60	66	73	89	89	87	78	76	73	73	98	84	84
17.3	Pq. Sub Bacias Later.-Tietê	84	74	82	66	62	70	60	66	72	89	89	87	78	75	72	72	98	83	83
18.1	Garcia	85	75	83	68	65	72	63	68	74	90	90	88	79	77	74	74	98	85	84
18.2	S/Nome	83	73	81	65	61	69	59	65	72	89	89	86	77	75	72	71	98	83	83
19.1	Sub bacias lat. Esq. - Tietê	83	73	81	65	61	69	59	65	71	93	89	86	77	75	73	71	98	86	83
19.2	Sub bacias lat. Dir. - Tietê	85	75	83	68	65	72	62	68	74	93	90	88	79	77	76	74	98	87	84
20.1	rib. Itaim	84	74	82	66	63	70	61	66	73	93	89	87	78	76	74	73	98	86	84
20.2	rib. Santo André	86	76	84	70	67	74	65	70	76	93	90	88	80	78	77	76	98	88	85
20.3	Sub bacias lat. Dir. - Tietê	88	78	86	75	72	78	71	75	80	94	91	90	84	82	81	80	98	89	87
21.1.1	Juquerí Mirim	87	77	85	73	70	76	68	73	78	91	91	89	82	81	77	78	98	87	86
21.1.2	Alto Juquerí	87	77	85	72	69	75	67	72	77	91	91	89	82	80	77	77	98	87	86
21.1.3	Santa Inês	85	75	82	67	64	71	61	67	73	93	89	87	79	76	75	73	98	87	84
21.1.4	rib. Eustáquio	88	78	86	75	72	78	70	75	79	91	91	90	83	82	78	79	98	88	87
21.1.5	rib. Perús	87	77	85	72	69	75	67	72	77	91	91	89	82	80	76	77	98	87	86
21.1.6	rib. Cristais	89	79	87	76	73	79	72	76	80	94	92	90	84	83	81	80	98	90	87
21.2	Tanquinho	88	78	86	73	70	77	69	73	78	94	91	90	83	81	80	78	98	89	87
21.3	Sub bacias lat. Esq.-Tietê	89	79	87	76	73	79	72	76	80	94	92	90	84	83	81	80	98	90	87

ANEXO B - bacia do Alto Tietê - compartimentação das sub-bacias



ANEXO C - formulários dos reservatórios de detenção

Reservatório Off-Line

Nome: Reservatório de Retenção RPO-2/Portuguesinha

Município: Taboão da Serra - SP

DADOS GERAIS

Curso d'água:	Córrego Poá
Bacia Hidrográfica:	Córrego Pirajuçara
Tipo de Reservatório	"off-line"

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2)	8,12
Comprimento do talvegue principal (km)	0,711
Desnível (m)	80
Velocidade média de escoamento (m/s)	2,0
Tempo de concentração (horas)	0,95
Chuvas de projeto para controle de cheias:	
Período de retorno (anos)	25
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	80,60
Chuvas de projeto para segurança da obra	
Período de retorno (anos)	50
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	89,97
Coeficiente CN da sub-bacia	80
Hidrograma de Projeto para controle de cheias	
Vazão de Pico (m^3/s)	50
Volume de Cheia (m^3)	245.815
Hidrograma de Projeto para segurança	
Vazão de Pico (m^3/s)	62
Volume de Cheia (m^3)	301.474

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NA operacionais	
NA mínimo (m)	743.50
NA máximo para hidrograma de controle de cheias (m)	
NA máximo para hidrograma de segurança (m)	752,50
Barragem	
Cota de coroamento da barragem (m)	753,50
Estrutura hidráulica de controle de cheias	
(Tuneliner) – Ponte Alta Comprimento (m)	50,07
Cota de fundo (m)	
Entrada da adufa ou orifício (m)	2,70
Coeficiente de descarga da adufa	
Bombas	
Cota da soleira do canal lateral (m)	
Número de bombas	3
Capacidade unitária das bombas (l/s)	330
Vertedouro	
Cota da crista do vertedouro (m)	751,70
Largura do crista do vertedouro (m)	33,00
Altura do vertedouro (m)	
Coeficiente de descarga	

Curva Cota X Volume		Curva Cota X Vazão de Captacão ou Desvio	
Volume (m^3)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Cota (m)
0	744,00	0	749,50
30.000	747,00	5,0	750,50
60.000	748,80	10,0	750,90
90.000	750,20	20,0	751,90
120.000	752,00	30,00	753,00
150.000	753,20		
165.000	754,00		

Observações:

Área ocupada: 30.000 m^2

Extravasor
Cota da Crista: 752,00 m
Comprimento da Crista: 40,00 m

- Nível do reservatório no início da operação: 752,00 m
- Volume previsto para descarga c/comporta: 20.000 m^3
- Nível do reservatório após a operação das comportas: 750,50 m
- Cota da soleira da comporta por gravidade: 750,125 m
- Nível d'água no reservatório no início do bombeamento: 751,00 m
- Volume previsto por bombeamento: 100.700 m^3
- Nível d'água no final da operação de bombeamento: 743,50 m
- Comporta: (1,80 x 1,80 m)

Reservatório Off-Line

Nome: Reservatório de Retenção TPI-4/Joaquim Cachoeira

Município: Taboão da Serra - SP

DADOS GERAIS

Curso d'água:	Joaquim Cachoeira
Bacia Hidrográfica:	Córrego Pirajuçara
Tipo de Reservatório	"off-line"

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2)	6,66
Comprimento do talvegue principal (km)	12,61
Desnível (m)	60,0
Velocidade média de escoamento (m/s)	2,5
Tempo de concentração (horas)	1,74
Chuvas de projeto para controle de cheias:	
Período de retorno (anos)	50
Duração (horas)	2,0
Precipitação (mm)	70
Chuvas de projeto para segurança da obra	
Período de retorno (anos)	500
Duração (horas)	2,0
Precipitação (mm)	84
Coeficiente CN da sub-bacia	83
Hidrograma de Projeto para controle de cheias	
Vazão de Pico (m^3/s)	75,00
Volume de Cheia (m^3)	
Hidrograma de Projeto para segurança	
Vazão de Pico (m^3/s)	106
Volume de Cheia (m^3)	

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NA operacionais	
NA mínimo (m)	738,00
NA máximo para hidrograma de controle de cheias (m)	748,00
NA máximo para hidrograma de segurança (m)	749,00
Barragem	
Cota de coroamento da barragem (m)	749,00
Estrutura hidráulica de controle de cheias	
Dimensões (m)	
Cota de base (m)	
Entrada engolimento (m)	
Coeficiente de descarga	
Bombas	
Cota da soleira do canal lateral (m)	742,662
Número de bombas	3
Capacidade unitária das bombas (l/s)	350
Vertedouro	
Cota da crista do vertedouro (m)	746,5
Largura do crista do vertedouro (m)	25
Altura do vertedouro (m)	1
Coeficiente de descarga	0,47

Curva Cota X Volume		Curva Cota X Vazão de Captacão ou Desvio	
Volume (m^3)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Cota (m)
0	739,000	5	741,964
20.000	740,800	10	742,187
40.000	743,000	15	742,187
60.000	744,600	20	742,595
65.000	745,000	30	742,827
		40	743,087
		50	743,325
		60	743,548
		70	743,758
		80	743,958

Observações:

Reservatório Off-Line

Nome: Reservatório de Retenção TPI-2/Nova República

Município: Embu - SP

DADOS GERAIS

Curso d'água:	Córrego Pirajuçara
Bacia Hidrográfica:	Córrego Pirajuçara
Tipo de Reservatório	"off-line"

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2)	9,22
Comprimento do talvegue principal (km)	4.750
Declividade média do talvegue (m/m)	0,0105
Velocidade média de escoamento (m/s)	2,0
Tempo de concentração (horas)	2
Chuvas de projeto para controle de cheias:	
Período de retorno (anos)	25
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	70
Chuvas de projeto para segurança da obra	
Período de retorno (anos)	50
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	75
Coeficiente CN da sub-bacia	61,1
Hidrograma de Projeto para controle de cheias	
Vazão de Pico (m^3/s)	120
Volume de Cheia (m^3)	432.000
Hidrograma de Projeto para segurança	
Vazão de Pico (m^3/s)	127
Volume de Cheia (m^3)	457.200

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NA operacionais	
NA mínimo (m)	744,00
NA máximo para hidrograma de controle de cheias (m)	753,04
NA máximo para hidrograma de segurança (m)	754,00
Barragem	
Cota de coroamento da barragem (m)	753,00
Estrutura hidráulica de controle de cheias - Pirajuçara	
Dimensões (m)	8,60
Cota de fundo (m)	750,50
Entrada da adufa ou orifício (m)	
Coeficiente de descarga da adufa	0,37
Bombas	
Cota da soleira do canal lateral (m)	750,00
Número de bombas	4
Capacidade unitária das bombas (l/s)	350
Vertedouro Pirajuçara	
Cota da crista do vertedouro (m)	751,80
Largura do crista do vertedouro (m)	31,5
Altura do vertedouro (m)	1,8
Coeficiente de descarga	0,447

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

Estrutura hidráulica de controle de cheias (Vertedor Afluente)	
Dimensões (m)	6,70
Cota de fundo (m)	750,50
Entrada da adufa ou orifício (m)	
Coeficiente de descarga da adufa	0,37
Vertedouro Afluente	
Cota da crista do vertedouro (m)	751,80
Largura do crista do vertedouro (m)	58
Altura do vertedouro (m)	1,8
Coeficiente de descarga	0,480

		Lado Pirajuçara	
Curva Cota X Volume		Curva Cota X Vazão de Captacão ou Desvio	
Volume (m^3)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Cota (m)
0,0	744,00	0	750,50
9.329,1	745,00	10	751,40
18.736,6	746,00	20	752,00
28.301,8	747,00	30	752,40
39.673,2	748,00	40	752,90
50.611,6	749,00		
63.268,8	750,00		
76.811,9	751,00		
91.324,1	752,00		
106.803,9	753,00		

Observações:

Reservatório com dois vertedores.

Comporta: 1,00 x 1,00m
Soleira na cota = 750,20m
Esgotamento até 750,50m e 35.000 m^3 de volume

Reservatório Off-Line

Nome: Reservatório de Retenção TPI-2a (RPI-3)

Município: Taboão da Serra/São Paulo - SP

DADOS GERAIS

Curso d'água:	Córrego Pirajuçara
Bacia Hidrográfica:	Córrego Pirajuçara
Tipo de Reservatório	"off-line"

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2)	1,24
Comprimento do talvegue principal (km)	1.320
Declividade média do talvegue (m/m)	0,024
Velocidade média de escoamento (m/s)	
Tempo de concentração (horas)	0,34
Chuvas de projeto para controle de cheias:	
Período de retorno (anos)	50
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	
Chuvas de projeto para segurança da obra	
Período de retorno (anos)	100
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	
Coeficiente CN da sub-bacia	
Hidrograma de Projeto para controle de cheias	
Vazão de Pico (m^3/s)	34
Volume de Cheia (m^3)	80
Hidrograma de Projeto para segurança	
Vazão de Pico (m^3/s)	38,7
Volume de Cheia (m^3)	90

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NA operacionais	
NA mínimo (m)	
NA máximo para hidrograma de controle de cheias (m)	747,67
NA máximo para hidrograma de segurança (m)	748,07
Barragem	
Cota de coroamento da barragem (m)	
Estrutura hidráulica de controle de cheias	
Dimensões (m)	16,00
Cota de fundo (m)	746,15
Largura da soleira partidora (m)	1,00
Coeficiente de descarga	0,4
Bombas	
Cota da soleira do canal lateral (m)	746,16
Número de bombas	3
Capacidade unitária das bombas (l/s)	330

Curva Cota X Volume		Curva Cota X Vazão de Captacão ou Desvio	
Volume (m^3)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Cota (m)
0,00	735,81	1,667	746,151
1.237,52	736,31	3,673	746,301
4.527,16	736,81	6,954	746,451
7.962,34	737,31	12,081	746,801
11.520,56	737,81	15,897	746,751
15.200,20	738,31	21,311	746,901
16.655,49	738,81	27,261	747,051
22.929,65	739,31	33,702	747,201
26.978,16	739,81	40,597	747,351
31.154,95	740,31	47,919	747,651
35.459,42	740,81	55,541	747,801
39.893.10	741,31	62,972	747,951
44.457,28	741,81	70,477	748,101
49.153,23	742,31	78,623	748,251
53.999,29	742,81	87,841	748,401
59.556,94	743,31	98,308	748,551
65.308,85	743,81	109,400	748,701
71.254,44	744,31	119,503	748,851
77.395,82	744,81	129,954	749,001
83.734,97	745,31	151,588	749,151
90.273,69	745,81		
97.129,12	746,31		
104.205,61	746,81		
108.399,01	747,10		
111.476,62	747,31		
116.833,03	747,67		
118.943,68	747,81		
121.833,01	748,00		
132.308,17	748,75		

Observações:

Reservatório Off-Line

Nome: Reservatório de Retenção TPI-7 (RPI-12)

Município: São Paulo - SP

DADOS GERAIS

Curso d'água:	Córrego Pirajuçara
Bacia Hidrográfica:	Córrego Pirajussara
Tipo de Reservatório	"off-line"

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2)	72
Comprimento do talvegue principal (km)	18,6
Desnível (m)	
Velocidade média de escoamento (m/s)	2,5
Tempo de concentração (horas)	0,43
Chuvas de projeto para controle de cheias:	
Período de retorno (anos)	25
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	70
Chuvas de projeto para segurança da obra	
Período de retorno (anos)	50
Duração (horas)	2
Precipitação (mm)	80
Coeficiente CN da sub-bacia	87
Hidrograma de Projeto para controle de cheias	
Vazão de Pico (m^3/s)	34,1
Volume de Cheia (m^3)	123.000
Hidrograma de Projeto para segurança	
Vazão de Pico (m^3/s)	
Volume de Cheia (m^3)	

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NA operacionais	
NA mínimo (m)	
NA máximo para hidrograma de controle de cheias (m)	734,5
NA máximo para hidrograma de segurança (m)	
Barragem	
Cota de coroamento da barragem (m)	
Estrutura hidráulica de controle de cheias	
Dimensões (m)	
Cota soleira (m)	731,25
Entrada da adufa ou orifício (m)	
Coeficiente de descarga da adufa	
Bombas	
Cota da soleira do canal lateral (m)	731,25
Número de bombas	2
Capacidade unitária das bombas (l/s)	370
Vertedouro	
Cota da crista do vertedouro (m)	729,45
Largura do crista do vertedouro (m)	3,00
Altura do vertedouro (m)	1,50
Coeficiente de descarga	

Curva Cota X Volume		Curva Cota X Vazão de Captacão ou Desvio	
Volume (m^3)	Cota (m)	Vazão (m^3/s)	Cota (m)
0	722,80	0,00	730,21
10	723,00	8,50	731,21
107	724,00	15,09	732,00
1.292	725,00	20,11	733,00
2.758	726,00	24,10	734,00
8.435	727,00	28,52	734,50
14.938	728,00	57,86	735,00
18.516	728,50	104,05	736,50
22.371	729,00		
30.721	730,00		
40.376	731,00		
51.553	732,00		
62.730	733,00		
73.908	734,00		
85.085	735,00		
90.673	735,50		
150.000	740,00		

Observações:

- Volume esgotamento por gravidade 52.950 m^3, duas comportas de 1,5 x 1,5 m, cota = 729,45 m
- Volume por bombeamento 26.545 m^3, capacidade 0,74 m^3/s, tempo total 12 horas.

- Curva cota x vazão do extravasor

Q total (m3/s)	Cota (m)
0,00	724,00
0,74	725,00
0,74	729,45
8,50	731,21
15,09	732,00
20,11	733,00
24,10	734,00
28,52	734,50
57,86	735,50
104,05	736,50

Bombas

Volume a recalcar (m3)	N.º de bombas	Capacidade unitária (l/s)	Tempo de esvazamento (h)	Tempo de esvaziamento por gravidade (h)	Tempo total de esvaziamento (h)
26545	2	330	11,2	2,1	13,3

ANEXO D - Orçamento dos reservatórios de detenção

SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
Rua Butantã, 285 - 5º andar - Telefone 3814 9011 - CEP 05424-140 São Paulo/SP

DAEE

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO CUIDANDO DE GENTE

PROGRAMA DE COMBATE AS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAJUÇARA

PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS REFORMULADA DO RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO TPO-2/PORTUGUESINHA

DEO/DT-ENG.ª
RESERVATÓRIO: **TPO-2/Portuguesinha**
MUNICÍPIO: **Taboão da Serra**
CURSO D´ÁGUA: **Córrego Poá**
TEMPO DE DURAÇÃO DA OBRA: **18 meses**

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNID.	QTIDADE	PREÇOS UNITÁRIOS (R$)	TOTAL (R$)
01	Instalação do canteiro de obras	vb	1,00	98.250,00	98.250,00
02	Manutenção do canteiro	mês	18,00	3.860,00	69.480,00
03	Desmobilização do canteiro	vb	1,00	8.000,00	8.000,00
04	Limpeza do terreno c/ retirada de material p/ botafora	m²	44.588,10	0,26	11.592,91
05	Escavação mec.de solos 1ª, 2ª e 3ªcateg. Inclus. carga	m³	180.085,00	4,16	749.153,60
06	Escavação mec. de córrego	m³	7.674,00	4,16	31.923,84
07	Aterro compactado	m³	3.241,00	3,20	10.371,20
08	Transporte de materiais	m³.km	2.956.312,00	0,04	118.252,48
09	Escoramento com Estacas Prancha	m²	586,00	6,10	3.574,60
10	Base de rachão	m³	1.888,76	43,80	82.727,69
11	Lastro de brita	m³	3.227,80	39,60	127.820,88
12	Lastro de areia	m³	745,77	39,60	29.532,49
13	Lastro de concreto magro	m³	208,28	190,00	39.573,20
14	Formas (comum e para concreto aparente)	m²	13.237,30	28,20	373.291,86
15	Aço CA-50 - fornecimento e aplicação	kg	301.141,71	2,10	632.397,59
16	Concreto estrutural fck = 18 mpa	m³	1.047,71	208,00	217.923,68
17	Concreto estrutural fck = 20 mpa	m³	3.315,53	222,00	736.047,66
18	Concreto Projetado	m³	10,00	580,00	5.800,00
19	Concreto Ciclópico	m³	1.110,00	32,00	35.520,00
20	Concreto Rolado	m³	716,21	196,00	140.377,16
21	Parede Diafragma	m²	0,00	30,20	0,00
22	Gabiões Tipo Caixa	m³	175,13	125,00	21.891,25
23	Gabiões Tipo Manta - H = 17 cm	m²	11.029,76	56,20	619.872,51
24	Muro de Pedra Argamassada	m³	18,60	216,00	4.017,60
25	Plantio de grama - fornecimento e aplicação	m²	3.296,00	2,43	8.009,28
26	Manta Bidim OP-20 / 30	m²	4.835,62	8,80	42.553,46
27	Tubo dreno diam. 300 mm	m	837,00	30,80	25.779,60
28	Barbacans PVC diam. 50 mm	un	384,00	8,20	3.148,80
29	Fechamento com alambrado	m²	1.390,00	52,10	72.419,00
30	Cimbramento	m³	394,15	57,20	22.545,38
31	Casa de comando/Cabine medição/Casa do guarda (civil,elét. e hidrául.)	vb	1,00	38.100,00	38.100,00
32	Equipamentos eletromecânicos operados a distância (6 bombas de 330l/s)	vb	0,85	583.210,00	495.728,50
33	Cabine de medição, materiais e equip. elétricos - fornecimento e montagem	vb	1,00	50.100,00	50.100,00
	Remanejamento de Coletor Tronco SABESP				
34	Escavação Mecânica de Valas	m³	13.366,18	4,60	61.484,43
35	Escoramento Metálico-Madeira	m²	3.136,00	14,60	45.785,60
36	Lastro de Brita	m³	701,48	39,60	27.778,61
37	Forma Comum	m²	184,09	28,20	5.191,34
38	Aço CA-50 - fornecimento e aplicação	kg	5.065,00	2,10	10.636,50
39	Concreto estrutural fck = 20 mpa	m³	140,36	222,00	31.159,92
40	Aterro com Areia	m³	701,47	39,60	27.778,21
41	Aterro compactado	m³	11.957,76	3,20	38.264,83
42	Transporte de materiais	m³.km	26.732,36	0,04	1.069,29
43	Fornecimento e Assentamento de Tubos de Concreto A-3 800 mm	m	368,10	162,00	59.632,20
44	Fornecimento e Assentamento de Tubos de Concreto A-3 1000 mm	m	195,00	237,00	46.215,00
45	Rebaixamento de Lençol Freático, c/ ponteiras filtrantes	cj.dia	1.200,00	12,00	14.400,00
46	Construção de Poços de Visita	un	13,00	1.420,00	18.460,00

SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
Rua Butantã, 285 - 5º andar - Telefone 3814 9011 - CEP 05424-140 São Paulo/SP

PROGRAMA DE COMBATE AS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAJUÇARA
PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS REFORMULADA DO RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO TPO-2/PORTUGUESINHA

DEO/DT-ENG.ª
RESERVATÓRIO: **TPO-2/Portuguesinha**
MUNICÍPIO: **Taboão da Serra**
CURSO D´ÁGUA: **Córrego Poá**
TEMPO DE DURAÇÃO DA OBRA: **18 meses**

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNID.	QTIDADE	PREÇOS UNITÁRIOS (R$)	TOTAL (R$)
	Sistema Viário				
47	Aterro compactado	m³	1.485,00	3,20	4.752,00
48	Regularização de Sub-leito	m²	3.238,00	3,20	10.361,60
49	Sub-leito (CBR > 6%)	m³	1.295,20	15,20	19.687,04
50	Base de brita	m³	485,70	39,60	19.233,72
51	Aço CA-50 - fornecimento e aplicação	kg	16.315,07	2,10	34.261,65
52	Concreto estrutural fck = 20 mpa	m³	218,90	222,00	48.595,80
53	Imprimação Impermeabilizante	m²	2.199,50	1,80	3.959,10
54	Capa de Concreto Asfáltico	m³	109,98	260,00	28.594,80
55	Junta Plástica	m	205,00	14,00	2.870,00
56	Junta de Dilatação	m	34,40	42,00	1.444,80
57	Junta de Encontro com Estruturas	m	301,00	66,00	19.866,00
58	Fornecimento e Assentamento de Guias	m	1.129,00	26,80	30.257,20
59	Construção de Sarjetas	m³	38,43	48,20	1.852,33
60	Construção de Sarjetão	m³	3,36	48,20	161,95
61	Passeio em Concreto	m²	1.324,26	15,50	20.526,03
	Travessia sob a Rodovia				
62	Tunnel Liner ø 2700 mm	m	51,00	1.760,00	89.760,00
	SUB-TOTAL				**5.649.816,16**
63	Licenças e Relatórios de Acompanhamento Ambientais	vb	1,00	28.000,00	28.000,00
64	Acompanhamento técnico da obra (mínimo 3,5% do valor orçado)	vb	1,00	182.891,46	182.891,46
65	Controle tecnológico da obra (mínimo 1,0% do valor orçado)	vb	1,00	52.254,70	52.254,70
	TOTAL				**5.912.962,32**
	S E R V I Ç O S E X T R A S				
	RESERVATORIO RETENÇÃO				
66	Junta Fugenband	m³	415,58	48,05	19.968,62
67	Material fino granular	m³	502,20	38,92	19.545,62
68	Portão tubo/tela	m²	22,00	140,24	3.085,28
69	Canaleta diam. 0,50	m	584,00	30,08	17.566,72
70	Instalação e operação de sistema de esgotamento	hpxh	53.200,00	0,96	51.072,00
	REMANEJAMENTO COLETOR TRONCO SABESP				
71	Rachão	m³	227,30	43,80	9.955,74
72	Tunel diam. 1,40	m	80,00	1.600,36	128.028,80
73	Shaft diam. 2,50	m	33,00	1.907,93	62.961,69
74	Aço CA-60 - Tela Q 159	m²	311,70	6,55	2.041,64
75	Concreto Projetado	m³	31,17	580,00	18.078,60
	PAVIMENTAÇÃO				
76	Concreto magro	m³	82,99	190,00	15.768,10
77	Formas	m	1.290,90	28,20	36.403,38
78	Tela Aço Q 159	m²	975,00	6,55	6.386,25
79	Concreto Fck 35	m³	205,60	233,32	47.970,59
80	Tubo diam. 120	m	152,00	203,93	30.997,36
81	Tubo diam 80	m	27,00	109,52	2.957,04
82	Tubo diam 60	m	78,00	66,40	5.179,20
83	Poço de visita	und	4,00	1.896,89	7.587,56
84	Boca de lobo dupla	und	14,00	743,11	10.403,54
85	Imprimação Ligante	m³	1.651,50	1,33	2.196,50
86	Material fino granular	m³	15,05	38,92	585,75
87	Rachão	m³	456,40	43,80	19.990,29
	SUB-TOTAL DOS SERVIÇOS EXTRAS				**518.730,26**
	TOTAL GERAL				**6.431.692,58**

DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica	Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras
Medição 13	**Mês de Referência : Fevereiro / 00**
Serviço : Implantação do Reservatório de Retenção TPI-4 (Lote 2)	Data de Assinatura : 03/02/99
Bairro/Município : Taboão da Serra	Prazo Original em Meses : 12
Contrato nº : 99/22/00009.7	Valor Original : R$ 4.476.415,38
Data de Efetivação : 03/02/99	Aditamento Acumulado %: 16,73
Data Base : Setembro/98	Prazo Aditamento Meses :
Valor Aditado : R$ 748.899,88	Término Original :
Data do Último Aditamento : 19/11/99	Valor Total : R$ 5.225.315,26

Item	Serviço	Previsto em Contrato			
		Un	P. Unit.	Quantidade	Total (R$)
1	Instalação, manutenção e desmobilização do Canteiro de Obras	vb	120.000,00	1,00	120.000,00
2	Canalização (escoramento, escavação, aterro, reaterro, transporte, concreto, aço e formas), seção média 4m x 6m	m	500,00	400,00	200.000,00
3	Canal em Gabião tipo cx.(H=1,00) e colchão (escora, escav, aterro, reaterro,transporte, manta tipo Bidim OP-30),seção média 4mx6m	m³	78,00	14.210,00	1.108.380,00
4	Concreto Usinado fck 20 MPa (fornecimento e aplicação)	m³	139,02	500,00	69.510,00
5	Escavação Mecânica(de 1ª, 2ª e 3ª, inclusive explosivos) e carga do solo, até 7,00m, inclusive o canal	m³	6,06	180.000,00	1.090.800,00
6	Estrut. de Emboque e Desemboque (concr., aço, formas, escoramentos, escav., aterro, reaterro e transp.)	vb	58.650,00	1,00	58.650,00
7	Fornecimento de Areia e aplicação	m³	36,12	500,00	18.060,00
8	Fornecimento de Brita nº 2 e 3, Rachão ou Bica Corrida	m³	30,77	500,00	15.385,00
9	Fornecimento de Cimento e aplicação	kg	0,14	50.000,00	7.000,00
10	Fornecimento de Guias e Sarjetas, com aplicação	m	25,50	1.000,00	25.500,00
11	Fornecimento de Tubo de Concreto de até ø 1500mm (incl. Escav., aterro, reaterro, Transp. e escoramento)	m	113,90	500,00	56.950,00
12	Grades para Retenção de Lixo, incl. Instalação	vb	28.985,00	1,00	28.985,00
13	Muro de Concreto, instalado.	vb	34.000,00	1,00	34.000,00
14	Casa de manutenção e vigilância- incl. Hidráulica e elétrica	m²	289,00	70,00	20.230,00
15	Macadame Hidráulico, aplicado	m³	52,70	500,00	26.350,00
16	Manta Geotextil OP 30, aplicada	m²	4,08	1.000,00	4.080,00
17	Rede de Eletricidade (incluindo todos serviços e materiais, necessários ao reservatório).	vb	28.900,00	1,00	28.900,00
18	Remoção e Realocação de Habitações	un	3.400,00	20,00	68.000,00
19	Transporte de Material até 15km, inclusive o canal	m³/km	0,41	2.700.000,00	1.107.000,00
20	Tubos de PVC ø 200mm, aplicado	m	10,63	500,00	5.315,00
21	Tubos de PVC ø 50mm	m	3,49	500,00	1745,00
22	Contenção de Solo até 7,00m de profundidade	m²	127,29	500,00	63.645,00
23	Remoção de Interferências	vb	19.550,00	1,00	19.550,00
24	Área Verde	vb	8.500,00	1,00	8.500,00
25	Fornecimento de grama em placas	m²	3,09	5.582,00	17.248,38
26	Sinalização horizontal	m²	20,40	80,00	1632,00
27	Execução e adequação de Drenagem local	vb	17.000,00	1,00	17.000,00
28	Detalhamento do Projeto	vb	127.000,00	1,00	127.000,00
29	Acompanhamento Técnico da Obra	vb	127.000,00	1,00	127.000,00
30	Eq. Eletrom. E Eletron. (incluso 3 conj. moto-bomba, monitor., software, CLP, etc.)	vb	575.885,00	1,00	575.885,00
31	Casa de Bombas	m²	289,00	69,85	20.186,65
32	Pavimentação de manutenção e acesso, incluindo pavimentação, galeria de Drenagem sob a mesma, canaletas e drenos, além de alambrados/grades de fechamento do reservatório.	vb	152.828,23	1,00	152.828,23
	TOTAL GERAL				5.225.315,26

SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
Rua Butantã, 285 - 5º andar - Telefone 3814 9011 - CEP 05424-140 São Paulo/SP

PROGRAMA DE COMBATE ÀS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PIRAJUÇARA
PLANILHA COMPARATIVA DE QUANTIDADES DO RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO TPI-2a/CPTM

DEO/DT-ENGENHARIA — MUNICÍPIO: **São Paulo**
CURSO DÁGUA: **Córrego Pirajuçara** — TEMPO DE DURAÇÃO DA OBRA: **12 meses**
RESERVATÓRIO : **TPI-2a/CPTM** — DATA BASE: **Março de 2002**

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UN.	CONTRATO			SAENGE		DAEE	
			QTDADE	PREÇO UNITÁRIO (R$)	TOTAL (R$)	QTDADE	TOTAL (R$)	QTDADE	TOTAL (R$)
1	Instalação do canteiro de obras	vb	1,00	180.000,00	180.000,00	**1,00**	180.000,00	**1,00**	180.000,00
2	Manutenção de canteiro	mês	10,00	10.000,00	100.000,00	**10,00**	100.000,00	**10,00**	100.000,00
3	Desmobilização do canteiro	vb	1,00	15.000,00	15.000,00	**1,00**	15.000,00	**1,00**	15.000,00
4	Serviços preliminares, limpeza do terreno com retirada de material para bota-fora e remoção de interferências	vb	1,00	29.000,00	29.000,00	**1,00**	29.000,00	**1,00**	29.000,00
5	Escavação mecânica de materiais de 1ª e 2ª categorias, inclusive carga	m³	234.406,36	2,35	550.854,95	**219.871,45**	516.697,91	**234.406,36**	550.854,95
6	Escavação de material brejoso	m³	11.604,00	2,80	32.491,20	**15.634,00**	43.775,20	**11.604,00**	32.491,20
7	Aterro compactado	m³	17.586,58	2,35	41.328,46	**17.586,58**	41.328,46	**17.586,58**	41.328,46
8	Transporte de materiais de 1ª e 2ª categorias e despesas com bota-fora (até 22 km)	m³xkm	4.182.176,12	0,19	794.613,46	**3.922.850,59**	745.341,61	**4.182.176,12**	794.613,46
9	Transporte de materiais de aterro (até 15 km)	m³xkm	193.352,08	0,19	36.736,90	**386.904,76**	73.511,90	**193.352,08**	36.736,90
10	Brocas de concreto armado Ø 0,20m	m	36,00	20,00	720,00	**36,00**	720,00	**36,00**	720,00
11	Estacas pré-moldadas concreto p/ 20ton	m	52,00	35,00	1.820,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
12	Estacas pré-moldadas concreto para 50/80 ton. - fornecimento e cravação	m	200,00	40,00	8.000,00	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
13	Estacas metálicas para escoramento	m	714,00	25,00	17.850,00	**714,00**	17.850,00	**714,00**	17.850,00
17	Estaca raiz Ø 0,31m	m	200,00	80,00	16.000,00	**300,00**	24.000,00	**300,00**	24.000,00
18	Fornecimento e aplicação de base de rachão	m³	7.896,41	25,00	197.410,25	**13.500,00**	337.500,00	**8.976,00**	224.400,00
19	Fornecimento e aplicação de bica corrida	m³	2.233,99	25,00	55.849,75	**4.100,00**	102.500,00	**2.987,00**	74.675,00
20	Fornecimento e aplicação de areia	m³	966,41	25,00	24.160,25	**3.950,00**	98.750,00	**2.987,00**	74.675,00
22	Tubo PVC Ø 2" perfurado	m	1.624,30	10,00	16.243,00	**1.624,30**	16.243,00	**1.624,30**	16.243,00
24	Tubo dreno perfurado Ø 4"	m	4.689,70	16,00	75.035,20	**5.420,00**	86.720,00	**4.689,70**	75.035,20
25	Meia cana de tubo PVC Ø 4"	m	21.280,30	1,00	21.280,30	**21.280,30**	21.280,30	**21.280,30**	21.280,30
26	Fornecimento assentamento e rejunte de canaleta meia cana de concreto Ø 0,60	m	3.697,00	50,00	184.850,00	**3.697,00**	184.850,00	**3.697,00**	184.850,00
27	Brita 1 e 2 para dreno	m³	1.478,80	25,00	36.970,00	**1.478,80**	36.970,00	**1.478,80**	36.970,00
28	Perfuração de dreno sub-horizontal 4"	m	1.262,50	130,00	164.125,00	**2.600,00**	338.000,00	**2.300,00**	299.000,00
29	Lastro de concreto magro (fck 9 Mpa)	m³	1.351,43	120,00	162.171,60	**1.351,43**	162.171,60	**1.351,43**	162.171,60
30	Concreto fck 18 Mpa - fornecimento e aplicação	m³	77,22	130,00	10.038,60	**77,22**	10.038,60	**77,22**	10.038,60
31	Concreto fck 20 Mpa – fornecimento e aplicação	m³	5.280,41	135,00	712.855,35	**3.473,00**	468.855,00	**3.473,00**	468.855,00
32	Concreto fck 30 Mpa - fornecimento e aplicação	m³	597,31	250,00	149.327,50	**1.972,70**	493.175,00	**1.972,70**	493.175,00
33	Escoramento / Cimbramento	m³	816,19	19,00	15.507,61	**816,19**	15.507,61	**816,19**	15.507,61
34	Escoramento de vala com pranchões de madeira	m²	63,90	80,00	5.112,00	**63,90**	5.112,00	**63,90**	5.112,00
35	Formas – fornecimento e aplicação (comum e para concreto aparente)	m²	13.235,65	1,00	13.235,65	**1.579,02**	1.579,02	**7.323,10**	7.323,10
36	Formas metálicas para pré-moldados	m²	211,91	24,82	5.259,61	**2.046,94**	50.805,05	**3.000,00**	74.460,00
37	Aparelho de apoio de Neoprene fretado	m³	28,20	68,71	1.937,62	**14,00**	961,94	**14,00**	961,94
38	Aço CA-50 - fonrecimento e aplicação	kg	577.840,17	1,15	664.516,20	**321.655,40**	369.903,71	**365.930,03**	420.819,53
39	Manta geotêxtil tipo Bidim OP-20/30 ou similar	m²	20.713,86	3,92	81.198,33	**20.713,86**	81.198,33	**20.713,86**	81.198,33
40	Barra de aço CA-50A Ø 20 mm (dobra e aplicação)	kg	5.428,75	2,01	10.911,79	**25.428,00**	51.110,28	**25.428,00**	51.110,28
41	Grampo de fixação aço CA-50A Ø 8mm (dobra e aplicação)	kg	1.712,74	1,68	2.877,40	**1.713,23**	2.878,23	**1.713,23**	2.878,23
42	Concreto projetado	m³	218,16	560,00	122.169,60	**351,03**	196.576,80	**351,03**	196.576,80
43	Junta fungenband O-22	m²	897,00	66,16	59.345,52	**897,00**	59.345,52	**897,00**	59.345,52
46	Imprimação	m	757,53	1,56	1.181,75	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
47	Fornecimento e aplicação de CBUQ	m²	109,20	237,31	25.914,25	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
48	Fornecimento e plantio de grama em placas	m²	4.932,52	2,35	11.591,42	**3.524,97**	8.283,68	**3.525,00**	8.283,75
49	Quadras poliesportivas	m²	1.296,00	10,00	12.960,00	**1.296,00**	12.960,00	**1.296,00**	12.960,00
52	Gradil metálico tipo orsometal	m²	985,27	139,84	137.780,16	**985,27**	137.780,16	**985,27**	137.780,16
53	Portão 4,00X2,50 tipo orsometal	un	2,00	3.132,41	6.264,82	**2,00**	6.264,82	**2,00**	6.264,82
54	Portão 2.00x2,50 tipo orsometal	un	1,00	1.566,20	1.566,20	**1,00**	1.566,20	**1,00**	1.566,20
56	Paisagismo e urbanismo	vb	1,00	11.200,00	11.200,00	**1,00**	11.200,00	**1,00**	11.200,00
57	Cabine primária, sanitário e casa de vigilância	m²	133,38	322,00	42.948,36	**133,38**	42.948,36	**133,38**	42.948,36
58	Equipamentos eletro-eletrônicos e mecânicos operados a distância, inclusive instalação, 06 bombas de 350 l/s, CLP, software. monitoramento. medidores de nivel, comportas, instalação de piezômetros tipo Casagrande, incluindo caixas de proteção, pluviômetro e régua de medição, telefone fixo, etc	vb	1,00	800.000,00	800.000,00	**0,63**	500.000,00	**0,75**	600.000,00
59	Iluminação externa do reservatório	vb	1,00	45.298,94	45.298,94	**1,00**	45.298,94	**1,00**	45.298,94
60	Fornecimento e assentamento de gabiões tipo caixa	m³	220,96	145,05	32.050,25	**0,00**	0,00	**0,00**	0,00
65	Instalações Elétricas	vb	1,00	45.000,00	45.000,00	**1,00**	45.000,00	**1,00**	45.000,00
66	Instalações Hidráulicas	vb	1,00	40.000,00	40.000,00	**1,00**	40.000,00	**1,00**	40.000,00
67	Licenças e Relatórios de Acompanhamento Ambientais	vb	1,00	40.000,00	40.000,00	**1,00**	40.000,00	**1,00**	40.000,00
68	Acompanhamento técnico da obra (mínimo 2,5% do sub-total do valor orçado)	vb	1,00	145.763,98	145.763,98	**1,00**	145.763,98	**1,00**	145.763,98
69	Controle tecnológico da obra (mínimo 1% do sub-total do valor orçado)	vb	1,00	58.305,59	58.305,59	**1,00**	58.305,59	**1,00**	58.305,59
TOTAL				**6.074.628,81**		**6.074.628,81**		**6.074.628,81**	

Quantidades Mantidas
Quantidades Aumentadas
Quantidades Reduzidas

SECRETARIA DE ESTADO DE ENERGIA, RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
Rua Butantã, 285 - 5º andar - Telefone 3814 9011 - CEP 05424-140 São Paulo/SP

PROGRAMA DE COMBATE AS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICAS DO CÓRREGO PIRAJUÇARA
PLANILHA DE QUANTIDADES E PREÇOS REFORMULADA, DO RESERVATÓRIO DE RETENÇÃO TPI-7/ELISEU DE ALMEIDA

DEO/DT-ENG.ª
RESERVATÓRIO: **TPI-7/Eliseu de Almeida**
MUNICÍPIO: **São Paulo**
CURSO D´ÁGUA: **Córrego Pirajuçara**
TEMPO DE DURAÇÃO DA OBRA: **10 meses**

ITEM	ESPECIFICAÇÃO	UNID.	QTIDADE	PREÇOS UNITÁRIOS (R$)	TOTAL (R$)
1	Instalação do canteiro de obras	vb	1,00	150.000,00	150.000,00
2	Manutenção de canteiro	mês	10,00	4.000,00	40.000,00
3	Desmobilização do canteiro	vb	1,00	10.000,00	10.000,00
4	Serviços preliminares, limpeza do terreno com retirada de material para bota-fora e remoção de interferências	vb	1,00	170.000,00	170.000,00
5	Demolição em Alvenaria	m³	1.120,00	85,00	95.200,00
6	Demolição em Concreto	m³	920,00	128,00	117.760,00
7	Escavação mecânica de materiais de 1ª e 2ª categorias, inclusive carga	m³	115.404,77	5,50	634.726,24
8	Escavação em rocha a fogo	m³	12.611,07	26,00	327.887,82
9	Transporte de materiais de 1ª e 2ª categorias e despesas com bota-fora (15 km ida e volta)	m³.km	1.945.237,51	0,08	155.619,00
10	Aterro compactado (troca do solo - fundações de muros)	m³	3.000,00	4,10	12.300,00
11	Escavação na área de empréstimo (jazida)	m³	400,00	8,80	3.520,00
12	Transporte de materiais de aterro (até 25 km - jazida)	m³.km	10.000,00	0,40	4.000,00
13	Areia média a grossa - Fornecimento e aplicação (inclusive para os pisos do fundo do reservatório)	m³	1.192,00	39,00	46.488,00
14	Brita graduada -Fornecimento e aplicação	m³	936,00	38,00	35.568,00
15	Brita 1 e 2 -Fornecimento e aplicação	m³	300,00	44,00	13.200,00
16	Pedrisco - Fornecimento e aplicação (Fundo)	m³	50,00	48,00	2.400,00
17	Lastro de concreto magro (e=0,05m)	m³	125,00	122,00	15.250,00
18	Formas - fornecimento e aplicação	m²	5.324,85	21,40	113.951,79
19	Aço CA-50 - fornecimento e aplicação (Taxa 120kg/m3 - para todas as estruturas, exceto parede diafragma)	kg	180.795,00	1,30	235.033,50
20	Concreto fck = 25 MPa - fornecimento e aplicação (para todas as estruturas exceto parede diafragma)	m³	1.726,29	129,00	222.691,41
21	Concreto projetado - Fornecimento e aplicação inclusive chumbadores envoltos em calda de cimento (armado c/ tela de aço)	m²	4.642,85	50,00	232.142,50
22	Concreto fck = 20 MPa (fornecimento e aplicação)	m³	369,00	128,00	47.232,00
23	Cimbramento	m³	1.460,00	20,00	29.200,00
24	Parede diafragma e=0,60m moldada "in loco" (inclui concreto, armadura - Taxa 120Kg/m3 e execução - reservatório)	m³	0,00	520,00	0,00
25	Parede diafragma e=0,50m moldada "in loco" (inclui concreto, armadura - Taxa 120Kg/m3 e execução - estrutura de entrada)	m³	1.896,42	620,00	1.175.780,40
26	Tirante permanente T < 50 tf, (incluindo mão de obra, perfurações, materiais, proteção contra corrosão tipo classe 1, instalação e ensaios) - em solo	m	0,00	135,00	0,00
27	Tirante permanente T > 50 tf, (incluindo mão de obra, perfurações, materiais, proteção contra corrosão tipo classe 1, instalação e ensaios) - em solo	m	6.384,00	145,00	925.680,00
28	Tirante permanente T > 50 tf, (incluindo mão de obra, perfurações, materiais, proteção contra corrosão tipo classe 1, instalação e ensaios) - em rocha	m	2.938,39	432,00	1.269.382,44
29	Tirante provisório T < 50 tf, (incluindo mão de obra, perfurações, materiais, proteção contra corrosão, instalação e ensaios) - em solo	m	0,00	100,00	0,00
30	Gabião tipo colchão e=0,17m(fornecimento, assentamento e revestimento com argamassa e=0,05m)	m²	5.374,00	94,75	509.186,50
31	Estaca tipo raiz ø 0,31m - materiais e serviços (nas paredes) em rocha	m	394,00	147,00	57.918,00
32	Estaca tipo raiz ø 0,36m - materiais e serviços (nos muros e paredes) em rocha	m	1.100,00	150,00	165.000,00
33	Estaca tipo raiz ø 0,41m - materiais e serviços (nos muros e escada) em solo	m	1.258,00	145,00	182.410,00
34	Dreno horizontal profundo (tubo de PVC ø 3", envolto em tela de nylon malha 100, 2 voltas) - fornecimento e aplicação	m	400,00	106,00	42.400,00
35	Manta geotêxtil não tecida de gramatura 300gr/m2	m²	5.850,00	4,16	24.336,00
36	Piso intertravado - Fornecimento e aplicação (e=0,10m) - inclui somento o piso	m²	1.669,00	24,00	40.056,00
37	Paralelepípedo - Fornecimento e aplicação (e=0,15m) - inclui somente o piso	m²	1.440,00	22,00	31.680,00
38	Cabine primária, casa de comando e guaritas (obras civis)	vb	1,00	40.000,00	40.000,00
39	Equipamentos eletro-eletrônicos e mecânicos operados à distância, inclusive instalação, 5 bombas submersiveis de 370 l/s, CLP, software, monitoramento, medidores de nível, pluviômetro, régua e telefone fixo, etc.	vb	1,00	500.000,00	500.000,00
40	Quadras poliesportivas - completas (2UN.) e quadras de Street Ball - completas (2UN.)	m²	1.616,00	28,40	45.894,40
41	Tubos de PVC ø 4" - Fornecimento e aplicação para barbacãs	un	588,00	5,60	3.292,80
42	Árvores - Fornecimento e plantio (porte=2,50m)	un	15,00	80,00	1.200,00
43	Guia pré-fabricada de concreto - Fornecimento e assentamento - Fck=18 MPa, tipo "PMSP"	m	130,00	42,00	5.460,00
44	Instalação de piezômetros tipo Casagrande, incluindo caixas de proteção	m	100,00	78,00	7.800,00
45	Casa de bombas e grade de lixo (entrada) - Gradeamento p/ retenção de resíduos sólidos, "inserts", grades de piso metalgrade 40x4 malha 30x100 e estrutura metálica da talha	vb	1,00	70.000,00	70.000,00
46	Monitoramento e ensaios geotécnicos (medidores de recalque, fotos e acompanhamento / ensaios nos solos)	vb	1,00	24.000,00	24.000,00
47	Grama em placas - Fornecimento e plantio	m²	1.245,00	4,60	5.727,00
48	Alambrado e portões (H=2,10m)	m²	1.963,00	42,00	82.446,00
49	Bancos e mesas para jogo em concreto	vb	1,00	30.000,00	30.000,00
50	Guarda corpo tubular - h=1,20m	m	120,00	30,00	3.600,00
51	Defensa metálica	m	50,00	120,00	6.000,00
52	Licenças e Relatórios de Acompanhamento Ambientais	vb	1,00	32.000,00	32.000,00
53	Acompanhamento técnico da obra (mínimo2,5% do sub-total do valor orçado)	vb	1,00	199.085,50	199.085,50
54	Controle tecnológico da obra (mínimo 1,0% do sub-total do valor orçado)	vb	1,00	79.634,20	79.634,20
	TOTAL				**8.274.139,50**

DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica
Medição nº : 14

Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras
Mês de Referência : junho / 00
Período : 01/06/00 à 30/06/00
Obra : Execução das Obras para Implantação do Reservatório de Retenção TPI-2

DT - ENGENHARIA
BOLETIM DE MEDIÇÃO

Bairro/Município : Emiou das Artes / SP
Contrato nº : 99/22/00039.5
Data de Assinatura : 11/05/99
Data Base : Maio/99
Valor Aditado Acumulado :R$ 1.006.790,61
Data do Último Aditamento : 29/05/00
Valor Total : R$ 6.900.535,91

Contratada : Construtora GOMES LOURENÇO Ltda.
Prazo Contratual em Meses : 14
Valor Contratual Estimativo : R$ 6.900.535,91
Aditamento Acumulado % : 17,08
Prazo Aditamento Dias : 60

Processo nº : 47.941 - DAEE
Término Original : 10/05/2000

Pág. 1/2

Data : 15/06/00

Fiscal : ELIAS GERALDO BEREZUSCHY - Pront. 2498

Código	Descrição	Previsto em Contrato				Medição : Junho / 00		Acumulado junho / 00		
		Un	P. Unit.	Quantidade	Total (R$)	Quantidade	Total (R$)	Quantidade	Total (R$)	% Exec.
	Instalação, manutenção e desmobilização do Canteiro de Obras	vb	181.500,00	1,00	181.500,00	0,00	0,00	0,98	179.685,00	99,00%
	Serviços preliminares (Limpeza, aterros, reaterros, remoção de interferências, acessos, demolições e outros)	vb	18.150,00	1,00	18.150,00	0,00	0,00	1,00	18.150,00	100,00%
	Escavação mecânica e/ou manual prof. até 8m (1ª, 2ª e 3ª categoria inclusive explosivos)	m³	2,85	231.664,00	660.242,40	0,00	0,00	231.568,48	659.970,16	99,96%
	Transporte de material de 1ª, 2ª e 3ª categorias inclusive despesas com bota fora	m³xkm	0,53	2.779.968,00	1.473.383,04	0,00	0,00	2.778.821,76	1.472.775,53	99,96%
	Agulhamento de talude do reservatório (75x75cm)	m²	318,46	5.350,00	1.703.707,50	0,00	0,00	5.301,24	1.688.179,87	99,09%
	Escoramento descontínuo, com reaproveitamento	m²	6,95	1.600,00	11.120,00	0,00	0,00	1.600,00	11.120,00	100,00%
	Aterro e reaterro compactado	m³	4,02	11.839,77	47.596,87	0,00	0,00	10.671,23	42.898,34	90,13%
	Comporta controlada, tomada d'água (aduelas 2mx2mx35m) e bóia, inclusive parte civil e mecânica	vb	63.005,00	1,00	63.005,00	0,00	0,00	1,00	63.005,00	100,00%
	Canal de obturação com seção variável (aço, concreto e forma) com soleira partidora, inclusive sistema de drenagem / PIRAJUSSARA	vb	30.250,00	1,00	30.250,00	0,00	0,00	1,00	30.250,00	100,00%
	Canal de obturação com seção variável (aço, concreto e forma) com soleira partidora, inclusive sistema de drenagem / AFLUENTE	vb	18.160,00	1,00	18.160,00	0,00	0,00	1,00	18.160,00	100,00%
	Dois vertedores (aço, concreto, forma e escoramento), inclusive muros de ala e drenagem	vb	136.367,00	1,00	136.367,00	0,00	0,00	1,00	136.367,00	100,00%
	Fornecimento e aplicação de gabiões tipo caixa	m³	178,97	4.000,00	715.880,00	0,00	0,00	5.997,00	1.073.283,09	149,93%
	Pilares ø 60cm, h = 7m sobre bloco triangular com 3 estacas Strauss ø 65cm L = 10m (aço, concreto e forma), fornec. e aplicação	vb	190.706,95	1,00	190.706,95	0,00	0,00	1,00	190.706,95	100,00%
	Fornecimento e aplicação brita 2, 3, rachão ou bica corrida	m³	30,52	6.000,00	183.120,00	0,00	0,00	6.000,00	183.120,00	100,00%
	Fornecimento e aplicação de guias e sarjetas	m	22,29	314,00	6.999,06	0,00	0,00	314,00	6.999,06	100,00%
	SUB-TOTAL				5.440.176,82		-		5.394.660,00	

ICHIRO KASUGA
Pront.º 5434

DIOGENES EDUARDO DE CAMPOS
Pront.º 6172

CONSTRUTORA GOMES LOURENÇO LTDA

DAEE-Departamento de Águas e Energia Elétrica
Medição nº : 14

Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras
Mês de Referência : junho / 00 — Período : 01/06/00 à 30/06/00
Obra : Execução das Obras para Implantação do Reservatório de Retenção TPI-2

DT - ENGENHARIA
BOLETIM DE MEDIÇÃO

Bairro/Município : Embú das Artes / SP
Contrato nº : 99/22/00039 5
Data de Assinatura : 11/05/99
Data Base : Maio/99
Valor Aditado Acumulado :R$ 1.006.790,81
Data do Último Aditamento : 29/05/00
Valor Total : R$ 6.900.535,91

Contratada : Construtora GOMES LOURENÇO Ltda.
Prazo Contratual em Meses : 14
Valor Contratual Estimativo : R$ 6.900.535,91
Aditamento Acumulado % : 17,08
Prazo Aditamento Dias : 60

Processo nº : 47.941 - DAEE
Término Original : 10/05/2000

Pág. 2/2
Data : 15/08/00

Fiscal : ELIAS GERALDO BEREZUSCHY - Pront. 2498

Codigo	Descrição	Previsto em Contrato				Medição : junho / 00		Acumulado junho / 00		
		Un	P. Unit.	Quantidade	Total (R$)	Quantidade	Total (R$)	Quantidade	Total (R$)	% Exec.
	Grades e/ou pilaretes de concreto para retenção de lixo	vb	35.160,57	1,00	35.160,57	0,00	0,00	1,00	35.160,57	100,00%
	Muro de fechamento h = 1,80m	m	56,52	195,00	11.021,40	0,00	0,00	164,90	9.320,14	84,56%
	Casa de manutenção e vigilância (64m²)	vb	23.232,00	1,00	23.232,00	0,00	0,00	0,93	21.605,76	93,00%
	Revestimento de concreto asfáltico (fornecimento e aplicação)	m²	137,27	70,00	9.608,90	0,00	0,00	51,00	7.000,77	72,85%
	Fornecimento e aplicação de tubo de PVC ø 200mm	m	30,50	500,00	15.250,00	0,00	0,00	427,90	13.050,95	85,58%
	Piso cimentado para calçada - largura 1m	m²	20,05	600,00	12.030,00	0,00	0,00	498,75	9.999,93	83,12%
	Defensas metálicas - fornecimento e instalação	m	78,52	260,00	20.415,20	0,00	0,00	260,00	20.415,20	100,00%
	Sinalização horizontal	m²	31,46	100,00	3.146,00	0,00	0,00	100,00	3.146,00	100,00%
	Boca de lobo simples com tampa de concreto	pç	259,73	10,00	2.597,30	0,00	0,00	10,00	2.597,30	100,00%
	Instalações elétricas	vb	12.100,00	1,00	12.100,00	0,00	0,00	0,71	8.591,00	71,00%
	Execução e adequação da drenagem local	vb	8.579,05	1,00	8.579,05	0,00	0,00	1,00	8.579,05	100,00%
	Detalhamento de projeto	vb	174.427,86	1,00	174.427,86	0,00	0,00	1,00	174.427,86	100,00%
	Acompanhamento técnico da obra	vb	128.000,00	1,00	128.000,00	0,00	0,00	0,99	124.740,00	98,00%
	Casa de bombas	vb	49.292,88	1,00	49.292,88	0,00	0,00	1,00	49.292,88	100,00%
	Cabine de medição	vb	57.500,00	1,00	57.500,00	0,00	0,00	0,92	52.900,00	92,00%
	Equipamentos eletromecânicos operados a distância (04 bombas submersíveis de 330l/s)	vb	275.187,35	1,00	275.187,35	0,27	74.300,58	0,76	209.142,38	76,00%
	Monitoramento por computador	vb	302.310,58	1,00	302.310,58	0,05	15.115,52	0,94	284.171,92	94,00%
	Gradil tipo METRÔ (h=2m)	m²	105,00	500,00	52.500,00	0,00	0,00	500,00	52.500,00	100,00%
	Implantação de canal em gabião	m³	135,00	2.000,00	270.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%
	SUB-TOTAL				1.450.359,09		89.416,10		1.088.641,53	
	TOTAL				6.900.535,91		89.416,10		6.881.301,63	99,43%

ICHIRO KASUGA
Pront.º 5434

DIOGENES EDUARDO DE CAMPOS
Pront.º 6172

CONSTRUTORA GOMES LOURENÇO LTDA

SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DEO-DIRETORIA DE ENGENHARIA E OBRAS
Rua Boa Vista, 170 - 11º andar - Telefone 3293-8200 - CEP 01014-000 - Centro- São Paulo - SP
www.daee.sp.gov.br

BOLETIM DE MEDICAO - 28 - FINAL

DEO - Diretoria de Engenharia e Obras/DT-Engenharia
Serviço : Reservatório de Retenção RPI-6/SHARP
Contratada: DP Barros Arquitetura e Construção Ltda.
Município : São Paulo - S.P.
Contrato nº : 2007/22/00084.0
Data de Assinatura: 11/07/2007
Data de Efetivação: 17/07/2007
Data Base : Maio/2007
Valor Original: R$ 26.593.368,44

Prazo em Meses : 27
Valor do Contrato: R$ 26.593.368,44
Valor Aditado : R$ 6.595.137,35
Valor c/ aditivo : R$ 33.188.505,79
Término com Aditamento: 17/07/2009
Processo Pagamento nº : 50.176-Prov. 08 - DAEE

Data: 04.11.09
Período de Medição: 01.10.09 à 17.10.09

Fiscal: Engº Ney Meyer Pront. 7354

ITEM	SERVIÇO	UN.	PREVISTO EM CONTRATO			MEDIÇÃO DE OUTUBRO/09		ACUMULADOS EM OUTUBRO/09		
			PREÇO UNITÁRIO (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	PERCENTUAL EXECUTADO (%)
1	Instalação do Canteiro de Serviços	vb	248.291,00	1,00	248.291,00	0,00	0,00	1,00	248.291,00	100,00%
2	Manutenção do Canteiro de Obras	mês	5.172,75	24,00	124.146,00	0,00	0,00	24,00	124.146,00	100,00%
3	Desmobilização do Canteiro de Obras	vb	124.146,00	1,00	124.146,00	1,00	124.146,00	1,00	124.146,00	100,00%
4	Limpeza do terreno c/ retirada de material p/ botafora e remoção de interferências	m²	5,40	73.320,00	395.928,00	0,00	0,00	73.320,00	395.928,00	100,00%
5	Aço CA-50 (corte, dobra e montagem) fornecimento e aplicação - 8 mm	kg	3,40	576.016,92	1.958.457,53	0,00	0,00	576.016,92	1.958.457,53	100,00%
6	Areia fornecimento e aplicação	m³	83,00	392,00	32.536,00	0,00	0,00	392,00	32.536,00	100,00%
7	Aterro compactado (solo em local)	m³	1,65	12.767,00	21.065,55	0,00	0,00	12.767,00	21.065,55	100,00%
8	Aterro compactado (solo importado de jazida)	m³	1,65	25.471,00	42.027,15	0,00	0,00	25.471,00	42.027,15	100,00%
9	Barbacans PVC diam. 50 mm - L=0,40 m	und	11,00	385,00	4.235,00	0,00	0,00	385,00	4.235,00	100,00%
10	Barbacans PVC diam. 50 mm - L=1,0 a 1,20 m	und	8,00	942,00	7.536,00	0,00	0,00	942,00	7.536,00	100,00%
11	Barbacans PVC diam. 50 mm - L=1,4 a 1,80 m	und	14,00	702,00	9.828,00	0,00	0,00	702,00	9.828,00	100,00%
12	Base de rachão - fornecimento e aplicação	m³	34,10	23.472,00	800.395,20	0,00	0,00	23.472,00	800.395,20	100,00%
13	Brita Graduada - fornecimento e aplicação	m³	41,70	8.215,20	342.573,84	0,00	0,00	8.215,20	342.573,84	100,00%
14	Carga material decantado	m³	0,80	32.871,00	26.296,80	0,00	0,00	32.871,00	26.296,80	100,00%
15	Casa de comando/cabine de medição/casa de guarda (civil e hidraulica e caixa para limpeza de casa de bombas)	vb	80.000,00	1,00	80.000,00	0,00	0,00	1,00	80.000,00	100,00%
16	Chumbadores - aço Ø 1" envoltos em calda de cimento	m	3,70	10.159,00	37.588,30	0,00	0,00	10.159,00	37.588,30	100,00%
17	Cimbramento tubular desmontavel, para galeria	m³	40,00	322,00	12.880,00	0,00	0,00	322,00	12.880,00	100,00%
18	Concreto estrutural dosado em central, fck 20 mpa - fornecimento e aplicação	m³	207,00	6.885,00	1.425.195,00	0,00	0,00	6.885,00	1.425.195,00	100,00%

SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DEO-DIRETORIA DE ENGENHARIA E OBRAS
Rua Boa Vista, 170 - 11º andar - Telefone 3293-8200 - CEP 01014-000 - Centro- São Paulo - SP
www.daee.sp.gov.br

DEO - Diretoria de Engenharia e Obras/DT-Engenharia
Serviço : Reservatório de Retenção RPI-6/SHARP
Contratada: DP Barros Arquitetura e Construção Ltda.
Município : São Paulo - S.P.
Contrato nº : 2007/22/00084.0
Data de Assinatura: 11/07/2007
Data de Efetivação: 17/07/2007
Data Base : Maio/2007
Valor Original: R$ 26.593.368,44

BOLETIM DE MEDICAO - 28 - FINAL

Prazo em Meses : 27
Valor do Contrato: R$ 26.593.368,44
Valor Aditado : R$ 6.595.137,35
Valor c/ aditivo : R$ 33.188.505,79
Término com Aditamento: 17/07/2009
Processo Pagamento nº : 50.176-Prov. 08 - DAEE

Data: 04.11.09
Período de Medição: 01.10.09 à 17.10.09

Fiscal: Engº Ney Meyer Pront. 7354

ITEM	SERVIÇO	UN.	PREVISTO EM CONTRATO			MEDIÇÃO DE OUTUBRO/09		ACUMULADOS EM OUTUBRO/09		
			PREÇO UNITÁRIO (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	PERCENTUAL EXECUTADO (%)
19	Concreto magro fck 10 mpa - fornecimento e aplicação	m³	190,00	242,00	45.980,00	0,00	0,00	242,00	45.980,00	100,00%
20	Concreto rolado - fornecimento e aplicação	m³	97,00	6.137,51	595.338,47	3.682,30	357.183,10	6.137,30	595.318,10	0,00%
21	Cubiculo central de medição - CCM	vb	80.000,00	1,00	80.000,00	0,00	0,00	1,00	80.000,00	100,00%
22	Demolição de concreto armado	m³	150,00	21.765,78	3.264.867,00	0,00	0,00	21.765,78	3.264.867,00	100,00%
23	Dreno brita 2 (fornecimento e aplicação)	m³	100,00	88,00	8.800,00	0,00	0,00	88,00	8.800,00	100,00%
24	Dreno horizontal profundo (tubo de PVC f =2" , tela de nylon malha 100 ,2 voltas)	m	21,00	1.783,00	37.443,00	0,00	0,00	1.783,00	37.443,00	100,00%
25	Eletrodutos, caixas de passagem, quadro de iluminação e cabos de energia	vb	190.000,00	1,00	190.000,00	0,00	0,00	1,00	190.000,00	100,00%
26	Entrada de energia (transformador , poste, para-raio e chave)	vb	190.000,00	1,00	190.000,00	0,00	0,00	1,00	190.000,00	100,00%
27	Equipamentos eletromecanicos operados a distancia (6 bombas de 800 l/s) incluindo CLP, software, interligação com o CCO ou CTH-USP,	vb	1.500.000,00	0,80	1.200.000,00	0,00	0,00	0,80	1.200.000,00	100,00%
28	Escavação e carga de material brejoso (drag-line)	m³	6,00	32.871,00	197.226,00	0,00	0,00	32.871,00	197.226,00	100,00%
29	Escavação mecanica de materiais de 1º e 2º categoria , inclusive carga (escavadeira hidraulica)	m³	2,50	627.124,81	1.567.812,03	0,00	0,00	627.124,81	1.567.812,03	100,00%
30	Escavação mecânica de materiais de 1º e 2º categoria , inclusive carga (escavadeira hidraulica) (solo de jazida)	m³	2,50	25.471,00	63.677,50	0,00	0,00	25.472,00	63.680,00	100,00%
31	Esgotamento com bombas de drenagem	hpxh	1,10	224.302,53	246.732,78	0,00	0,00	224.302,53	246.732,78	100,00%
32	Estaca pré moldada Ø 25 cm (casa de comando)	m	81,25	220,00	17.875,00	0,00	0,00	220,00	17.875,00	100,00%
33	Fechamento de reservatorio, incl. Alvenaria, grade e portões 1,80 m	m	402,00	50,00	20.100,00	0,00	0,00	50,00	20.100,00	100,00%
34	Forma circular - fornecimento e aplicação	m²	82,00	209,00	17.138,00	0,00	0,00	209,00	17.138,00	100,00%
35	Formas (comum) - fornecimento e aplicação	m²	36,60	14.150,00	517.890,00	300,00	10.980,00	14.150,00	517.890,00	100,00%
36	Gabião tipo caixa - fornecimento e aplicação - 1m (pvc)	m³	298,00	6.032,50	1.797.685,00	0,00	0,00	6.032,50	1.797.685,00	100,00%

SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DEO-DIRETORIA DE ENGENHARIA E OBRAS
Rua Boa Vista, 170 - 11º andar - Telefone 3293-8200 - CEP 01014-000 - Centro- São Paulo - SP
www.daee.sp.gov.br

BOLETIM DE MEDICAO - 28 - FINAL

DEO - Diretoria de Engenharia e Obras/DT-Engenharia
Serviço : Reservatório de Retenção RPI-6/SHARP
Contratada: DP Barros Arquitetura e Construção Ltda.
Município : São Paulo - S.P.
Contrato nº : 2007/22/00084.0
Data de Assinatura: 11/07/2007
Data de Efetivação: 17/07/2007
Data Base : Maio/2007
Valor Original: R$ 26.593.368,44

Prazo em Meses : 27
Valor do Contrato: R$ 26.593.368,44
Valor Aditado : R$ 6.595.137,35
Valor c/ aditivo : R$ 33.188.505,79
Término com Aditamento: 17/07/2009
Processo Pagamento nº : 50.176-Prov. 08 - DAEE

Data: 04.11.09
Período de Medição: 01.10.09 à 17.10.09

Fiscal: Engº Ney Meyer Pront. 7354

ITEM	SERVIÇO	UN.	PREVISTO EM CONTRATO			MEDIÇÃO DE OUTUBRO/09		ACUMULADOS EM OUTUBRO/09		
			PREÇO UNITÁRIO (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	PERCENTUAL EXECUTADO (%)
37	Gabião tipo colchão/manta - fornecimento e aplicação -0.17 m (pvc)	m²	24,05	4.518,61	108.672,57	0,00	0,00	4.518,61	108.672,57	100,00%
38	Gradeamento p/ retenção de residuos solidos " inserts" e grades de piso	kg	11,00	12.792,00	140.712,00	0,00	0,00	12.792,00	140.712,00	100,00%
39	Grama em placas (batatais) - fornecimento e plantio	m²	10,00	22.826,00	228.260,00	3.146,00	31.460,00	22.826,00	228.260,00	100,00%
40	Injeção de calda de cimento para execução de chumbadores	m	2,10	10.159,00	21.333,90	0,00	0,00	10.159,00	21.333,90	100,00%
41	Manta geotextil não tecida- fornecimetno e aplicação	m²	3,63	48.320,00	175.401,60	0,00	0,00	48.320,00	175.401,60	100,00%
42	Parede diafragma moldada " in loco" (0,40 m) fretag. Mat. Mão de obra	m³	300,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%
43	Parede diafragma moldada " in loco" (0,50 m) fretag. Mat. Mão de obra	m³	280,00	420,00	117.600,00	0,00	0,00	420,00	117.600,00	100,00%
44	Parede diafragma moldada " in loco" (0,60 m) fretag. Mat. Mão de obra	m³	260,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%
45	Pedrisco	m³	100,00	284,00	28.400,00	0,00	0,00	284,00	28.400,00	100,00%
46	Perfuração em solo Ø 3" para execução de chumbadores	m	12,20	10.159,00	123.939,80	0,00	0,00	10.159,00	123.939,80	100,00%
47	Rebaixamento de lençol freatico , com ponteiras filtrantes	cjxdia	50,00	400,00	20.000,00	0,00	0,00	400,00	20.000,00	100,00%
48	Tela de aço soldada tipo Q-196	m²	13,00	20.135,00	261.755,00	0,00	0,00	20.135,00	261.755,00	100,00%
49	Tirante T>=50 tf (fornecimento, instalalação e ensaios)	m	84,80	1.216,00	103.116,80	0,00	0,00	1.216,00	103.116,80	100,00%
50	Transporte de material brejoso inclusive despesas com bota fora (até 20 km)	m³	19,50	32.871,00	640.984,50	0,00	0,00	32.871,00	640.984,50	100,00%
51	Transporte de materiais de 1º e 2º categorias e despesas com bota fora (até 20 km)	m³	17,90	627.124,81	11.225.534,10	0,00	0,00	627.124,81	11.225.534,10	100,00%
52	Transporte de materiais de 1º e 2º categorias e despesas com bota fora (até 20 km) - (solo de jazida)	m³	17,90	25.471,00	455.930,90	0,00	0,00	25.472,00	455.948,80	100,00%
53	Tubo dreno diam. 100 mm - pvc corrugado	m	40,00	500,00	20.000,00	0,00	0,00	500,00	20.000,00	100,00%
54	Tubo dreno diam. 150 mm - pvc envolto em tela de rylon L=0.08m	und	12,00	3.120,00	37.440,00	0,00	0,00	3.120,00	37.440,00	100,00%

SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
DEO-DIRETORIA DE ENGENHARIA E OBRAS
Rua Boa Vista, 170 - 11º andar - Telefone 3293-8200 - CEP 01014-000 - Centro- São Paulo - SP
www.daee.sp.gov.br

DEO - Diretoria de Engenharia e Obras/DT-Engenharia
Serviço : Reservatório de Retenção RPI-6/SHARP
Contratada: DP Barros Arquitetura e Construção Ltda.
Município : São Paulo - S.P.
Contrato nº : 2007/22/00084.0
Data de Assinatura: 11/07/2007
Data de Efetivação: 17/07/2007
Data Base : Maio/2007
Valor Original: R$ 26.593.368,44

BOLETIM DE MEDICAO - 28 - FINAL

Prazo em Meses : 27
Valor do Contrato: R$ 26.593.368,44
Valor Aditado : R$ 6.595.137,35
Valor c/ aditivo : R$ 33.188.505,79
Término com Aditamento: 17/07/2009
Processo Pagamento nº : 50.176-Prov. 08 - DAEE

Data: 04.11.09
Período de Medição: 01.10.09 à 17.10.09

Fiscal: Engº Ney Meyer Pront. 7354

ITEM	SERVIÇO	UN.	PREVISTO EM CONTRATO			MEDIÇÃO DE OUTUBRO/09		ACUMULADOS EM OUTUBRO/09		
			PREÇO UNITÁRIO (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	QUANTIDADE	TOTAL (R$)	PERCENTUAL EXECUTADO (%)
55	Tubo dreno diam. 150 mm - pvc envolto em tela de nylon L=0,10m	und	13,00	42,35	550,55	0,00	0,00	42,35	550,55	100,00%
56	Tubo dreno diam. 150 mm - pvc envolto em tela de nylon L=0,20m	und	22,00	1.720,00	37.840,00	0,00	0,00	1.720,00	37.840,00	100,00%
57	Parede Diafragma Plástica	m³	1.070,65	1.518,00	1.625.246,70	0,00	0,00	1.518,00	1.625.246,70	100,00%
58	Estaca Raiz em solo d=0,40 m	m	468,60	1.260,00	590.436,00	0,00	0,00	1.260,00	590.436,00	100,00%
59	Estaca Raiz em rocha d=0,40 m	m	953,65	580,00	553.117,00	0,00	0,00	580,00	553.117,00	100,00%
60	Implosão Caixa D'água (h=38,00 d=6,00)	m³	273,14	179,00	48.892,06	0,00	0,00	179,00	48.892,06	100,00%
61	Ensaios geológicos específicos	vb	20.000,00	1,00	20.000,00	0,00	0,00	1,00	20.000,00	100,00%
62	Licenças, Relatórios de Acompanhamento e Termo de Recuperação Ambiental	vb	80.000,00	1,00	80.000,00	0,00	0,00	1,00	80.000,00	100,00%
63	Controle Tecnológico da Obra	vb	257.217,16	1,00	257.217,16	0,00	0,00	1,00	257.217,16	100,00%
64	Acompanhamento Técnica da obra	vb	514.435,00	1,00	514.435,00	0,00	0,00	1,00	514.435,00	100,00%
	TOTAL GERAL				**33.188.505,79**		**523.769,32**		**33.188.505,79**	**100,00%**

Engº ARMANDO TOBIAS DE AGUIAR
Pront.º 7450

DP BARROS ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO LTDA.

ANEXO E - DOSAGEM DO CPA

CAUQ CAMADA de ROLAMENTO

UC-116-RMA-CPA DNER II/2014

CPA DNER II

Especificação Técnica p/ Mistura Asfalticas a Quente

(DNER-ES386/99)

PROJETO DE MISTURA ASFÁLTICA
ECOFLEX PAVE B
Teor de Ligante 6,0% - (20,8%Vv)

11 fevereiro, 2014

DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

JARAGUÁ/SP

USICITY

Projeto N° 116

UC-116-RMA-CPA DNER II/2014

DATA: pg 2/6

11/02/2014

1- IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

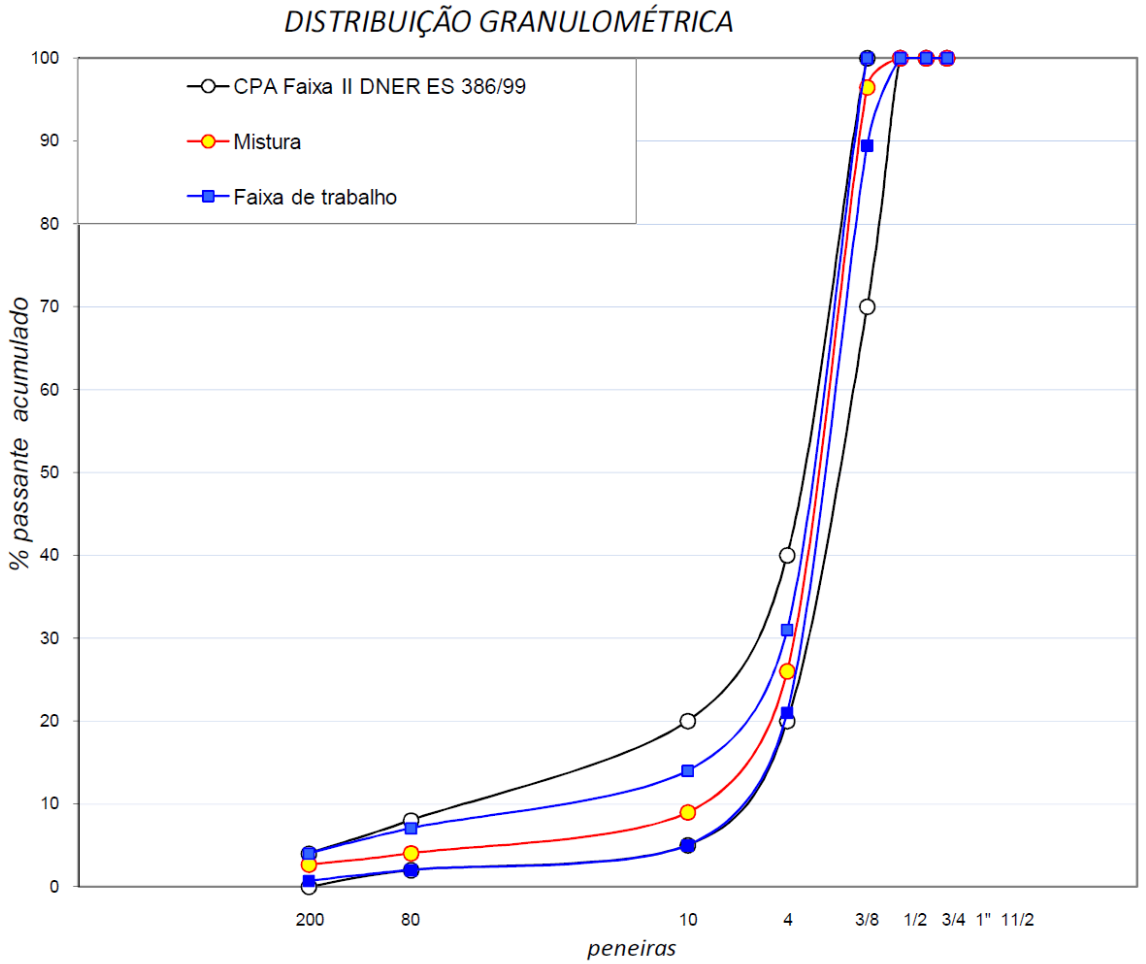
Item	Materiais	%	Procedência	Natureza Mineralógica
B	Brita O	89,6%	Riuma	Granito
D	Pó de pedra	9,0%	Riuma	Granito
F	Cal CH I	1,4%	Cobrascal	CH-I

2 - ENSAIO SOBRE OS AGREGADOS

2.1 - Granulometria dos materiais individuais, combinados:Metodologia adotada (DNER-ME 083/98)

Especificação adotada: (DNER-ES386/99)

Peneiras	A	Brita O	C	Pó de pedra	E	Cal CH I	Mistura	CPA Faixa II DNER	Faixa Trabalho
3/4"		100,0		100,0		100,0	100,0	100 - 100	100 - 100
5/8"		100,0		100,0		100,0	100,0	100 - 100	100 - 100
1/2"		100,0		100,0		100,0	100,0	100 - 100	100 - 100
3/8"		96,1		100,0		100,0	96,5	70 - 100	89,5 - 100
Nº 4		17,4		99,8		100,0	26,0	20 - 40	21 - 31
Nº 10		1,1		73,5		100,0	9,0	5 - 20	5 - 14
Nº80		0,7		22,3		99,6	4,0	2 - 8	2 - 7
Nº 200		0,6		8,8		97,2	2,7	0-4	0,7-4



USICITY

Projeto N° 116

UC-116-RMA-CPA DNER II/2014

DATA: pg 3/6

11/02/2014

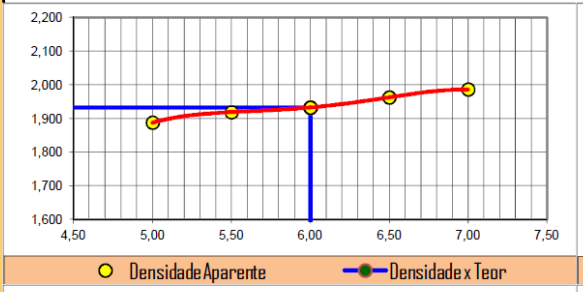
Densidade* (ASTM C127 e ASTM C 128)

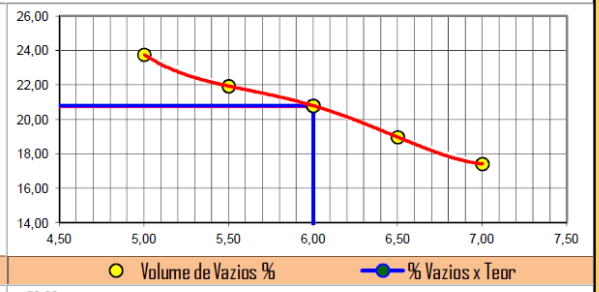
					MATERIAL	Agregado %	Efetiva (Gse)	Saturada (Gsb)	Seca (Gsa)
DENSIDADE REAL DO ECOFLEX PAVE B				1,030	Brita 1/2'	0,0%	2,676	2,662	2,69
Densidade combinada dos agregados - Efetiva				2,661	Brita O	89,6%	2,665	2,645	2,684
dag =		100		g/cm³					
	% agr A +	% agr B +	% agr C +...		Pó de pedra	9,0%	2,658	2,620	2,696
	dr agr A	dr agr B	dr agr C		Filler	0,0%	2,643	2,643	2,643
					Densidade combinada dos agregados		2,661	2,640	2,681
Densidade combinada dos agregados - Adotada =				2,674	g/cm³	* (definida no ensaio Rice)			

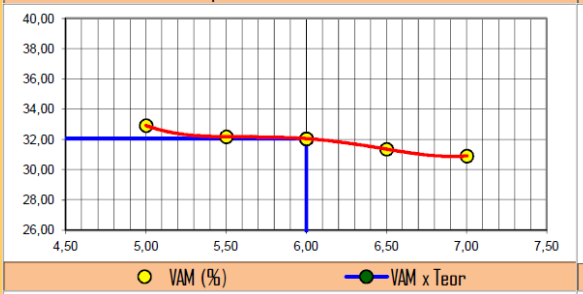
% Ligante p/ mistura	Densidade (*) APTE.	Teórica	RICE	VAZIOS (%)	Vazio Cheios de Betume	Vazios Agregado	Relação de Betume	Estabilidade Corrigida	Fluência (mm)	Tração kgf/cm²
	ASTM D 2726	-	ASTM D 2041	Vv	V.C.B. (%)	V.ªM.(%)	R.B.V.(%)	(kgf)		
b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
		100								
100 a		b + 100 - b		(1 - c) x 100	(b x c)	f + g	g x 100			
100 + a		db dag		e	db		h			
5,00	1,888	2,465	2,476	23,76	9,17	32,93	27,84	688	2,6	6,37
5,50	1,919	2,448	2,458	21,93	10,25	32,18	31,84	778	2,7	6,94
6,00	1,933	2,430	2,440	20,80	11,26	32,06	35,13	724	2,9	7,31
6,50	1,963	2,412	2,423	18,97	12,39	31,36	39,51	681	3,0	6,51
7,00	1,987	2,395	2,405	17,41	13,50	30,91	43,67	657	3,1	5,99

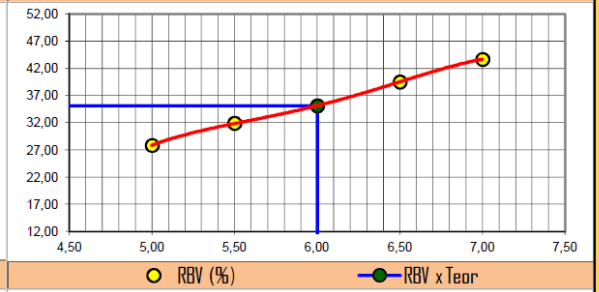
** Conforme os métodos de ensaio adotados, os valores de densidade são adimensionais.*

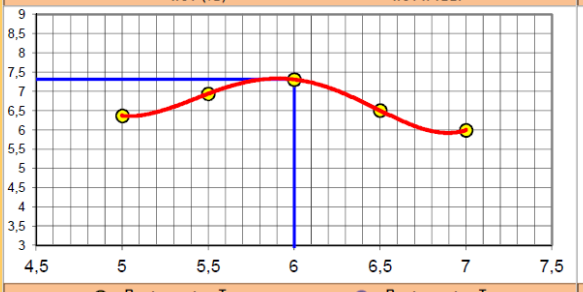
GRÁFICOS MARSHALL

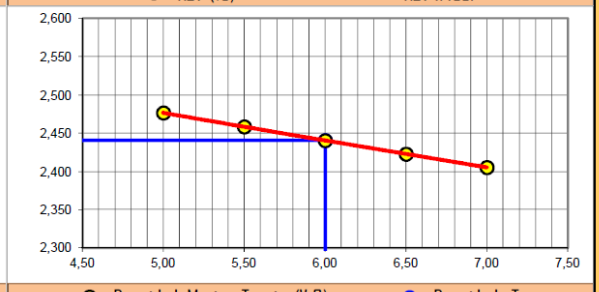












USICITY

Resumo do projeto

UC-116-RMA-CPA DNER II/2014

DATA: pg 4/6

11/02/2014

Composição da Mistura

MATERIAL	Somente agregados	Agregados e ligante
Brita O	89,60%	84,22%
Pó de pedra	9,00%	8,46%
Cal CH I	1,4%	1,32%
ECOFLEX PAVE B	0,0%	6,00%
TOTAL	100%	100,00%

2.2 - Composição da mistura e densidades

Agregado	Densidade (*) - ASTM C 127, ASTM C-128			
	%	Seca	Saturada	Efetiva
Brita O	89,6	2,684	2,645	2,665
Pó de pedra	9,0	2,696	2,620	2,658
Cal CH I	1,4	2,450	2,450	2,450

* Conforme os métodos de ensaio adotados os valores são adimensionais.

2.3 - Equivalente de Areia - DNER ME 054/97

Material		Pó de pedra	Cal CH I	
Eq. Areia		68,0%		

2.4 - Adesividade do Agregado Graúdo

Método	ECOFLEX PAVE B
ABNT NBR 14329	Satisfatória

2.5 - Desgaste de Agregado por Abrasão (Los Angeles)

Material	Graduação	Método	Especificado	Resultado
Brita 1	B	DNER-ME 035/98	máximo 30%	24,2%

2.6 - Absorção de água - ASTM C-127, ASTM C-128 e ASTM C 1252

	Brita O		Pó de pedra		
	0,55%		1,08%		

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA CPA Faixa II DNER ES 386/99

Ensaios		Valores Obtidos	Minímo	Maxímo
Teor de Ligante	*ECOFLEX PAVE B*	6,0 %	5,70	6,30
Densidade do Ligante		1,030 g/cm³	-	-
Densidade Aparente (sss) dos Agregados Combinados MS-4		2,661 *	-	-
Densidade Efetiva dos Agregados Combinados		2,674 g/cm³	-	-
Densidade Real Teórica da Mistura		2,430 g/cm³	-	-
Densidade Real da mistura (sem vazios)- Rice - ABNT NBR 15619		2,440 g/cm³	-	-
Densidade Aparenteda Mistura Compactada - ABNT NBR 15573		1,933 g/cm³	-	-
Teor de Vazios	*(VV %)*	20,80 %	18%	25%
Relação de Betume/Vazios	*(RBV %)*	35,13 %	-	-
Vazios do Agregado Mineral	*(VAM %)*	32,06 %	-	-
Relação Filler/Betume		0,45	-	-
Resistência a Tração por compressão Diametral Estatica a 25ºC NBR 15087		7,31 Kgf	5,50	-
Estabilidade Marshall		-	-	-
Fluência		-	-	-
Desgaste por Abrasão Los Angeles - Ensaio Cantabro		-	-	0,25
Desgaste de agregado por Abrasão Los Angeles		24,2%	-	30%
Porcentagem de Fibra de Celulose		0,40%		
Escorrimento na temp.de usinagem,max.% AATM D 6390/AASHT T 305 /Ensaio de Schellenberg		0,26%		0,3
Equivalente de Areia NBR 12052		68,0%	55%	-
Especificação da espessura indicada na camada compactada na pista(cm)			**2,00**	**4,00**

USICITY

Projeto N° 116

UC-116-RMA-CPA DNER II/2014

DATA: pg 5/6

11/02/2014

ENSAIO MARSHALL

Teor de Ligante	Peso ao ar (g)	Peso ao ar+filme (g)	Peso imerso+filme (g)	Volume (cm³)	Densidades (g/cm³) Aparente	Densidades (g/cm³) Rice	Teor de Vazios(%)	Vazios Cheios de Betume	Vazios Agr. Mineral	VCA (%)
5,00	1002,2	1005,2	471,2	531,05	1,887	2,476	23,80	9,16	32,96	27,80
5,00	1005,1	1008,2	472,2	532,95	1,886	2,476	23,85	9,15	33,00	27,74
5,00	1006,7	1009,6	474,0	532,75	1,890	2,476	23,70	9,17	32,87	27,91
Média				532,25	1,888	2,476	23,78	9,16	32,94	27,81
5,50	1010,5	1012,3	485,5	525,03	1,925	2,458	21,71	10,28	31,99	32,13
5,50	1010,3	1013,6	484,0	526,36	1,919	2,458	21,92	10,25	32,17	31,86
5,50	1008,6	1011,8	482,5	526,16	1,917	2,458	22,02	10,24	32,26	31,73
Média				525,85	1,920	2,458	21,88	10,25	32,14	31,91
6,00	1012,3	1015,4	488,5	523,85	1,932	2,440	20,82	11,26	32,07	35,10
6,00	1010,5	1013,2	487,9	522,65	1,933	2,440	20,77	11,26	32,04	35,15
6,00	1010,7	1014,0	488,5	522,26	1,935	2,440	20,70	11,27	31,97	35,26
Média				522,92	1,934	2,440	20,76	11,26	32,03	35,17
6,50	1016,8	1019,2	498,6	518,24	1,962	2,423	19,02	12,38	31,40	39,43
6,50	1016,3	1019,3	498,9	517,45	1,964	2,423	18,93	12,39	31,33	39,56
6,50	1017,1	1020,2	498,8	518,35	1,962	2,423	19,01	12,38	31,39	39,44
Média				518,02	1,963	2,423	18,99	12,39	31,37	39,48
7,00	1018,9	1021,7	504,9	514,05	1,982	2,405	17,60	13,47	31,07	43,36
7,00	1018,4	1021,5	506,5	511,95	1,989	2,405	17,30	13,52	30,82	43,87
7,00	1017,8	1020,8	505,8	512,05	1,988	2,405	17,36	13,51	30,87	43,75
Média				512,69	1,986	2,405	17,42	13,50	30,92	43,66

OBS: Corpo de Prova Marshall, Moldado conforme a curva da viscosidade do ligante: a 170°C,50 golpes por face

% de Vazios medido,utilizando o envelopamento com papel Filme

1º Via Cliente

GRECA ASFALTOS

Asfalto Modificado por Pó de Pneus - Ecoflex B - 3a Geração

CUIDADOS DE APLICAÇÃO DO PRODUTO

O ligante ECOFLEX B não deverá ser aquecido acima de 180°C, o objetivo é minimizar qualquer aumento de consistência que possa ocorrer. O aquecimento deverá ser efetuado até se obter a consistência adequada à sua aplicação, sendo a temperatura ideal de usinagem equivalente a 175°C. O produto está sendo entregue a uma temperatura entre 165 e 175°C e deverá ser descarregado em tanques isentos de lastro de outros produtos. Recomenda-se durante o armazenamento até 5 dias, que a temperatura seja mantida em torno de 165°C e que haja agitação e circulação do produto por duas horas a cada período de 12 horas (não deve ser feita agitação e circulação do produto a temperaturas inferiores a 165°C), já em períodos superiores a 5 dias é recomendável estocar o produto a temperaturas mais baixas em torno de 100 a 120°C. Já para períodos mais prolongados, superior a 10 dias, o ideal é estocar a temperatura ambiente.

A temperatura durante o armazenamento deverá ser uniforme e a distribuição de calor deverá ocorrer de forma homogênea através da utilização da bomba de recirculação e dos agitadores mecânicos. A forma de aquecimento dos tanques de armazenamento deve ser por serpentinas de óleo térmico.

O produto não deve ser aplicado em dias de chuva, em superfícies molhadas e em temperaturas ambiente inferiores a 10°C.

A checagem da qualidade do produto deve ser realizada sempre sobre uma amostra retirada da unidade de transporte antes de seu descarregamento. Sendo que a qualidade da mesma não poderá ser questionada através de ensaios realizados após o descarregamento do produto.

A Greca Asfaltos não se responsabiliza por eventuais danos causados por armazenagem e/ou uso inadequado do produto na obra.

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

DATA	14/01/2014
PRODUTO	ECOFLEX B 3G
CLIENTE	FREMIX ENGENHARIA E COMERCIO LTDA
OBRA	USINA DA USICITY
CERTIFICADO NÚMERO	035143 / 2014
FROTA / PLACA	CNI-1860 CDM-2324
LACRES	216444 194305 205244
CONTRA PROVA	58940

ENSAIO	NORMA	ESPECIFICAÇÃO (*)	RESULTADOS	Avaliação
Penetração a 25ºC, 100g, 5s, 0,1 mm	NBR-6576	30 - 70	44	
Ponto Amolecimento, °C	NBR-6560	minimo 55	58	
Recuperação Elástica, %	NLT-329/91	minimo 50	74	
Ponto de Fulgor, °C	NBR-11341	minimo 235	260	
Temperatura de Carregamento	TC	170 - 185	180	
Densidade Relativa, 25°C	NBR-6296	anotar	1,030	
Visc. Brookfield à 175°C, SP 3, 20 RPM, cP	NBR-15529	800 - 2000	1660	

Após a determinação do teor de asfalto na mistura betuminosa com Rotarex, Refluxo ou Soxhlet o resultado encontrado deverá ser multiplicado por um fator (1,07).

Fator correspondente a presença de partes insolúveis de pó de pneu nos filtros do equipamento.

* Esta especificação atende a Resolução 39 da ANP que regulamenta este tipo de produto.

Assinado Digitalmente

Responsável pelas Análises
William Ruiz
Químico
CRQ - 04261326 - 4ª Região

Responsável pela Produção
Antonio Carlos Honório da Silva