

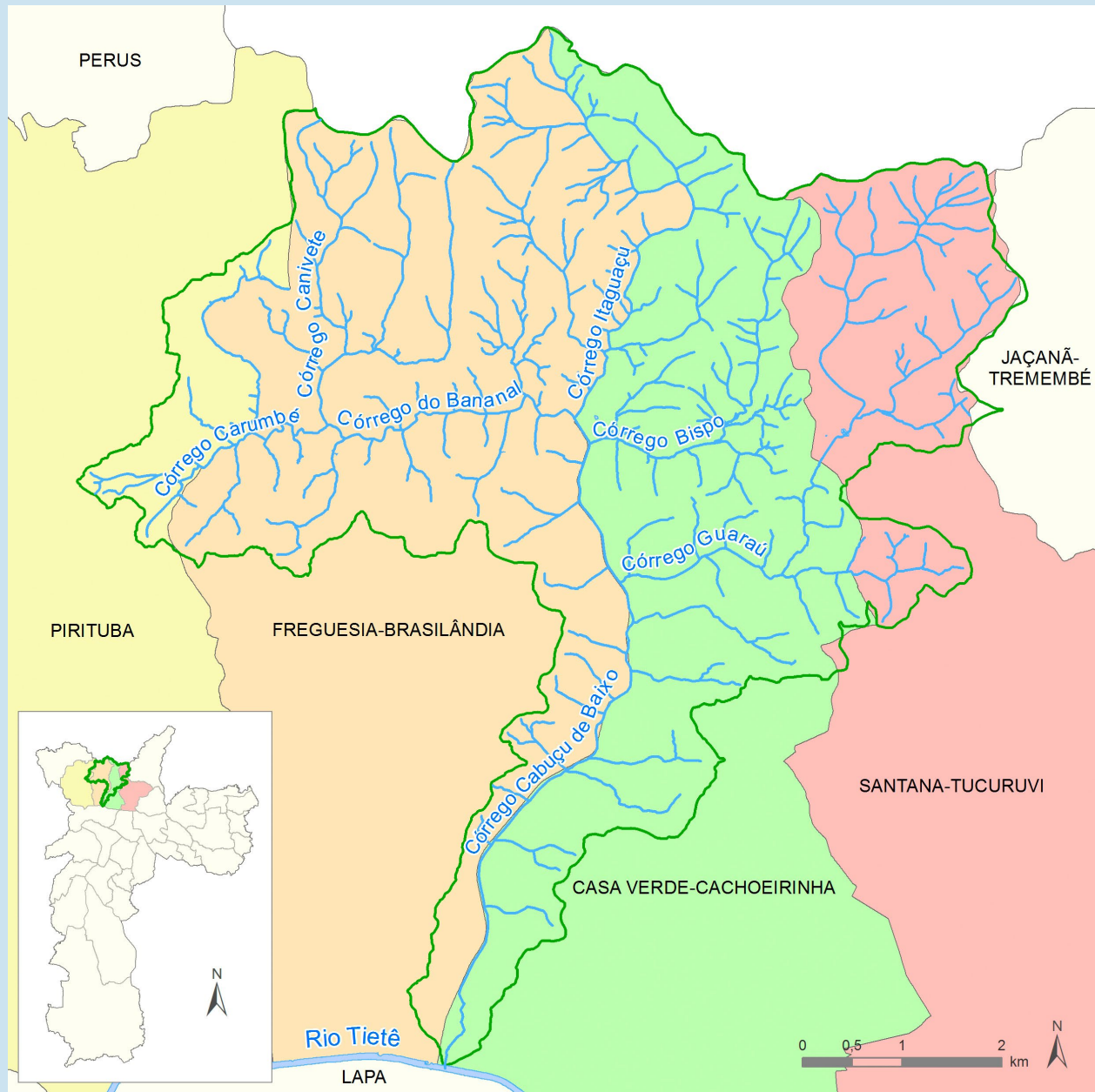


**PREFEITURA DE
SÃO PAULO**
SERVIÇOS
E OBRAS



*Fundação
Centro Tecnológico
de Hidráulica*

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA
CÓRREGO CABUÇU DE BAIXO



Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo e Subprefeituras

Prefeitura do Município de São Paulo
Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA
CÓRREGO CABUÇU DE BAIXO

Agosto de 2016



Organização: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

Projeto gráfico e capa: Bruna Sanjar Mazzilli

Diagramação: Bruna Sanjar Mazzilli

C122 Caderno de bacia hidrográfica : córrego Cabuçu de Baixo / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (Organizador). – São Paulo : SIURB/FCTH, 2016. 118 p.

ISBN 978-85-93064-01-2

1. Bacia hidrográfica – Córrego Cabuçu de Baixo (SP) 2. Bacia hidrográfica – Planejamento I. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, org, II. Prefeitura do Município de São Paulo. III. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras

CDD-627.12

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93064-01-2



9 788593 064012

EQUIPE SIURB/PMSP

Nome	Cargo
Roberto Nami Garibe Filho	Secretário de SIURB/PMSP
Pedro Luiz de Castro Algodoal	Superintendente de Projetos Viários
Afonso Luís Corrêa de Virgiliis	Engenheiro Proj-G
Equipe Técnica Proj-4	

EQUIPE TÉCNICA DA FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA

Nome	Qualificação
Mario Thadeu Leme de Barros	Coordenador Geral
Flavio Conde	Coordenador Setorial
Ana Paula Zubiaurre Brites	Engenheira Civil
André Sandor Kajdacsy Balla Sosnoski	Engenheiro Civil
Erika Naomi de Souza Tominaga	Engenheira Ambiental
Sandra Uemura	Engenheira Civil
Sara Martins Pion	Engenheira Civil
Icaro Sena Almeida	Geógrafo
Conrado Araújo Travassos	Estagiário
Newton Célio Becker de Moura	Arquiteto Urbanista

DIRETORIA DA FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA

Nome	Cargo
Mario Thadeu Leme de Barros	Diretor Presidente
Renato Carlos Zambon	Diretor Administrativo-Financeiro
José Carlos Mierzwa	Diretor Técnico-Científico

Sumário

Índice de figuras	4		
Índice de tabelas	7		
Lista de abreviaturas e siglas	8		
Apresentação	11		
1	DEFINIÇÃO DE DIRETRIZES BÁSICAS DOS ESTUDOS	13	
2	A BACIA HIDROGRÁFICA DO CABUÇU DE BAIXO	17	
2.1	Localização	17	
2.2	Hidrografia	17	
2.3	Relevo	20	
2.4	Carta geotécnica	22	
2.5	Divisão administrativa municipal – subprefeituras	24	
2.6	Uso e ocupação do solo	24	
2.7	Zoneamento urbano	28	
2.8	Densidade demográfica	35	
2.9	Sistema viário e de transporte coletivo	37	
2.10	Inundações na Bacia do Cabuçu de Baixo	37	
3	MEMORIAL FOTOGRÁFICO	41	
4	ESTUDO HIDROLÓGICO	51	
4.1	Postos da rede telemétrica utilizados no estudo	52	
4.2	Chuva de projeto	56	
4.3	Escoamento superficial	58	
5	ALTERNATIVAS PROPOSTAS	71	
5.1	Alternativa 1	73	
5.2	Alternativa 2	75	
5.3	Localização das medidas propostas nas alternativas	77	
5.4	Vistas, perspectivas e cortes do Parque Linear do Córrego do Bananal	83	
6	IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA EM DUAS ETAPAS: 25 E 100 ANOS	99	
7	ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES	103	
8	CUSTO ESTIMADO	107	
9	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL	111	
10	ZONEAMENTO DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÕES	113	
11	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117	

Índice de figuras

CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1	Bacia Hidrográfica do Córrego Cabuçu de Baixo	18
FIGURA 2.2	Hidrografia Principal da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	19
FIGURA 2.3	Perfil longitudinal dos córregos Canivete, Bananal e Cabuçu de Baixo	20
FIGURA 2.4	Mapa Hipsométrico da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	21
FIGURA 2.5	Carta Geotécnica na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	23
FIGURA 2.6	Subprefeituras inseridas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	25
FIGURA 2.7	Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	26
FIGURA 2.8	Parques municipais e estaduais da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	27
FIGURA 2.9	Macroáreas de Uso e Ocupação do Solo – PDE (LEI Nº 16.050/2014), na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	30
FIGURA 2.10	Zoneamento Urbano da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	31
FIGURA 2.11	Densidade Demográfica da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	36
FIGURA 2.12	Sistema Viário e de Transporte Coletivo da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo e adjacências	38
FIGURA 2.13	Diagnóstico das Inundações na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	39

CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1	Imagens do Córrego Canivete nas imediações do Parque Linear	42
FIGURA 3.2	Imagens do Córrego do Bananal, logo a jusante do Parque Linear do Canivete	43
FIGURA 3.3	Imagens do Córrego do Bananal, nas imediações do Reservatório do Bananal	44
FIGURA 3.4	Imagens dos córregos do Bananal e Itaguaçu	45
FIGURA 3.5	Imagens dos córregos do Bispo e Guaraú	46
FIGURA 3.6	Imagens do canal do Córrego Guaraú	47
FIGURA 3.7	Imagens do Reservatório Guaraú	48
FIGURA 3.8	Imagens do Córrego Cabuçu de Baixo	49

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1	Localização dos Postos da Rede Telemétrica de Hidrologia do SAISP na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	53
FIGURA 4.2	Série Histórica do Posto Freguesia do Ó (PMSP/FO-01)	54
FIGURA 4.3	Precipitação média mensal no Posto Freguesia do Ó (PMSP/FO-01)	54
FIGURA 4.4	Série Histórica do Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01)	55
FIGURA 4.5	Série Histórica do Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante	55

FIGURA 4.6	Precipitação média mensal no Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante	56
FIGURA 4.7	Sub-bacias do Córrego Cabuçu de Baixo	60
FIGURA 4.8	CN (Curve Number) da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	64
FIGURA 4.9	Impermeabilização Atual da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	66
FIGURA 4.10	Impermeabilização Permitida da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	67
FIGURA 4.11	Calibração do modelo PCSWMM para os eventos registrados no Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01)	69

CAPÍTULO 5

FIGURA 5.1	Medidas de Controle de Cheias da Alternativa 1 para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	74
FIGURA 5.2	Medidas de Controle de Cheias da Alternativa 2 para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	76
FIGURA 5.3	Localização do Reservatório CR 01 no Córrego Carumbé	78
FIGURA 5.4	Localização do Reservatório Bananal no Córrego do Bananal	79
FIGURA 5.5	Localização do Parque Linear GR 01 no Córrego Guaraú	80
FIGURA 5.6	Localização do Reservatório Guaraú no Córrego Guaraú	81
FIGURA 5.7	Localização do Reservatório AP 01 no Córrego Água Preta	82
FIGURA 5.8	Visão geral da Bacia do Córrego do Bananal (antes)	84
FIGURA 5.9	Visão geral da Bacia do Córrego do Bananal (depois)	85
FIGURA 5.10	Parque Linear do Córrego do Bananal, antes e depois	86

FIGURA 5.11	Parque Bananal – Áreas de manutenção esporádicas e não alagáveis. Perspectiva 1: antes da implantação	87
FIGURA 5.12	Parque Bananal – áreas de manutenção esporádicas e não alagáveis. Perspectiva 1: depois da implantação	88
FIGURA 5.13	Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 2: antes da implantação do caminho verde	89
FIGURA 5.14	Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 2: depois da implantação do caminho verde	90
FIGURA 5.15	Área de <i>wetlands</i> no Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 3: antes da implantação	91
FIGURA 5.16	Área de <i>wetlands</i> no Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 3: depois da implantação	92
FIGURA 5.17	Córrego do Bananal, exemplo de reurbanização das moradias ao longo do Córrego do Bananal. Perspectiva 4: antes da reurbanização	93
FIGURA 5.18	Córrego do Bananal, exemplo de reurbanização das moradias ao longo do Córrego do Bananal. Perspectiva 4: depois da reurbanização	94
FIGURA 5.19	Parque Linear do Bananal – Cortes	95
FIGURA 5.20	Parque Linear do Bananal e Parque Carumbé – antes	96
FIGURA 5.21	Parque Linear do Bananal e Parque Carumbé – depois	97

CAPÍTULO 6

FIGURA 6.1	Medidas de Controle de Cheias para Primeira Etapa de Implantação – Alternativas 1 e 2	101
-------------------	---	-----

CAPÍTULO 7

FIGURA 7.1	Áreas Suscetíveis a Inundações – Cenário sem Intervenção e com as obras da 1ª Etapa e Etapa Final das Alternativas 1 e 2	105
-------------------	--	-----

CAPÍTULO 10

FIGURA 10.1	Áreas Inundáveis para Futura Regulamentação na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo	116
--------------------	--	-----

Índice de tabelas

CAPÍTULO 2

TABELA 2.1	Uso e ocupação do solo registrado na Bacia do Cabuçu de Baixo	24
TABELA 2.2	Áreas correspondentes as zonas de uso e ocupação do solo na bacia	32

CAPÍTULO 4

TABELA 4.1	Hietograma de Projeto para Diferentes Períodos de Retorno	58
TABELA 4.2	Precipitação Total Acumulada	58
TABELA 4.3	Características das sub-bacias	59
TABELA 4.4	Valores Recomendados para o CN	62
TABELA 4.5	Valores de CN adotados em função do uso e ocupação do solo e classificação hidrológica dos solos	63
TABELA 4.6	CN médio por sub-bacia	63
TABELA 4.7	Área impermeável (%)	65

CAPÍTULO 5

TABELA 5.1	Medidas de controle previstas nas Alternativas 1 e 2	72
TABELA 5.2	Medidas de controle da Alternativa 1	73
TABELA 5.3	Medidas de controle da Alternativa 2	75

CAPÍTULO 6

TABELA 6.1	Medidas para implantação na 1ª etapa	100
-------------------	--------------------------------------	-----

CAPÍTULO 7

TABELA 7.1	Efeitos das Alternativas 1 e 2 sobre a Bacia	104
-------------------	--	-----

CAPÍTULO 8

TABELA 8.1	Custo estimado Alternativa 1	108
TABELA 8.2	Custo estimado Alternativa 2	108
TABELA 8.3	Custo estimado das Alternativas estudadas	109

CAPÍTULO 9

TABELA 9.1	Classificação das medidas segundo Índice de Qualidade Ambiental	112
TABELA 9.2	Índice ambiental das medidas de controle de cheia na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo	112

CAPÍTULO 10

TABELA 10.1	Conjunto de obras para TR 25 anos	115
TABELA 10.2	Custo estimado para obras de 25 e 100 anos	116

Lista de abreviaturas e siglas

CN	Curve Number	PRES	Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras
COE	Código de Obras e Edificações	SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
CRHI	Coordenadoria de Recursos Hídricos	SEHAB	Secretaria Municipal de Habitação
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica	SF	Secretaria Municipal de Finanças
DC	Duração crítica	SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura e Urbanismo
EPA	Environmental Protection Agency	SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
FO	Freguesia do Ó	SMT	Secretaria Municipal de Transportes
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
IDF	Intensidade-duração-frequência	SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
IQA	Índice de qualidade ambiental	SWMM	Storm Water Management Model
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo	TC	Tempo de concentração
MDC	Mapa Digital da Cidade	TR	Tempo de Retorno
NRCS	National Resources Conservation Service	ZC	Zona Centralidade
PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model	ZCA	Zona Centralidade Ambiental
PDE	Plano Diretor Estratégico	ZCOR	Zona Corredor
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê	ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos	ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
PLANMOB	Plano de Mobilidade	ZEM	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana
PMAPSP	Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo	ZEMP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
PMH	Plano Municipal de Habitação	ZEP	Zona Especial de Preservação
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo	ZEPAM	Zona Especial de Preservação Ambiental

ZEPEC	Zona Especial de Preservação Cultural
ZER	Zona Exclusivamente Residencial
ZERA	Zona Exclusivamente Residencial Ambiental
ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZEUPA	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental
ZM	Zona Mista
ZMA	Zona Mista Ambiental
ZOE	Zonas de Ocupação Especial
ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
ZPI	Zona Predominantemente Industrial
ZPR	Zona Predominantemente Residencial

Apresentação

Os Cadernos de Bacias Hidrográficas compõem um importante instrumento para a redução dos riscos de inundação das bacias hidrográficas do Município de São Paulo.

Este estudo desenvolveu-se no âmbito do contrato SIURB-FCTH nº 008/SIURB/14, com o objetivo básico de fornecer subsídios para planejamento e gestão do sistema de drenagem. O horizonte de planejamento considerado neste estudo é o cenário de projeto para a ocupação máxima permitida pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS – Lei nº 16.402/2016).

O estudo do sistema de drenagem deverá adotar como referência de risco hidrológico o período de retorno de 100 anos, porém as obras e outras intervenções na bacia hidrográfica serão escalonadas partindo-se de períodos de retorno de 25 anos.

Este Caderno trata da Bacia Hidrográfica do Córrego Cabuçu de Baixo, importante afluente da direita do Rio Tietê, localizada na região norte do Município de São Paulo. Esta bacia se destaca por abranger uma vasta área verde preservada da Serra da Cantareira, que toma quase que integralmente a cabeceira dos seus principais afluentes. Por outro lado, esta bacia enfrenta problemas de ocupação irregular e existência de áreas de risco de inundação e de escorregamento.

O Caderno está dividido em onze capítulos:



1. Definição de diretrizes básicas dos estudos
2. A Bacia Hidrográfica do Córrego Cabuçu de Baixo
3. Memorial fotográfico
4. Estudos hidrológicos
5. Alternativas propostas
6. Implantação do sistema em duas etapas: 25 e 100 anos
7. Áreas sujeitas a Inundação
8. Custo estimado
9. Avaliação do índice de qualidade ambiental
10. Zoneamento de áreas sujeitas a inundações
11. Considerações finais

O Capítulo Um estabelece um conjunto de princípios básicos que devem ser seguidos no planejamento das obras de drenagem da bacia hidrográfica.

No Capítulo Dois é apresentada a caracterização física e urbanística da bacia. Também é apresentado um diagnóstico atual da bacia, em termos de drenagem.

No Memorial fotográfico são apresentadas imagens ao longo do Córrego Cabuçu de Baixo e de seus principais afluentes, mostrando alguns dos seus principais problemas.

Nos Estudos Hidrológicos são apresentados temas que possibilitam o entendimento da geração do escoamento superficial direto, essencial para a atuação e formulação de medidas de controle de cheias.

No Capítulo Cinco são apresentadas as alternativas estudadas, compostas de medidas estruturais.

O planejamento de implantação do sistema de drenagem é apresentado no Capítulo Seis, considerando obras de controle de cheias de 25 anos e de 100 anos.

O Capítulo Sete apresenta o comportamento do sistema proposto para chuvas com TR 100 anos.

No Capítulo Oito é realizada uma avaliação de custo preliminar considerando uma variação de 20%.

O Capítulo Nove traz uma análise multicritério básica avaliando as alternativas em relação à questão ambiental.

No Capítulo Dez o Caderno de Bacia Hidrográfica introduz o zoneamento de áreas sujeitas a inundações partindo da formulação de alternativas de controle de cheias dimensionadas para chuvas com TR de 25 anos. O estudo propõe para chuvas com período de retorno entre 25 e 100 anos que as áreas sujeitas a inundações passem por regulamentação através de seu zoneamento.

As Considerações Finais apresentam um resumo dos estudos.

1

Definição de diretrizes básicas dos estudos

O Caderno de Bacia Hidrográfica foi desenvolvido com base em um conjunto de princípios, fundamentados na adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento. É um instrumento de planejamento e gestão que trata exclusivamente da questão da drenagem urbana.

Dentre os princípios, objetivos e premissas do desenvolvimento do Caderno estão:

- Dotar a prefeitura do município de um instrumento de planejamento que possibilite resolver, em um prazo pré-definido, os graves problemas de inundação que assolam a cidade.
 - Cenário de projeto para a ocupação máxima permitida pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS – Lei nº 16.402/2016).
 - Definir metas de curto, médio e longo prazos.
- Reduzir paulatinamente os riscos de inundação na bacia até o nível correspondente a precipitações de período de retorno de 100 anos.
 - Proposição de medidas de convivência com o regime hídrico compatíveis com o grau de proteção hidrológica para cheias de períodos de retorno intermediários a 100 anos.
- Articulação com os planos setoriais e parcialmente integrados já elaborados ou em elaboração para o município e para



a bacia, avaliando-se todas as obras hidráulicas existentes e projetadas, porém passíveis de revisão e de adaptação face às novas medidas que vierem a ser propostas.

- As intervenções propostas não podem agravar as condições de drenagem a jusante, portanto, devem respeitar as capacidades hidráulicas dos corpos d'água receptores.
- Possibilitar uma convivência segura com as cheias que excederem a capacidade do sistema de drenagem.
 - Aplicar tecnologias de modelagem hidrológica e hidráulica que permitam mapear as áreas de risco de inundação considerando diferentes alternativas de intervenções.
 - Proposição de medidas estruturais combinadas com medidas não estruturais e medidas de controle do escoamento superficial para que a cidade possa se adaptar à dinâmica hídrica.
 - Reorganizar a ocupação territorial, possibilitando a recuperação de espaços para o controle do escoamento pluvial e implantação de obras que promovam a redução da poluição hídrica.
 - Dar destaque a medidas de recuperação de áreas de preservação permanente e de cobertura vegetal das bacias.

- Desenvolver critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das obras de drenagem com o meio ambiente urbano.
 - Preservação e valorização das várzeas de inundação.
 - Integração do sistema de drenagem urbana de forma positiva ao ambiente da cidade.
 - Valorização de rios, córregos e suas margens como elementos da paisagem urbana.
- Estimar os custos e os benefícios das medidas propostas.

O planejamento da drenagem urbana deve se articular com entidades municipais, estaduais e federais para que os diversos aspectos legais e técnicos relacionados a outros planos de infraestrutura sejam considerados na elaboração de medidas de controle do escoamento superficial. É o caso, por exemplo, do Plano Diretor Estratégico (Lei nº 16.050/2014), do Código de obras e Edificações (COE – Lei nº 11.228/1992), do Plano de Mobilidade de São Paulo – PlanMob/SP (PMSP/SMT, 2015)¹, do Plano Municipal de Habitação – PMH (PMSP/SEHAB, 2011)², etc. Salienta-se a importância da articulação entre os planos

1. São Paulo (Município). Secretaria Municipal de Transporte (SMT).

2. São Paulo (Município). Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB).



diretamente associados aos recursos hídricos, como, por exemplo, o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (SSRH/CRHi, 2013)³, o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FUSP, 2009)⁴, onde a cidade de São Paulo está localizada, o Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê – PDMAT 1, 2 e 3 (SSRH/DAEE, 1998, 2008 e 2014)⁵, entre outros.

-
3. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH): 2012/2015. São Paulo: SSRH/CRHi, 2013.
 4. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP.
 5. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica.

2

A Bacia Hidrográfica do Cabuçu de Baixo

2.1 LOCALIZAÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Córrego Cabuçu de Baixo localiza-se na zona norte do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 42,6 km², correspondente a 2,8% da área total do Município.

O Córrego Cabuçu de Baixo nasce da confluência de dois tributários importantes os córregos Bananal e Itaguaçu, e percorre a Avenida Inajar de Souza em toda sua extensão até a sua foz no Rio Tietê.

O Mapa da FIGURA 2.1 ilustra a localização da Bacia do Cabuçu de Baixo no Município de São Paulo.

2.2 HIDROGRAFIA

A hidrografia principal da Bacia do Cabuçu de Baixo é composta pelo Córrego Cabuçu de Baixo e seus afluentes, dentre estes se destacam os córregos Carumbé, Canivete, Bananal, Itaguaçu, Bispo e Guaraú. A extensão do eixo principal, considerando os cursos dos córregos Canivete e Bananal, e após seguindo pelo Córrego Cabuçu de Baixo até a foz no Rio Tietê, é de 13,6 km. Já a extensão total dos cursos d'água na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo é de aproximadamente 145 km.

A FIGURA 2.2 indica a hidrografia principal da Bacia do Cabuçu de Baixo.

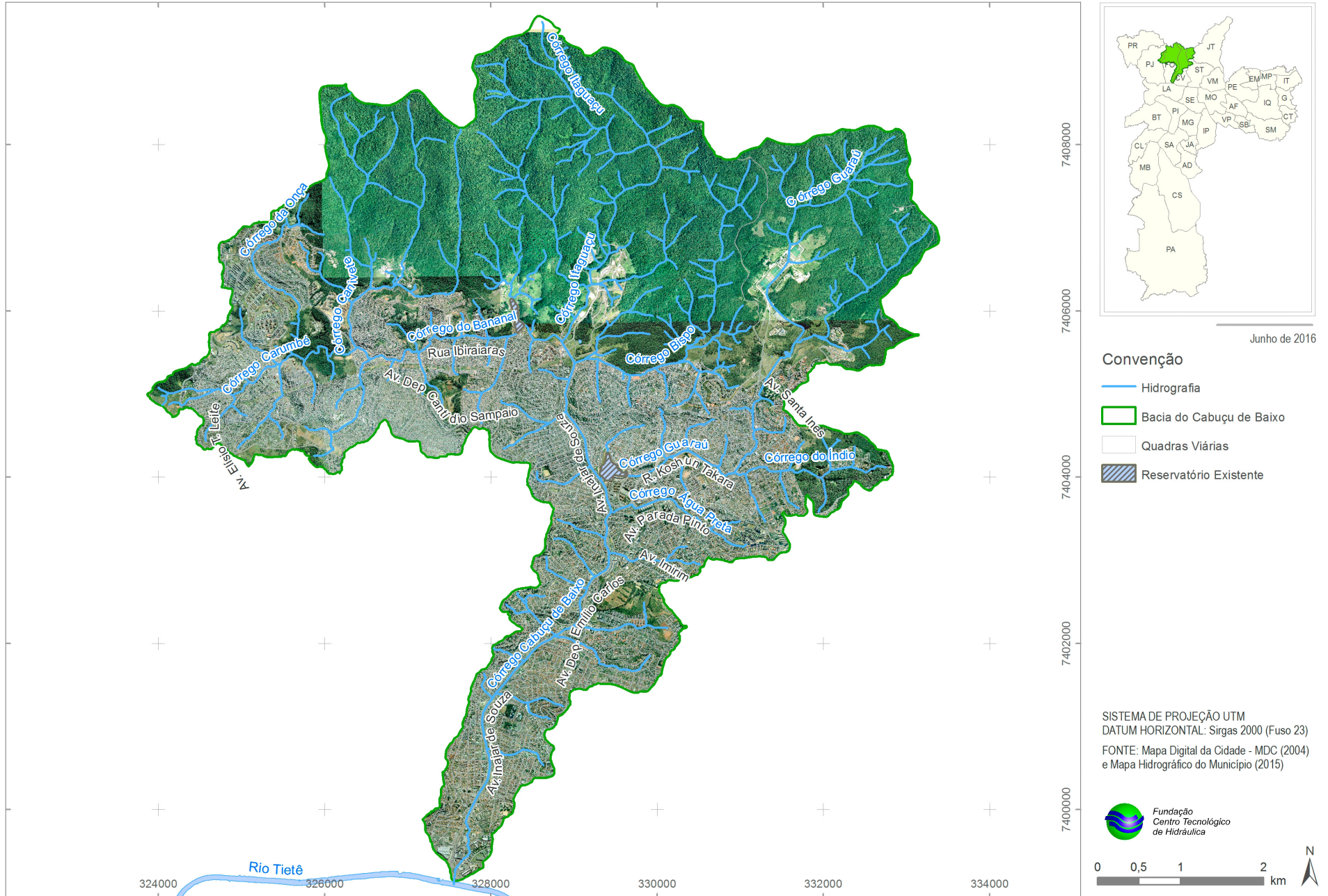


FIGURA 2.1 Bacia Hidrográfica do Córrego Cabuçu de Baixo

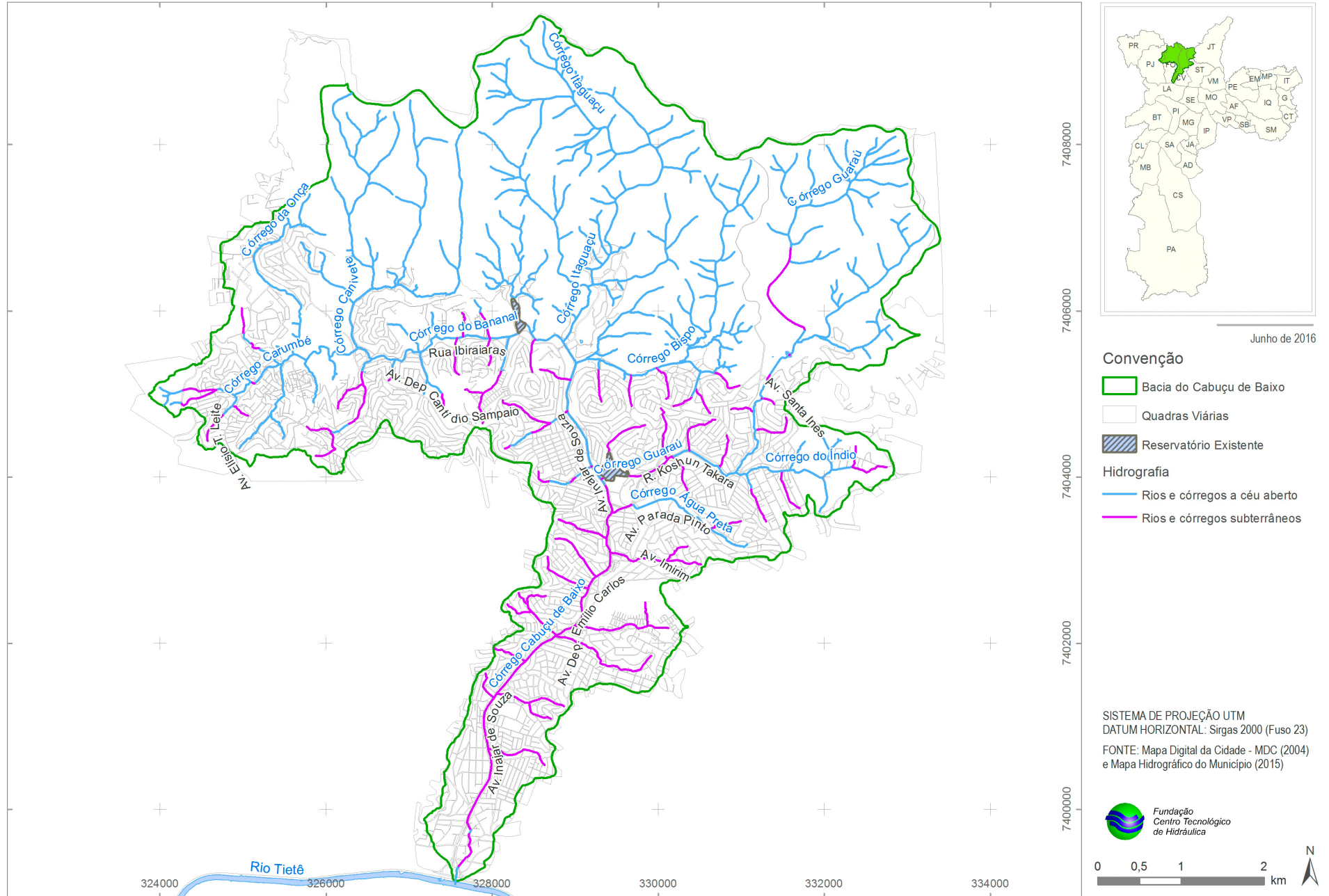


FIGURA 2.2 Hidrografia Principal da Bacia do Córrego Cabeçu de Baixo



2.3 RELEVO

A região da Bacia do Cabuçu é caracterizada por terras altas, sendo constituída por um planalto cristalino montanhoso e naturalmente dissecado.

Na porção norte da bacia há um predomínio dos processos morfogenéticos sobre os pedogenéticos, o que evidencia a instabilidade dessa área que esta sujeita a desagregação mecânica e processos superficiais de escoamento difuso e concentrado responsáveis pelo surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas (Radambrasil, 1983).

As elevações na bacia variam de 1.210 m na cabeceira até 721 m no exutório, conforme a representação do perfil longitudinal dos córregos Canivete, Bananal e Cabuçu de Baixo apresentado na FIGURA 2.3. Nota-se nesta FIGURA que em seu curso médio e inferior as diferenças de cota são bem menores do que em seu curso superior, onde ocorre uma abrupta elevação no trecho final. Nos trechos dos córregos Bananal e Cabuçu de Baixo as declividades são da ordem de 0,4%, enquanto que no trecho do Córrego Canivete as declividades são da ordem de 15%.

Adicionalmente o Mapa Hipsométrico, que foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC), apresentado na FIGURA 2.4, mostra as elevações

para toda a bacia. O relevo resultante apresenta grande amplitude onde as cotas se elevam progressivamente em direção ao norte da bacia.

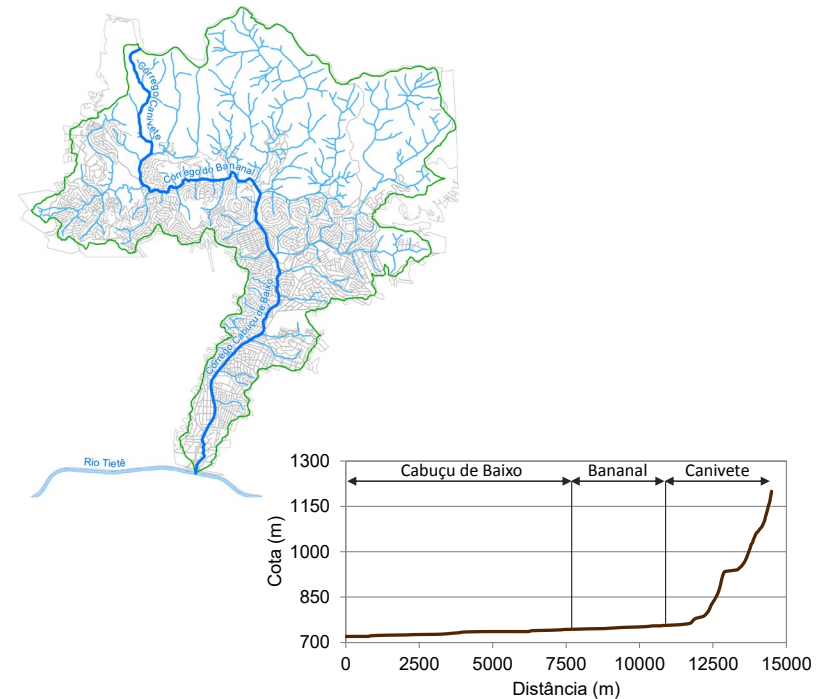


FIGURA 2.3 Perfil longitudinal dos córregos Canivete, Bananal e Cabuçu de Baixo

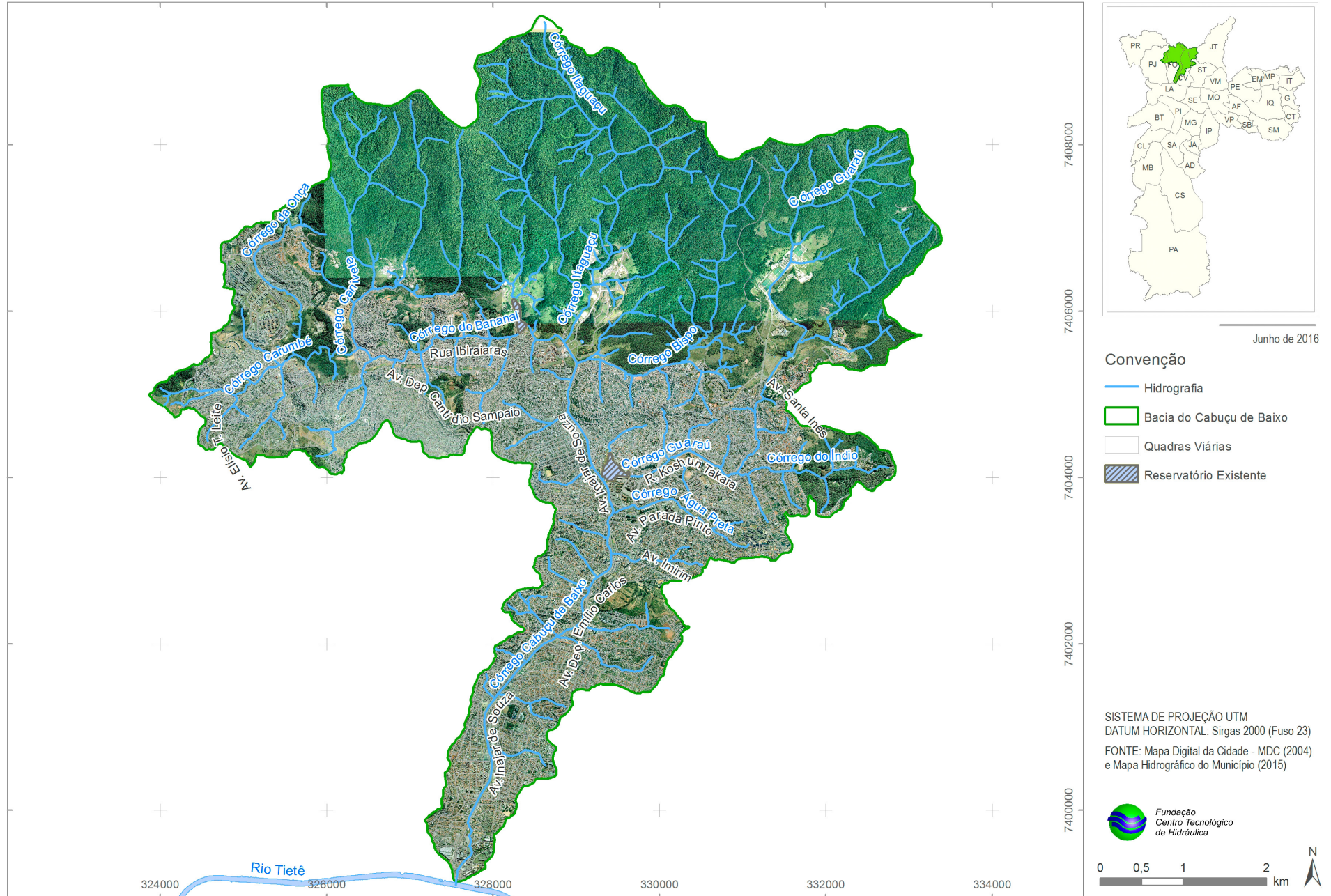


FIGURA 2.4 Mapa Hipsométrico da Bacia do Córrego Cabeçu de Baixo



2.4 CARTA GEOTÉCNICA

A Carta Geotécnica traz importantes informações sobre as características do meio físico, como solos e rochas, e problemas existentes ou esperados, tais como escorregamentos. Estas características, combinadas à forma de ocupação, possibilitam a interpretação do meio físico e avaliação das potencialidades e limitações ao uso e ocupação do solo.

A FIGURA 2.6 apresenta a Carta Geotécnica da Bacia do Cabuçu de Baixo com suas unidades geológicas. Destacam-se neste Mapa a presença de granitoides, característicos de terrenos acidentados, e xisto micáceo, que podem favorecer processos de escorregamento dependendo da direção do corte no terreno. A planície aluvial, que são áreas sujeitas a inundações, se restringe numa faixa estreita ao longo do Córrego Cabuçu de Baixo e de alguns de seus afluentes.

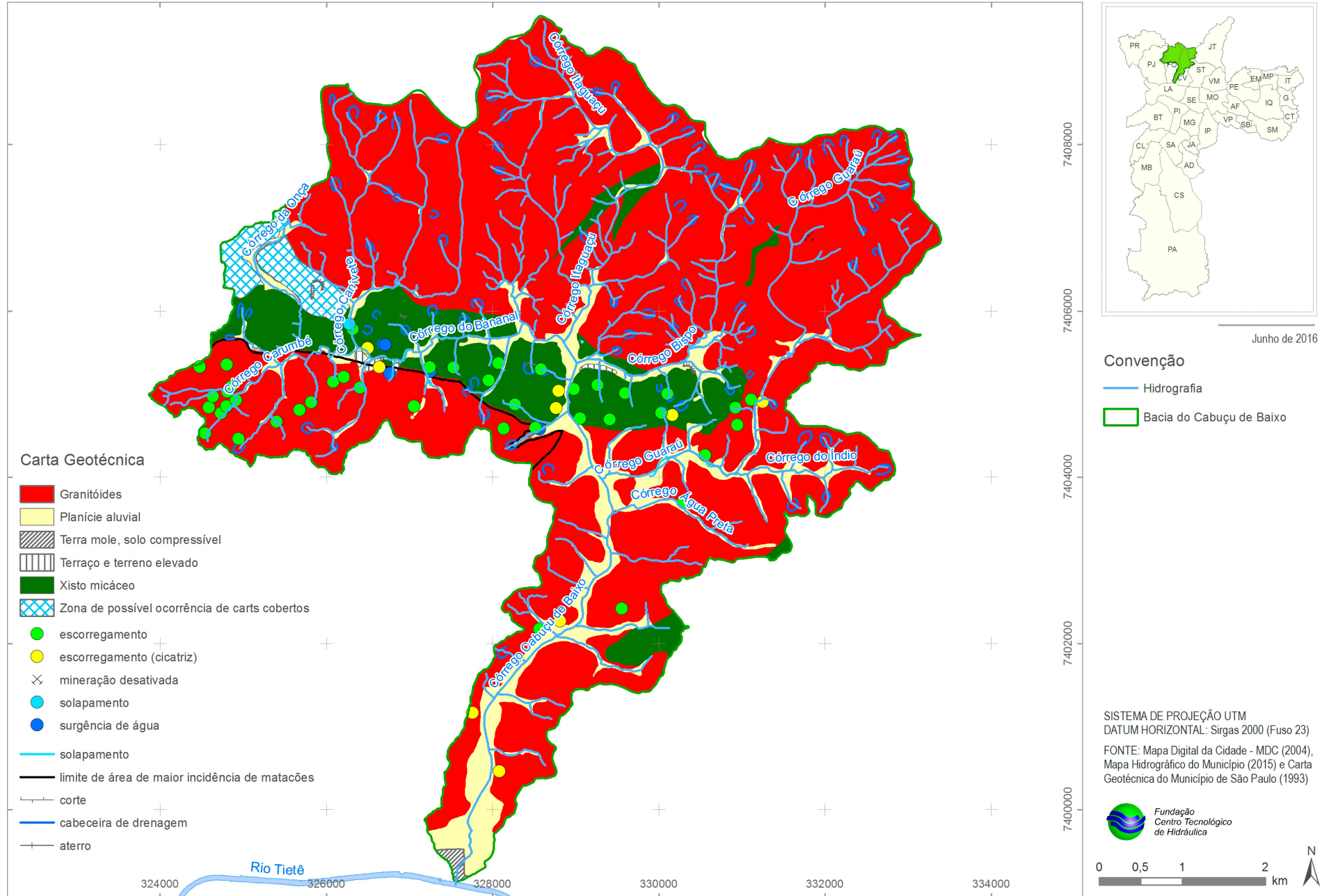


FIGURA 2.5 Carta Geotécnica na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



2.5 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL – SUBPREFEITURAS

A administração municipal na Bacia do Cabuçu de Baixo é feita por quatro subprefeituras, Santana-Tucuruvi, Casa Verde-Cachoeirinha, Freguesia-Brasilândia e Pirituba, nesta última em menor proporção (5% da área da bacia) tomando apenas uma pequena porção da região oeste da bacia.

As subprefeituras têm o papel de receber pedidos e reclamações da população, solucionar os problemas apontados, cuidar da manutenção do sistema viário, da rede de drenagem, limpeza urbana, entre outros.

A FIGURA 2.6 indica a localização da bacia no âmbito das Subprefeituras.

2.6 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A caracterização do uso e ocupação do solo foi realizada a partir do Uso do Solo Predominante nos Distritos do Município de São Paulo, escala 1:30.000, elaborado pela Secretaria de Finanças do Município de São Paulo (SF, 2013).

A TABELA 2.1 indica os usos observados na Bacia do Cabuçu de Baixo com suas respectivas áreas e a porcentagem em relação à área total da bacia. O mapa contendo os usos do solo predominantes é apresentado na FIGURA 2.7.

TABELA 2.1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO REGISTRADO NA BACIA DO CABUÇU DE BAIXO

Uso e Ocupação	Área (km ²)	% Área da Bacia
Espaços abertos	22,92	53,80
Residencial horizontal baixo padrão	5,87	13,77
Residencial horizontal médio/alto padrão	4,22	9,91
Ruas e Estradas	3,03	7,11
Calçada e outros	1,57	3,69
Residencial e comércio e serviço	1,42	3,32
Residencial vertical baixo padrão	0,92	2,16
Comércio e serviço	0,68	1,60
Residencial e industrial	0,57	1,33
Residencial vertical médio/alto padrão	0,47	1,09
Equipamentos Urbanos	0,45	1,05
Comércio e serviço e industrial	0,31	0,73
Industrial	0,10	0,24
Massa d'água	0,09	0,21

Os parques e áreas verdes existentes na Bacia do Cabuçu de Baixo e adjacências estão localizadas no mapa da FIGURA 2.8.

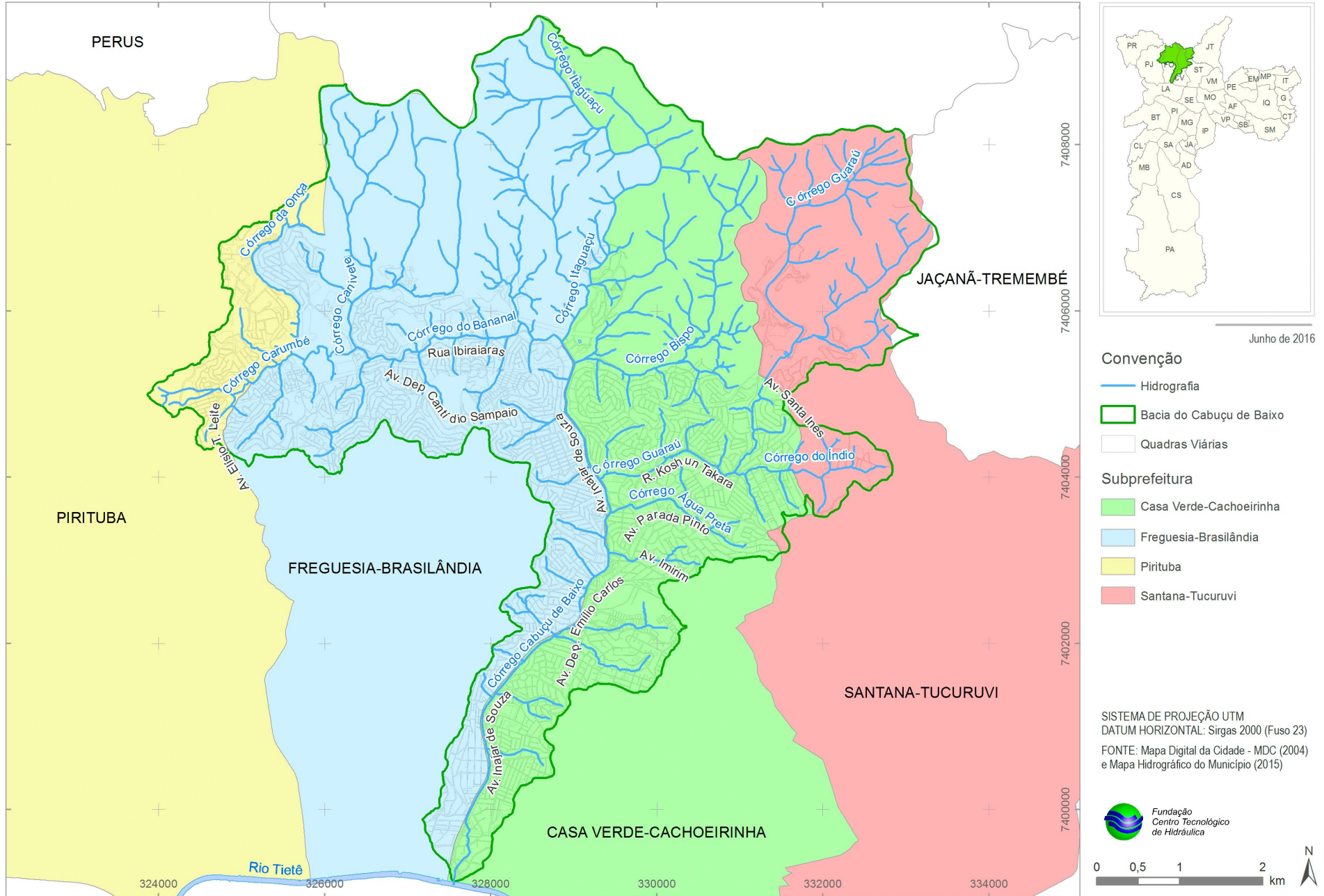


FIGURA 2.6 Subprefeituras inseridas na Bacia do Córrego Cabeçu de Baixo

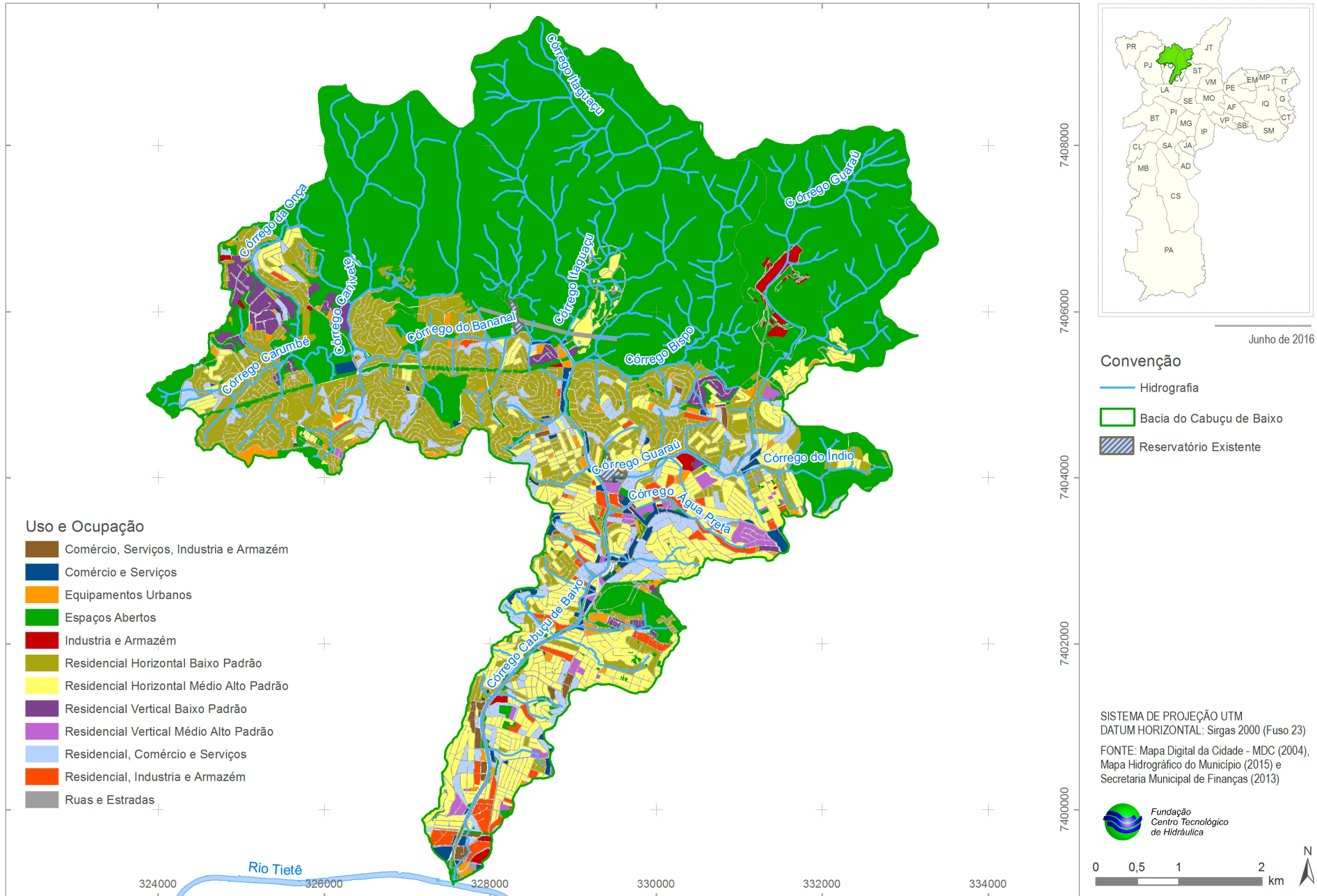


FIGURA 2.7 Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo

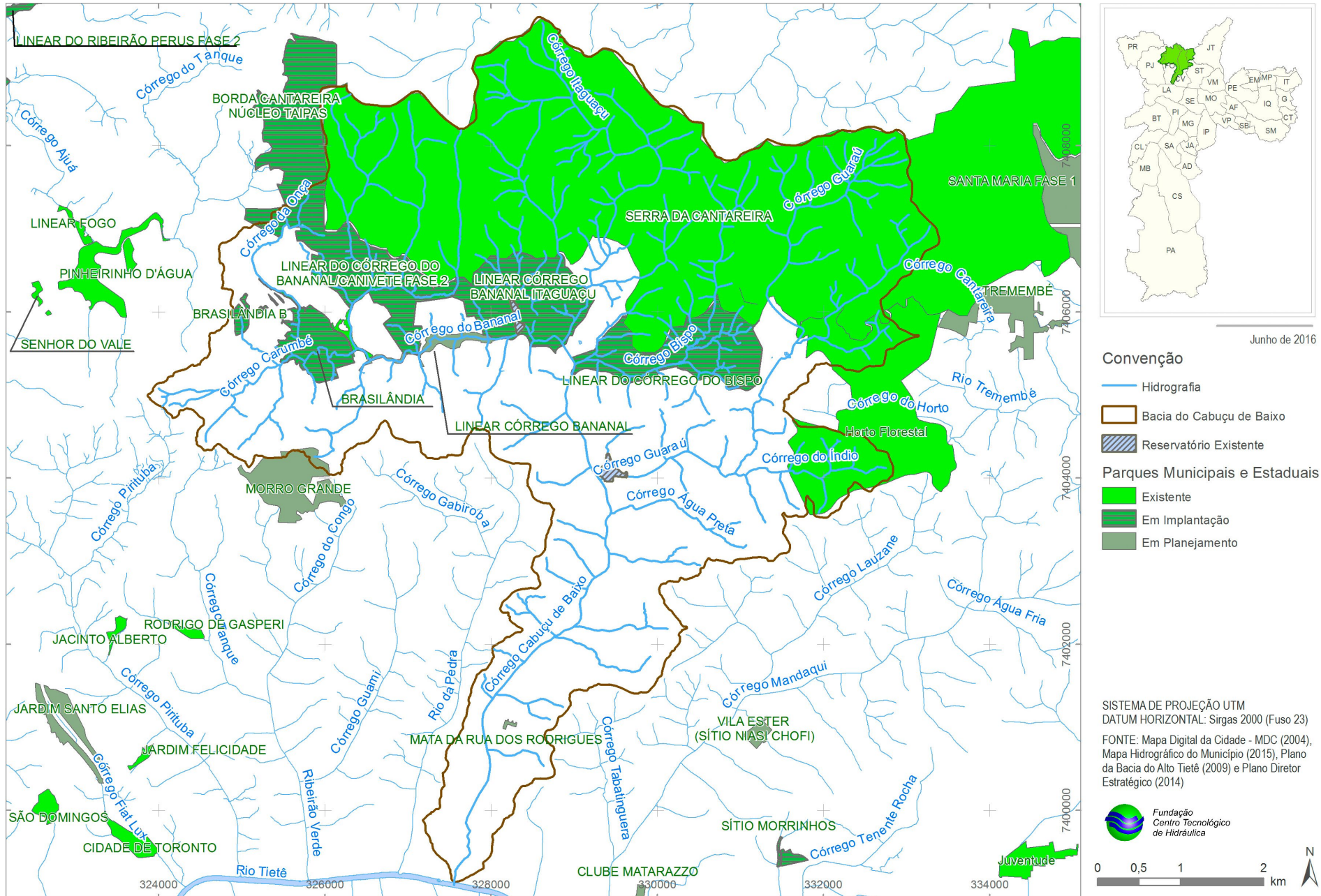


FIGURA 2.8 Parques municipais e estaduais da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



2.7 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento da Bacia do Cabuçu de Baixo se insere no contexto do Plano Regional Estratégico das subprefeituras Santana-Tucuruvi, Casa Verde-Cachoeirinha, Freguesia-Brasilândia e Pirituba.

O Plano Diretor Estratégico – PDE (Lei nº 16.050/2014) orienta o planejamento urbano municipal e seus objetivos, diretrizes e prioridades devem ser respeitados, dentre outros, pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Planos Regionais das Subprefeituras, Planos de Bairros, planos setoriais de políticas urbano-ambientais e demais normas correlatas.

O PDE divide o território do Município de São Paulo em duas macrozonas, cada uma subdividida em quatro macroáreas. As macroáreas se caracterizam por áreas homogêneas que orientam, ao nível do território, os objetivos específicos de desenvolvimento urbano e a aplicação dos instrumentos urbanísticos e ambientais.

- Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana:
 - Macroárea de Estruturação Metropolitana
 - Macroárea de Urbanização Consolidada
 - Macroárea de Qualificação da Urbanização
 - Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana

- Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental
 - Macroárea de Redução da Vulnerabilidade e Recuperação Ambiental
 - Macroárea de Controle e Qualificação Urbana e Ambiental
 - Macroárea de Contenção Urbana e Uso Sustentável
 - Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais

Dentre os objetivos da Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana estão a promoção da convivência mais equilibrada entre a urbanização e a conservação ambiental; a compatibilização do uso e ocupação do solo com a oferta de sistemas de transporte coletivo e de infraestrutura para os serviços públicos; a redução das situações de vulnerabilidades urbanas; a diminuição das desigualdades na oferta e distribuição dos serviços e a manutenção, proteção e requalificação das zonas exclusivamente residenciais.

A Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental tem dentre seus objetivos a conservação e recuperação dos serviços ambientais existentes, em especial aqueles relacionados com a produção da água, biodiversidade, proteção do solo e regulação climática.

As Macroáreas inseridas na Bacia do Cabuçu de Baixo podem ser visualizadas na FIGURA 2.9.



O PDE dá diretrizes para a legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo – LPUOS para atender aos objetivos e diretrizes estabelecidas pelo Plano para as macrozonas, macroáreas e rede de estruturação da transformação urbana. Atendendo a estas diretrizes, foi sancionada no dia 22 de março de 2016 a nova Lei de Zoneamento (Lei nº 16.402/2016).

De acordo com a nova Lei de Zoneamento, as zonas foram organizadas em 3 diferentes agrupamentos:

- **Territórios de transformação:** objetiva a promoção do adensamento construtivo e populacional das atividades econômicas e dos serviços públicos, a diversificação de atividades e a qualificação paisagística dos espaços públicos de forma a adequar o uso do solo à oferta de transporte público coletivo. (Formado pelas zonas: ZEU | ZEUP | ZEM | ZEMP).
- **Territórios de qualificação:** buscam a manutenção de usos não residenciais existentes, o fomento às atividades produtivas, a diversificação de usos ou o adensamento populacional moderado, a depender das diferentes localidades que constituem esses territórios. (Formado pelas zonas: ZOE | ZPI | ZDE | ZEIS | ZM | ZCOR | ZC).

- **Territórios de preservação:** áreas em que se objetiva a preservação de bairros consolidados de baixa e média densidades, de conjuntos urbanos específicos e territórios destinados à promoção de atividades econômicas sustentáveis conjugada com a preservação ambiental, além da preservação cultural. (Formado pelas Zonas: ZEPEC | ZEP | ZEPAM | ZPDS | ZER | ZPR).

A área da Bacia do Cabuçu de Baixo, pertencente aos Planos Regionais das Subprefeituras Santana-Tucuruvi, Casa Verde-Cachoeirinha, Freguesia-Brasilândia e Pirituba, apresenta seu zoneamento classificado conforme indica a FIGURA 2.10.

A TABELA 2.2 indica a área correspondente a cada zona de uso e ocupação na bacia, com suas descrições.

A partir das zonas de uso são estabelecidos valores limites para a taxa de permeabilidade mínima (Quadro 3A – da Lei nº 16.402/2016), possibilitando a formulação de um cenário futuro de impermeabilização, ou seja, a situação máxima permitida por lei. O resultado desta análise é apresentado no próximo Capítulo, no Mapa de Impermeabilização Permitida.

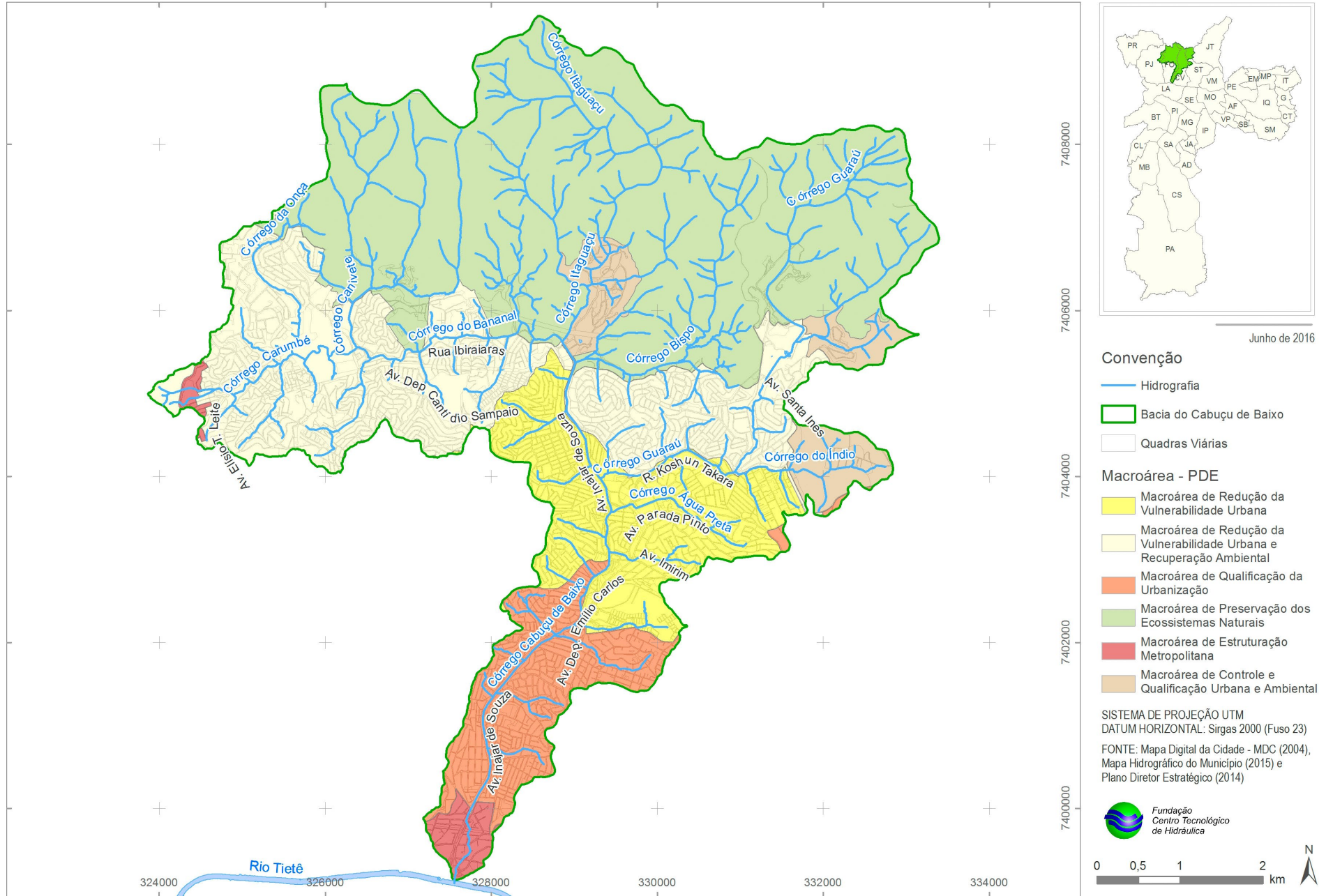


FIGURA 2.9 Macroáreas de Uso e Ocupação do Solo – PDE (LEI Nº 16.050/2014), na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo

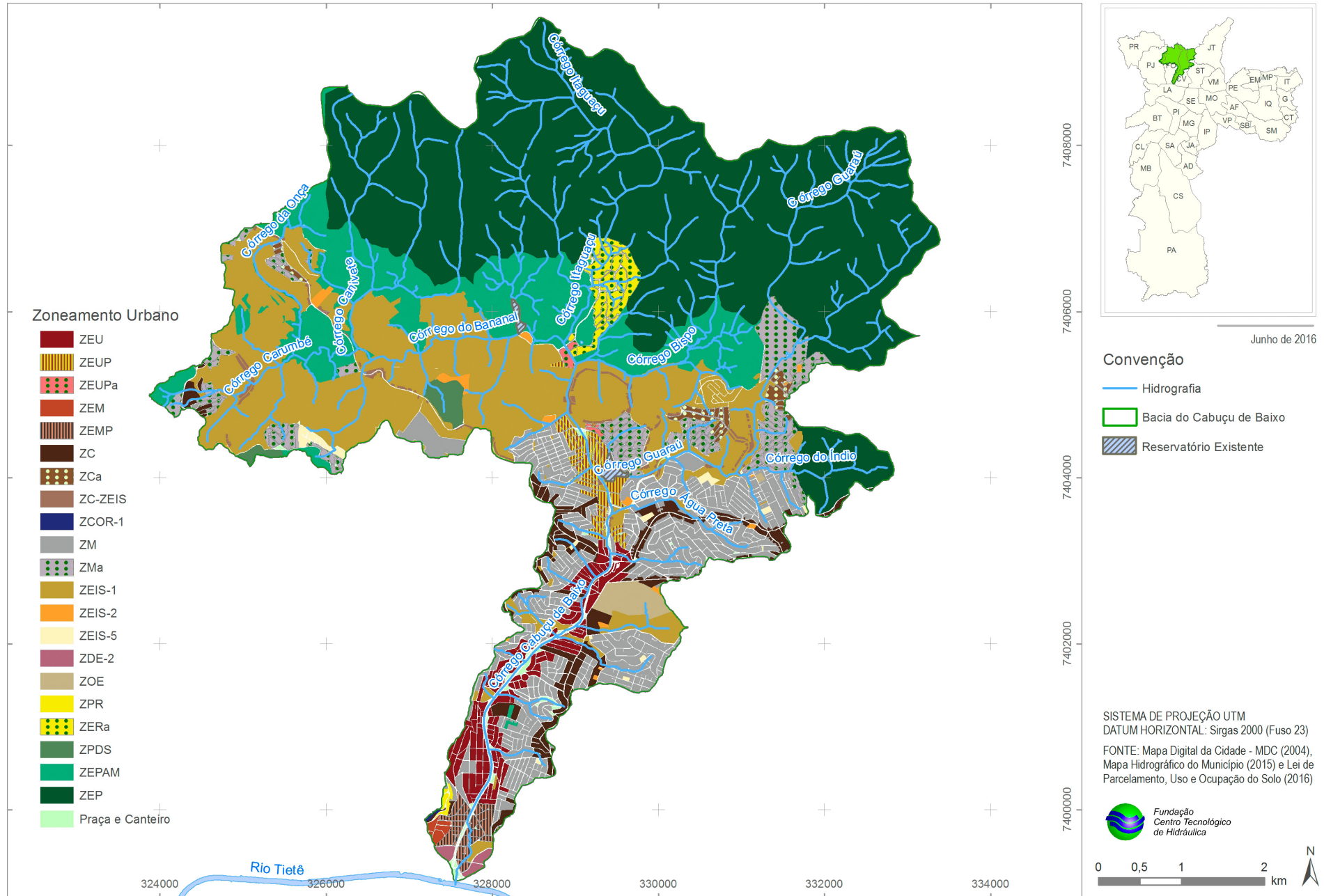


FIGURA 2.10 Zoneamento Urbano da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



TABELA 2.2 – ÁREAS CORRESPONDENTES AS ZONAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA

Zonas	Sigla	Área (%)	Descrição da Zona
Zona Especial de Preservação	ZEP	42,01	Porções do território destinadas a parques estaduais considerados unidades de conservação, parques naturais municipais existentes e outras Unidades de Proteção Integral definidas pela legislação federal (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) existentes e que vierem a ser criadas no Município, tendo por objetivo a preservação dos ecossistemas e permitindo apenas a pesquisa, o ecoturismo e a educação ambiental
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	20,22	Áreas caracterizadas pela presença de favelas, loteamentos irregulares e empreendimentos habitacionais de interesse social, e assentamentos habitacionais populares, tendo como objetivo manter a população moradora e promover a regularização fundiária e urbanística, recuperação ambiental e produção de Habitação de Interesse Social
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	11,73	Porções do território do Município destinadas à preservação e proteção do patrimônio ambiental, que têm como principais atributos remanescentes de Mata Atlântica e outras formações de vegetação nativa, arborização de relevância ambiental, vegetação significativa, alto índice de permeabilidade e existência de nascentes, incluindo os parques urbanos existentes e planejados e os parques naturais planejados, que prestam relevantes serviços ambientais, entre os quais a conservação da biodiversidade, controle de processos erosivos e de inundação, produção de água e regulação microclimática
Zona Mista	ZM	9,91	Porções do território destinadas a promover usos residenciais e não residenciais, com predominância do uso residencial
Zona Mista Ambiental	ZMa	3,82	Porções do território localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, com parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida macrozona



TABELA 2.2 – ÁREAS CORRESPONDENTES AS ZONAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA

Zonas	Sigla	Área (%)	Descrição da Zona
Zona Centralidade	ZC	2,66	Porções do território localizadas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana com atividades de abrangência regional
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana	ZEU	2,51	Zonas inseridas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, com parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida macrozona
Zona Exclusivamente Residencial Ambiental	ZERa	1,24	Áreas destinadas exclusivamente ao uso residencial com predominância de lotes de grande porte, localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto	ZEUP	1,04	Zonas inseridas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, com parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida macrozona e com a perspectiva de ampliação da infraestrutura de transporte público coletivo;
Zonas de Ocupação Especial	ZOE	0,73	Porções do território que, por suas características específicas, necessitem de disciplina especial de parcelamento, uso e ocupação do solo
Zona Centralidade Lindeira à ZEIS	ZC-ZEIS	0,66	Porções do território formadas pelos lotes lindeiros às vias que exercem estruturação local ou regional, lindeiras a ZEIS-1, destinadas majoritariamente a incentivar os usos não residenciais, de forma a promover a diversificação dos usos com a habitação de interesse social, a regularização fundiária de interesse social e a recuperação ambiental
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto	ZEMP	0,65	Porções do território destinadas a promover usos residenciais e não residenciais, bem como a qualificação paisagística e dos espaços públicos
Zonas de Preservação e Desenvolvimento Sustentável	ZPDS	0,62	Porções do território destinadas à conservação da paisagem e à implantação de atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados, em especial os relacionados às cadeias produtivas da agricultura, da extração mineral e do turismo, de densidades demográfica e construtiva baixas – localizadas na Zona Urbana



TABELA 2.2 – ÁREAS CORRESPONDENTES AS ZONAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA

Zonas	Sigla	Área (%)	Descrição da Zona
Zona Centralidade Ambiental	ZCa	0,58	Porções do território localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental com atividades de abrangência regional
Praça e Canteiro	-	0,44	Praça e Canteiro
Zona Especial de Interesse Social 2	ZEIS-2	0,34	Áreas caracterizadas por glebas ou lotes não edificados, adequados à urbanização e onde haja interesse público ou privado em produzir Empreendimentos de Habitação de Interesse Social
Zona Especial de Interesse Social 5	ZEIS-5	0,32	Lotes ou conjunto de lotes, preferencialmente vazios, situados em áreas dotadas de serviços, equipamentos e infraestruturas urbanas, onde haja interesse privado em produzir empreendimentos habitacionais de mercado popular e de interesse social
Zona de Desenvolvimento Econômico 2	ZDE-2	0,19	Áreas que apresentam atividades produtivas de grande porte e vocação para a instalação de novas atividades de alta intensidade de conhecimento e tecnologia, além de usos residenciais e comerciais
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana	ZEM	0,13	Porções do território destinadas a promover usos residenciais e não residenciais, bem como a qualificação paisagística e dos espaços públicos
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto Ambiental	ZEUPa	0,12	Zonas inseridas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, com parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida macrozona e com a perspectiva de ampliação da infraestrutura de transporte público coletivo
Zona Predominantemente Residencial	ZPR	0,08	Porções do território destinadas majoritariamente ao uso residencial, bem como a atividades não residenciais compatíveis com o uso residencial, com densidades construtiva e demográfica baixas
Zona Corredor 1	ZCOR-1	0,02	Trechos de vias destinados à diversificação de usos de forma compatível à vizinhança residencial



2.8 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

Os aspectos populacionais de uma sociedade, incluindo a análise das componentes demográficas, tamanho da população, alterações no tempo, sua distribuição espacial e a composição segundo diferentes características, são essenciais para o planejamento de áreas urbanas.

A FIGURA 2.11 apresenta a densidade populacional da Bacia do Cabuçu de Baixo. No Capítulo 7 é feita uma avaliação do número de lotes atingidos pelas manchas de inundações estimadas pelo modelo.

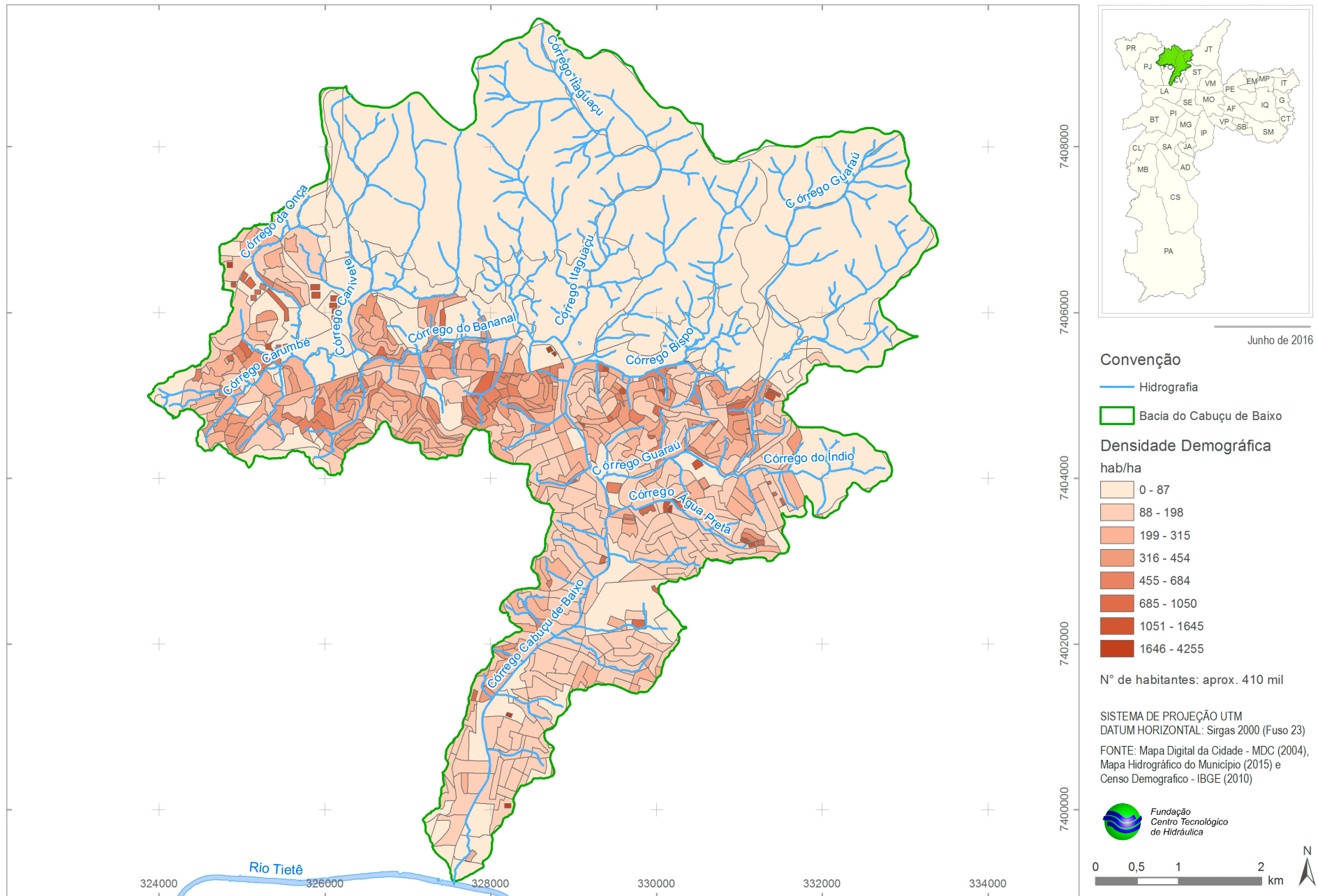


FIGURA 2.11 Densidade Demográfica da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



2.9 SISTEMA VIÁRIO E DE TRANSPORTE COLETIVO

Em se tratando do sistema viário da Bacia do Cabuçu de Baixo, o principal acesso é a Avenida Inajar de Souza, ao longo de toda a extensão desta avenida encontra-se o Córrego Cabuçu de Baixo, conforme ilustrado na FIGURA 2.12.

É importante destacar a implantação do Trecho Norte do Rodoanel Mario Covas, cujo traçado corta a bacia na parte norte próximo à Serra da Cantareira. Contudo não haverá interligação desta rodovia com o sistema viário da Bacia do Cabuçu de Baixo.

Na FIGURA 2.12 também é apresentado o sistema de transporte coletivo da Bacia do Cabuçu de Baixo, são apontados os modais existentes e planejados. A bacia conta com um Corredor de Ônibus Municipal, que liga a região da Lapa e o Terminal de Ônibus Municipal Vila Nova Cachoeirinha. Este terminal está localizado na Avenida Inajar de Souza com a Avenida Itaberaba.

Outros três corredores estão planejados para os anos de 2016 e 2025. No ano de 2016 está planejado um Corredor de Ônibus Municipal na Avenida Inajar de Souza e Avenida General Penha Brasil, que ligará o Terminal Vila Nova Cachoeirinha até a Avenida Arquiteto Roberto Aflalo, ao norte da bacia. Em 2025 deverão ser implantados outros dois corredores, um deles ligaria a Avenida Imirim e a Avenida Deputado Cantídio Sampaio, passando pelo Terminal Vila Nova Cachoeirinha, o

outro corredor ligaria a Avenida Imirim e a Avenida Santa Inês, no leste da bacia.

2.10 INUNDAÇÕES NA BACIA DO CABUÇU DE BAIXO

Na Bacia do Cabuçu de Baixo os locais suscetíveis à inundações, foram levantados com base nas informações da SIURB, subprefeituras, Plano de Macrodrenagem (PDMAT3) e complementado com o levantamento de campo para apurar os pontos de inundação na bacia. A FIGURA 2.13 apresenta o diagnóstico das inundações na bacia.

Quando analisamos a localização das áreas suscetíveis a inundações na bacia é possível notar que elas se concentram na região central da bacia, principalmente nas imediações dos córregos do Bananal e do Bispo. Também são encontradas áreas de inundação a montante da confluência do Córrego do Índio com o Córrego do Bananal em ambos os cursos d'água; no córrego da Rua Agenor Alves Meira na margem direita do Córrego Cabuçu de Baixo; e por fim na região próxima da foz do Córrego Cabuçu de Baixo em sua margem esquerda.

No Capítulo Memorial Fotográfico são apresentadas fotos dos locais onde ocorrem inundações frequentes, além de outros pontos de interesse da bacia.

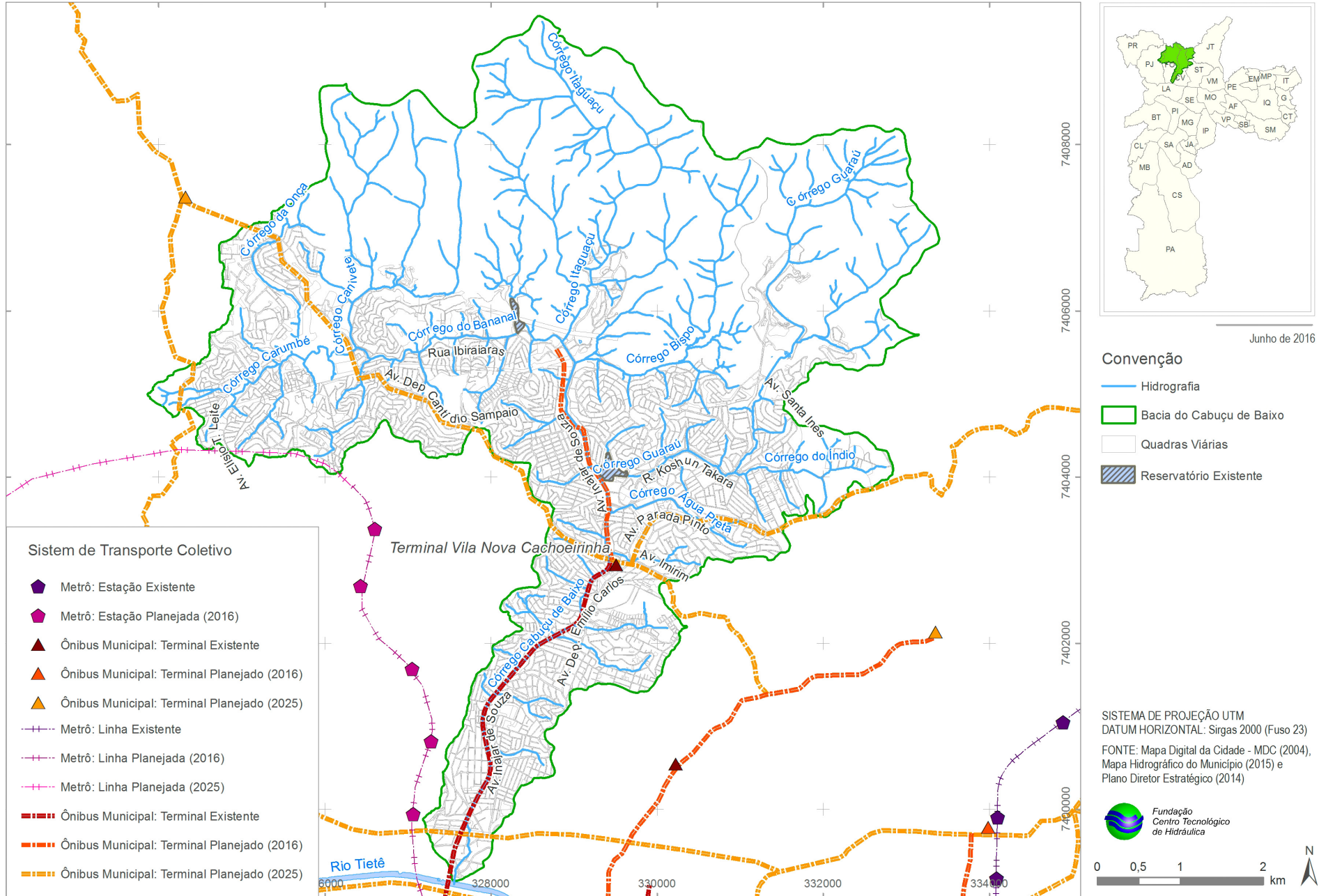


FIGURA 2.12 Sistema Viário e de Transporte Coletivo da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo e adjacências

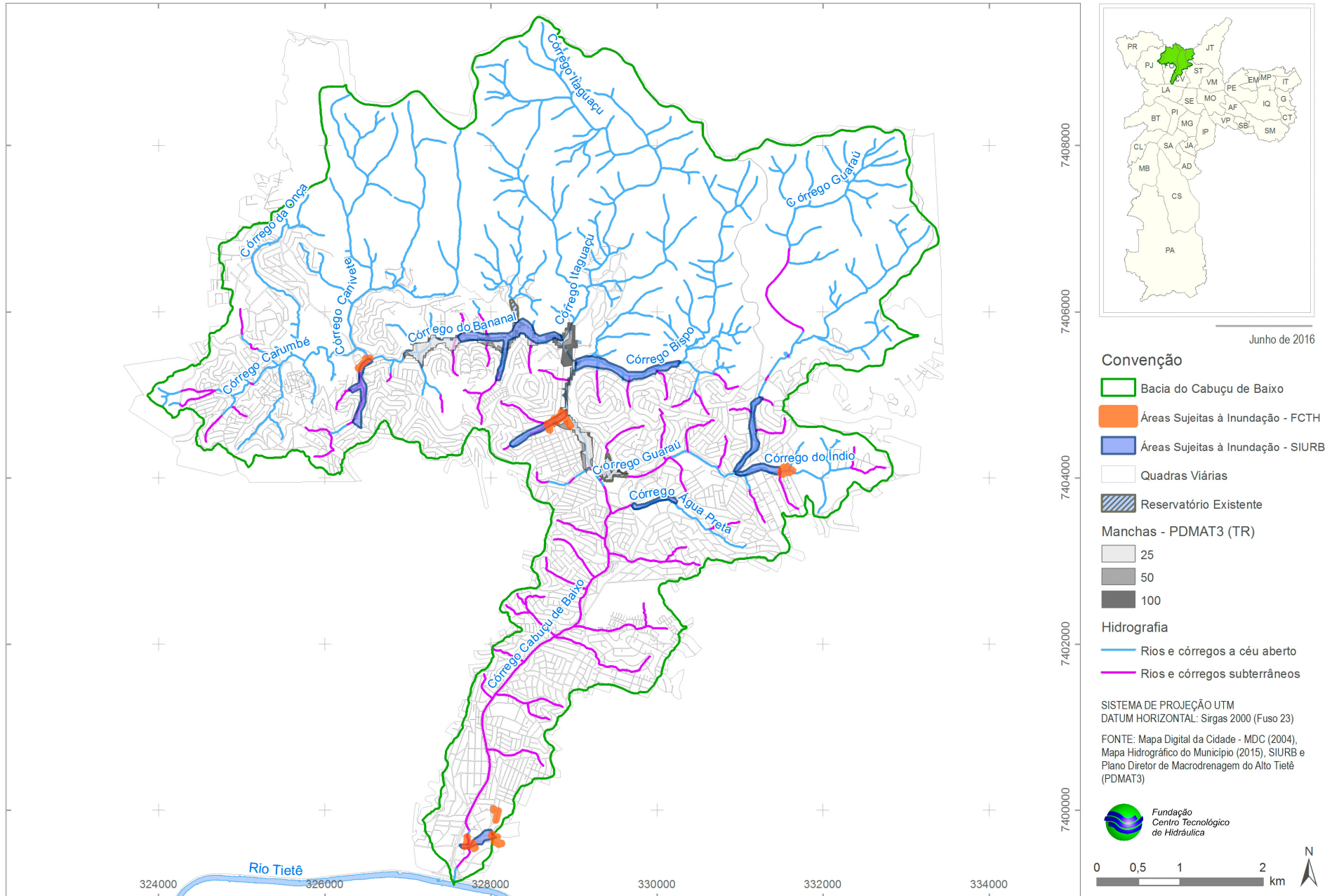
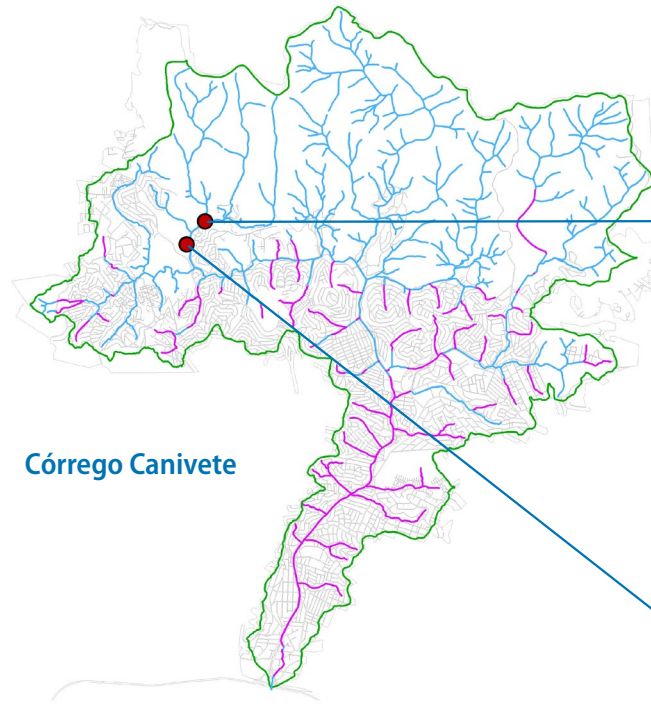


FIGURA 2.13 Diagnóstico das Inundações na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo

3

Memorial fotográfico

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico da Bacia do Cabuçu de Baixo ao longo de seu corpo hídrico principal e de seus principais afluentes, iniciando de montante para jusante, conforme indicada na localização do Mapa de referência, ao lado das fotos.



Córrego Canivete



Parque Linear do Canivete

Parque Linear do Canivete



FIGURA 3.1 Imagens do Córrego Canivete nas imediações do Parque Linear



Córrego do Bananal

Vista a jusante do Parque Linear do Canivete



Limite inferior do Parque Linear do Canivete



FIGURA 3.2 Imagens do Córrego do Bananal, logo a jusante do Parque Linear do Canivete



Córrego do Bananal –
Piscinão do Bananal

Montante



Jusante

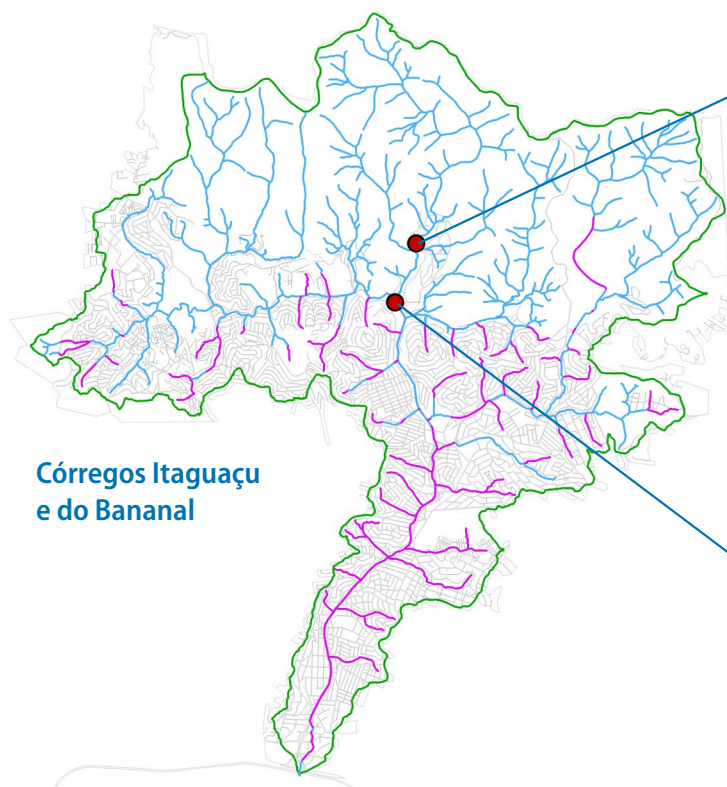


Reservatório do Bananal



Foto: Luciano Piva, cedida pela SMSP

FIGURA 3.3 Imagens do Córrego do Bananal, nas imediações do Reservatório do Bananal



Córregos Itaguaçu e do Bananal

Córrego Itaguaçu



Córrego do Bananal, na confluência com o Córrego Itaguaçu



FIGURA 3.4 Imagens dos córregos do Bananal e Itaguaçu



Córregos do Bispo e Guaraú

Córrego Guaraú, a jusante da ETA do Guaraú e a montante da Barragem de Contenção



Vista do trecho final do Córrego do Bispo, junto à Av. Inajar de Souza



FIGURA 3.5 Imagens dos córregos do Bispo e Guaraú



Canal do Córrego Guaráu



FIGURA 3.6 Imagens do canal do Córrego Guaráu



Córrego Guaraú

Reservatório Guaraú

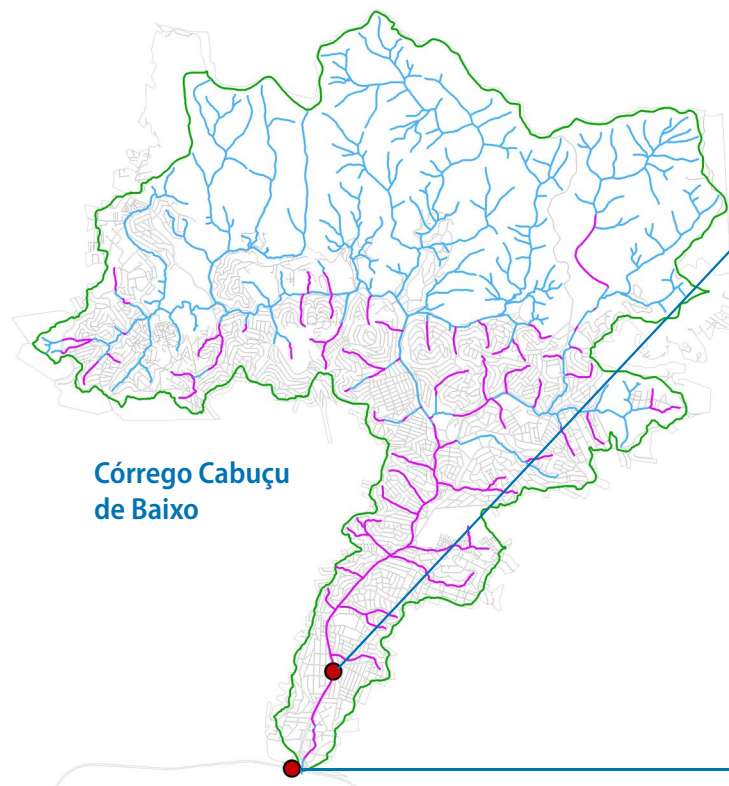


Foto: Luciano Piva, cedida pela SMSP

Vista do interior do Reservatório Guaraú



FIGURA 3.7 Imagens do Reservatório Guaraú



Rampa de acesso ao interior da galeria principal



Desemboque no Rio Tietê



FIGURA 3.8 Imagens do Córrego Cabuçu de Baixo

4

Estudo hidrológico

A hidrologia urbana é a ciência das águas que trata das fases do ciclo hidrológico que ocorrem nas bacias hidrográficas urbanizadas ou em processo de urbanização.

Os componentes principais do ciclo são: as precipitações, a infiltração da água no solo, as perdas por evaporação ou por evapotranspiração, as retenções temporárias em depressões do terreno, a geração do escoamento superficial direto e o escoamento nos sistemas de drenagem, naturais ou artificiais.

Dessa forma, é necessário conhecer o elemento gerador do processo que é a precipitação: sua magnitude, o risco de ocorrência, sua distribuição temporal e espacial.

Na hidrologia urbana, é fundamental conhecer detalhadamente as características da ocupação da bacia hidrográfica, pois isso influi diretamente nas taxas de infiltração, que resultam na chuva excedente, que por sua vez produz a vazão dos cursos d'água. Além disso, as características fisiográficas da bacia, como área drenada, declividade e forma, e o grau de intervenções no sistema de drenagem natural, canais, galerias, reservatórios de detenção, etc., determinam a velocidade com que a água se concentra numa determinada seção do curso d'água. Esse processo interfere na magnitude das vazões durante as chuvas intensas.

O estudo hidrológico realizado contempla uma breve análise das precipitações ocorridas na Bacia do Córrego Cabuçu de



Baixo, a partir dos registros dos postos da rede telemétrica, e das chuvas de projeto. Para a obtenção dos hidrogramas de projeto foram analisados os parâmetros do escoamento superficial por sub-bacia de drenagem, tais como o tempo de concentração, o CN (Curve Number) e a impermeabilização atual e a impermeabilização máxima permitida, segundo a atual LPUOS.

Para estimativa da vazão de projeto foi utilizado o modelo SWMM – Storm Water Management Model, desenvolvido pela EPA – Environmental Protection Agency, na interface gráfica PCSWMM em ambiente Windows. Foi considerada para o cálculo da infiltração a metodologia do CN, desenvolvida pelo Soil Conservation Service. O modelo utiliza o método da Onda Dinâmica, que resolve as equações completas de Saint-Vennan para o estudo do escoamento superficial.

4.1 POSTOS DA REDE TELEMÉTRICA UTILIZADOS NO ESTUDO

Os postos da rede telemétrica do Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo (SAISP) coletam dados a cada 10 minutos, onde são registrados os índices pluviométricos e o nível dos córregos no Município de São Paulo.

Os dados de chuva estão integrados aos do Radar Meteorológico de São Paulo de modo a se obter informação mais precisa dos eventos. Esses dados serviram de entrada no modelo chuva-vazão empregado neste estudo.

As informações de nível d'água, por sua vez, foram utilizadas como referência para a calibração da modelagem hidráulico-hidrológica utilizada.

Há hoje na Bacia do Cabuçu de Baixo um posto pluviométrico em operação, mas existem dados de outros dois postos que operavam até o ano de 2013 na bacia, conforme descrição a seguir:

- Posto Freguesia do Ó (PMSP/FO-01) – estação pluviométrica em operação, série de dados de 06/09/2012 – atual;
- Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01) – estação pluviométrica fora de operação, série de dados de 30/11/2011 – 25/07/2012;
- Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante – estação pluviométrica/fluviométrica fora de operação, série de dados de 15/10/2007 – 09/03/2013.

A FIGURA 4.1 indica a localização dos postos da rede de monitoramento na bacia.

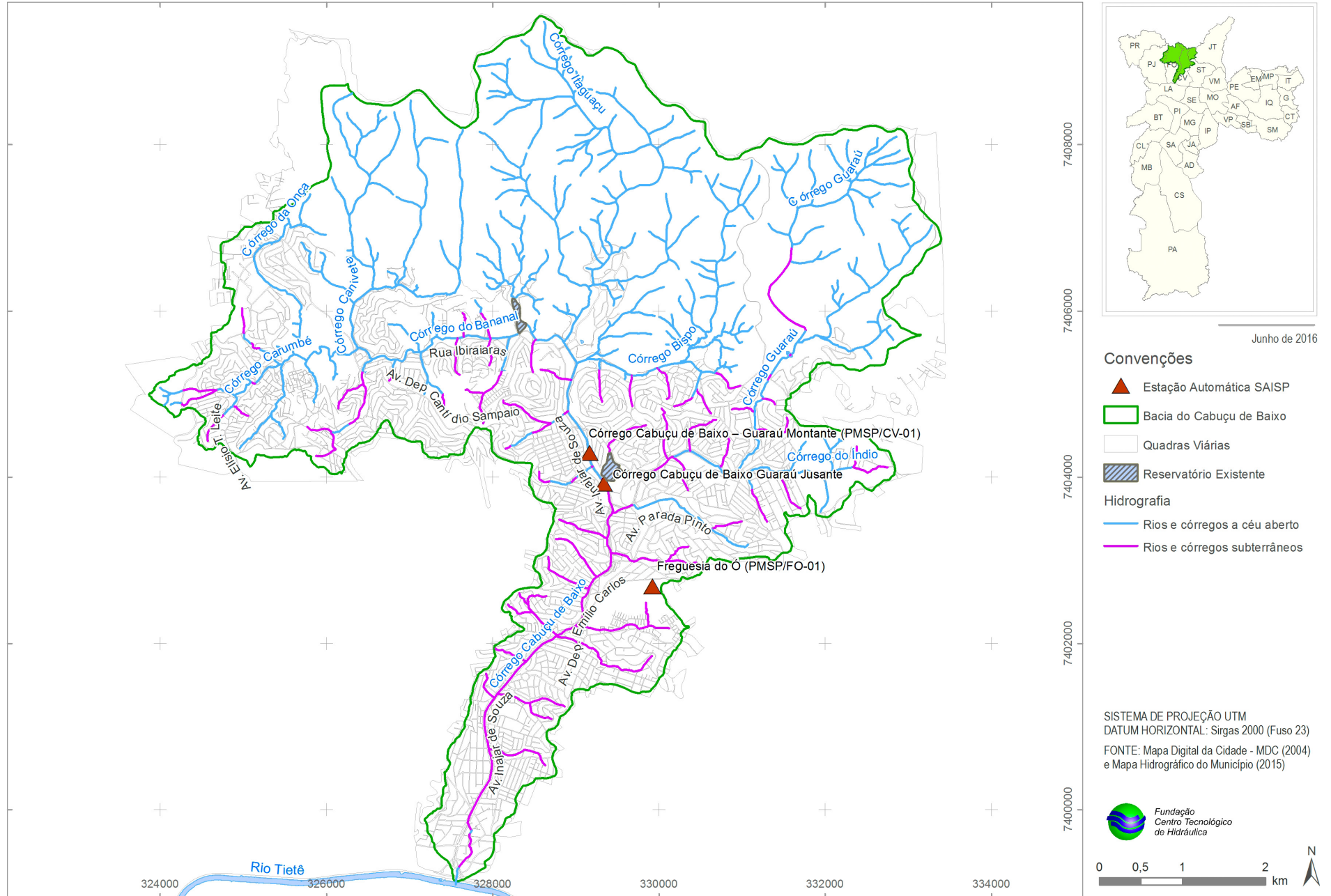


FIGURA 4.1 Localização dos Postos da Rede Telemétrica de Hidrologia do SAISP na Bacía do Córrego Cabuçu de Baixo



A FIGURA 4.2 apresenta a série histórica dos dados pluviométricos diários registrados no Posto “Freguesia do Ó (PMSP/FO-01)” desde o início da operação.

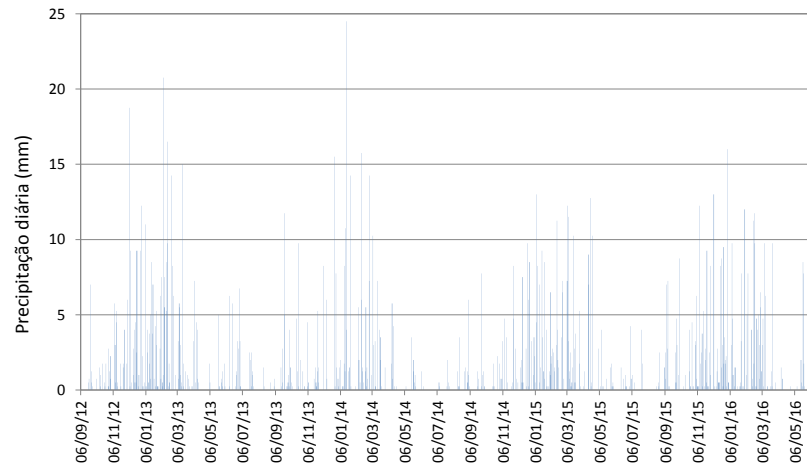


FIGURA 4.2 Série Histórica do Posto Freguesia do Ó (PMSP/FO-01)

Na FIGURA 4.3 está indicada a precipitação média mensal neste posto.

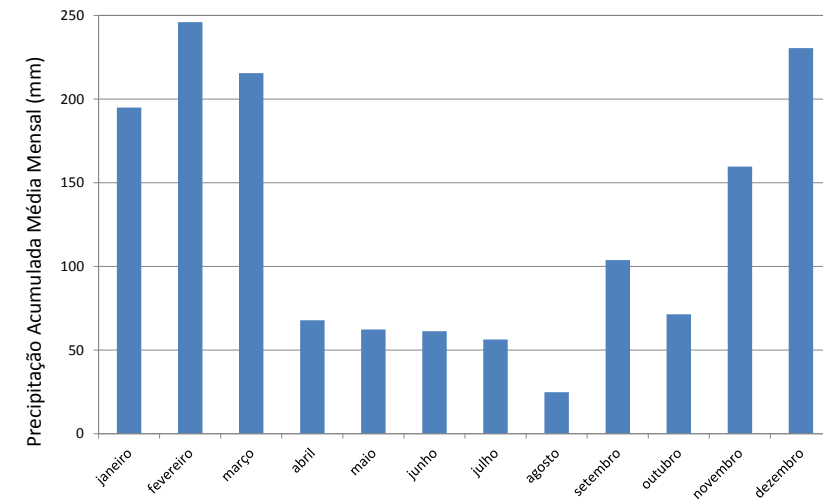


FIGURA 4.3 Precipitação média mensal no Posto Freguesia do Ó (PMSP/FO-01)



A FIGURA 4.4 apresenta a série histórica dos dados de nível diários registrados no Posto “Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01)” durante sua operação.

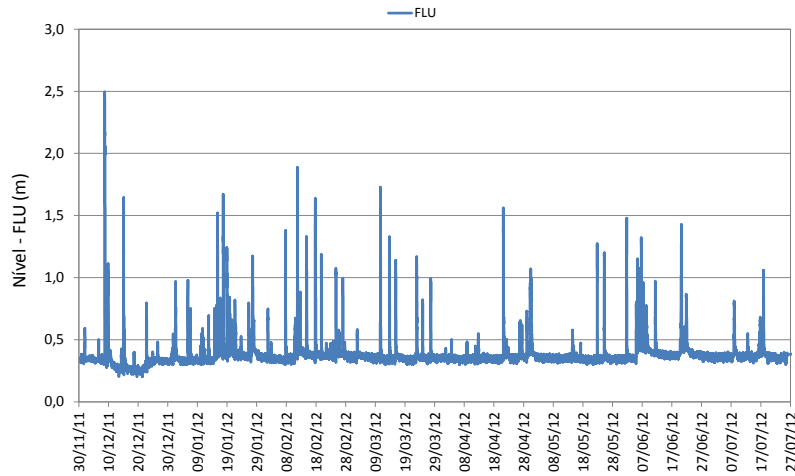


FIGURA 4.4 Série Histórica do Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01)

A FIGURA 4.5 apresenta a série histórica dos dados pluviométricos e fluviométricos diários registrados no Posto “Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante” durante sua operação.

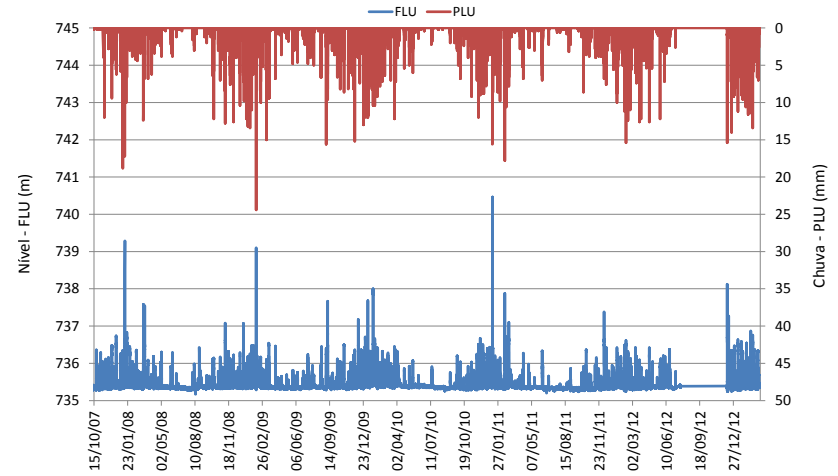


FIGURA 4.5 Série Histórica do Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante



Na FIGURA 4.6 está indicada a precipitação média mensal neste posto.

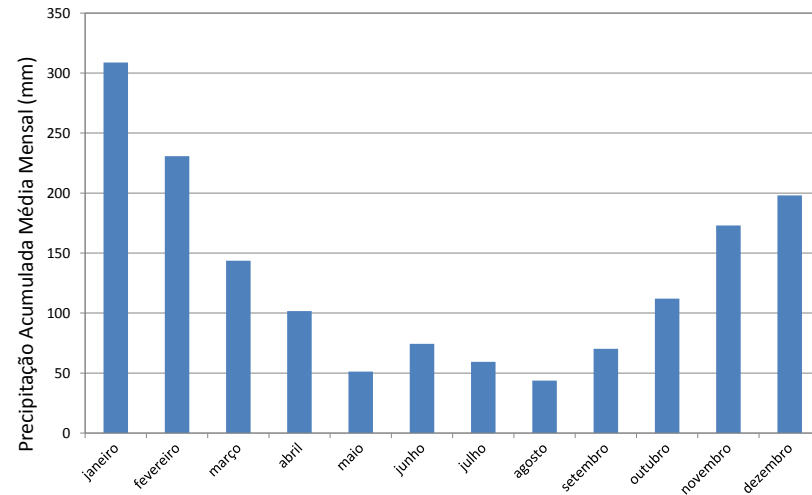


FIGURA 4.6 Precipitação média mensal no Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante

4.2 CHUVA DE PROJETO

A chuva de projeto consiste em um evento crítico de precipitação construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva natural e com base em parâmetros de resposta da bacia hidrográfica. Estas características

estatísticas e parâmetros são considerados através de dois elementos básicos:

- T_r – período de retorno da precipitação de projeto (anos);
- D_c – duração crítica do evento (min).

As precipitações de projeto são determinadas a partir de relações intensidade-duração-frequência (IDF) da bacia contribuinte.

As IDF's fornecem a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno. A altura de precipitação pode ser obtida pela multiplicação da intensidade fornecida pela IDF pela sua correspondente duração.

As chuvas intensas na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo foram estimadas através da equação IDF de São Paulo, ajustada para o posto do Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH).

$$i_{t,T} = A(t+B)^C + D(t+E)^F \left\{ G + H \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\}$$

válida para $10 \leq t \leq 1.440$ min, onde:

$$A = 39.302$$

$$B = 20$$



$$C = -0,923$$

$$D = 10,177$$

$$E = 20$$

$$F = -0,876$$

$$G = -0,465$$

$$H = -0,841$$

t é a duração da chuva em minutos;

T é o período de retorno da chuva em anos;

i é a intensidade da chuva em mm/min.

A tormenta de projeto frequentemente utilizada em projetos hidrológicos para bacias urbanas muito pequenas é uma chuva de intensidade constante. Tal hipótese se fundamenta no fato de que a causa crítica das enchentes é a curta duração ou elevada intensidade de precipitação. Pode ser demonstrado que o pico do escoamento superficial ocorre quando toda a área de

drenagem contribui para o ponto em consideração. Nestes estudos adotou-se a duração da chuva crítica de 2 horas.

A distribuição temporal dos volumes precipitados condiciona o volume infiltrado e a forma do hidrograma de escoamento superficial direto originado pela chuva excedente.

Os métodos existentes para determinação da distribuição temporal de uma tormenta classificam-se em métodos que se utilizam da análise de eventos de tormenta e métodos que utilizam as relações IDF.

Dentre os métodos existentes para se estabelecer a distribuição temporal de uma precipitação máxima, foi utilizado o método dos blocos alternados, cuja distribuição temporal da chuva é conseguida utilizando-se dados das relações IDF.

A TABELA 4.1 apresenta o hietograma de projeto para os períodos de retorno de 2, 10, 25, 50 e 100 anos, discretizados em 5 min.



TABELA 4.1 – HIETOGRAMA DE PROJETO PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO

t (min)	P (mm)				
	TR 2	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
5	0,44	0,73	0,87	0,98	1,08
10	0,50	0,82	0,98	1,10	1,21
15	0,57	0,93	1,11	1,25	1,38
20	0,66	1,08	1,28	1,44	1,59
25	0,79	1,26	1,51	1,68	1,86
30	0,95	1,52	1,81	2,02	2,23
35	1,18	1,87	2,22	2,48	2,74
40	1,53	2,40	2,84	3,16	3,48
45	2,07	3,22	3,80	4,23	4,65
50	3,00	4,63	5,44	6,05	6,65
55	4,87	7,42	8,70	9,65	10,59
60	9,60	14,40	16,82	18,62	20,40
65	6,62	10,00	11,71	12,97	14,23
70	3,76	5,76	6,77	7,51	8,25
75	2,47	3,82	4,50	5,00	5,51
80	1,76	2,76	3,26	3,63	4,00
85	1,34	2,11	2,50	2,79	3,07
90	1,06	1,68	2,00	2,23	2,46
95	0,86	1,38	1,64	1,84	2,03
100	0,72	1,16	1,39	1,55	1,72
105	0,61	1,00	1,19	1,34	1,48
110	0,53	0,87	1,04	1,17	1,29
115	0,47	0,77	0,92	1,03	1,14
120	0,41	0,69	0,82	0,92	1,02

A precipitação total acumulada para os períodos de retorno analisados é apresentada na TABELA 4.2

TABELA 4.2 – PRECIPITAÇÃO TOTAL ACUMULADA

P (mm)				
TR 2	TR 10	TR 25	TR 50	TR 100
42	64	76	84	92

4.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O estudo do escoamento superficial inclui a análise de fatores que influenciam a sua geração. Fatores como características climáticas, físicas e de uso e ocupação do solo são fundamentais para o conhecimento do processo de formação do escoamento superficial.

4.3.1 Sub-bacias hidrográficas

A Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo foi dividida em dezoito sub-bacias, obedecendo a contribuição dos afluentes principais.

A TABELA 4.3 indica as principais características físicas de cada sub-bacia. A divisão de sub-bacias é apresentada na FIGURA 4.7.



O tempo de concentração, apresentado na TABELA 4.3, é calculado pelo modelo matemático por meio da equação da onda cinemática e leva em consideração as características hidrológicas e hidráulicas de cada sub-bacia.

$$t_c = 55 \times \left(\frac{n^{0,6} \times L^{0,6}}{I^{0,4} \times S^{0,3}} \right)$$

Onde: t_c é o tempo de concentração (min); n é o coeficiente de Manning; L o comprimento de talvegue (m); I a intensidade da chuva (mm/h) e S a declividade (m/km).

TABELA 4.3 – CARACTERÍSTICAS DAS SUB-BACIAS

Sub-bacia	Área (km ²)	Comprimento de talvegue (km)	Tempo de Concentração (hora)	Declividade média (%)
CB-01	4,09	1,69	1h11	36,68
CB-02	4,74	3,95	1h19	26,57
CB-03	1,47	6,36	2h11	31,20
CB-04	0,78	4,36	1h11	30,02
CB-05	0,12	1,83	1h19	20,13
CB-06	0,58	3,71	2h22	32,73
CB-07	0,48	1,87	1h14	18,69
CB-08	1,16	1,97	1h13	20,07
CB-09	7,36	2,45	1h16	24,97
CB-10	3,78	2,55	1h15	16,10
CB-11	1,61	3,53	1h40	12,60
CB-12	0,75	1,41	1h05	27,08
CB-13	4,87	1,39	1h10	18,30
CB-14	1,88	1,12	0h40	17,92
CB-15	1,60	1,36	1h10	13,84
CB-16	0,41	0,97	1h05	23,28
CB-17	0,72	0,45	0h40	35,39
CB-18	3,35	1,90	1h04	35,55
CB-19	2,86	1,26	1h00	24,08

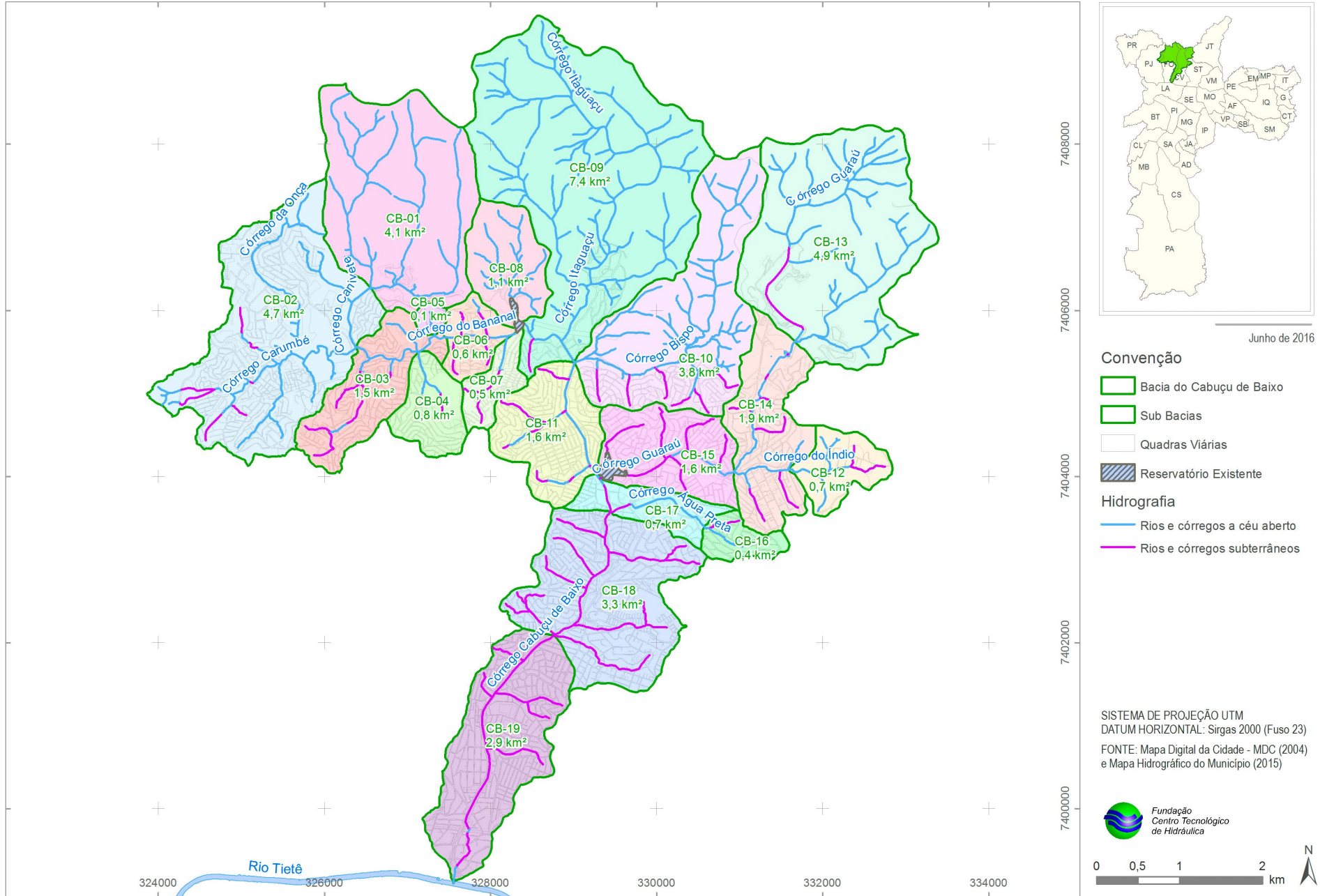


FIGURA 4.7 Sub-bacias do Córrego Cabuçu de Baixo



4.3.2 CN (*Curve Number*)

O CN é um índice para escoamento adimensional baseado no grupo hidrológico de solos, uso e cobertura, condições hidrológicas e condições antecedentes de umidade. O CN é um importante fator que permite avaliar o efeito das alterações no uso e ocupação do solo sobre o escoamento superficial.

O mapeamento do CN foi realizado a partir da constituição geológica da bacia, baseando-se na carta geológica disponível. Assim, foram identificados os litotipos mais significativos sob o ponto de vista hidráulico-hidrológico.

Este índice varia de 0 a 100, valores próximos de zero indicam que a bacia submetida a precipitação intensa gera pouco escoamento superficial. Já valores próximos de 100, indicam que a bacia submetida a mesma precipitação irá produzir elevados volumes de escoamento superficial.

A classificação dos grupos hidrológicos de solo seguiu a metodologia do National Resources Conservation Service (NRCS):

Grupo A – Solos de mais baixo potencial de deflúvio; são solos profundos, de constituição arenosa, com pouco silte e argila.

Podem também ser constituídos por cascalhos, de alta permeabilidade.

Grupo B – Solos com potencial de escoamento (“runoff”) moderadamente baixo. Predominam solos arenosos, menos profundos e menos agregados que o acima (A); o Grupo, como um todo, apresenta, após seu intenso umedecimento, capacidade de infiltração acima da média.

Grupo C – Solos com potencial de escoamento moderadamente alto. Compreende solos rasos e solos contendo consideráveis teores de argilas e colóides, porém inferiores ao Grupo D. Este solo tem infiltração abaixo da média após saturação.

Grupo D – Solos com o mais alto potencial de escoamento. Inclui a maioria das argilas e também solos rasos com sub-horizontes impermeáveis próximos à superfície.

Os valores recomendados de CN em função da classe hidrológica do solo e de seu uso e ocupação são apresentados na TABELA 4.4.



TABELA 4.4 – VALORES RECOMENDADOS PARA O CN

Descrição do Uso do Solo	Classe Hidrológica do Solo – NRCS			
	A	B	C	D
Terra Cultivada				
Sem tratamento para conservação	72	81	88	91
Com tratamento para conservação	62	71	78	81
Pastagem				
Condição Ruim	68	79	86	89
Condição Boa	39	61	74	80
Campo				
Condição Boa	30	58	71	78
Floresta				
Densidade baixa, coberturas pobres, sem cobertura	45	66	77	83
Boa cobertura	25	55	70	77
Espaços abertos, gramados, parques, campos de golfe, cemitérios, etc.				
Condição boa: cobertura de grama em 75% ou mais da área	39	61	74	80
Condição justa: cobertura de grama em 50-75% da área	49	69	79	84
Áreas comerciais e de negócios (85% impermeáveis)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)	81	88	91	93
Residencial – Tamanho médio do lote (% impermeáveis)				
0,05 ha ou menos (65)	77	85	90	92
0,10 ha (38)	61	75	83	87
0,13 ha (30)	57	72	81	86
0,20 ha (25)	54	70	80	85
0,40 ha (20)	51	68	79	84
Estacionamento pavimentado, telhados, calçadas etc.	98	98	98	98
Ruas e estradas				
Pavimentada com meio fio e drenagem	98	98	98	98
Em cascalho	76	85	89	91
Sujas	72	82	87	89

Condição de umidade antecedente II. Fonte: SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2nd Ed, (TR-55), June 1986



Foi adotado o CN médio para cada uso do solo assumindo que possuíam proporções iguais de cada grupo hidrológico de solo, como mostra a TABELA 4.5.

TABELA 4.5 – VALORES DE CN ADOTADOS EM FUNÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DOS SOLOS					
Uso do solo	CN				
	Grupo hidrológico				Média
	A	B	C	D	
Comércio e Serviços	89	92	94	95	93
Equipamento Urbano	89	92	94	95	93
Indústria e Armazém	81	88	91	93	88
Comércio e Serviços, Indústria e Armazém	Média entre os CNs comércio e serviços / indústria e armazém				90
Espaços Abertos	49	69	79	84	70
Massa D'água	98	98	98	98	98
Ruas e Estradas	98	98	98	98	98
Residencial Horizontal Baixo Padrão	77	85	90	92	86
Residencial Horizontal Médio Alto Padrão	77	85	90	92	86
Residencial Vertical Baixo Padrão	77	85	90	92	86
Residencial Vertical Médio Alto Padrão	77	85	90	92	86
Residencial, Comércio e Serviços	Média entre os CNs residencial / comércio e serviços				89
Residencial, Indústria e Armazém	Média entre os CNs residencial / indústria e armazém				87

O CN médio de cada sub-bacia, apresentado na TABELA 4.6, foi determinado a partir da média ponderada espacial dos CNs pela área de cada uso do solo.

TABELA 4.6 – CN MÉDIO POR SUB-BACIA	
Sub-bacia	CN Médio
CB-01	71
CB-02	83
CB-03	86
CB-04	84
CB-05	84
CB-06	84
CB-07	88
CB-08	71
CB-09	71
CB-10	75
CB-11	90
CB-12	75
CB-13	71
CB-14	85
CB-15	89
CB-16	90
CB-17	90
CB-18	88
CB-19	90

A FIGURA 4.8 representa o CN associado a cada uso e ocupação do solo na Bacia do Cabuçu de Baixo.

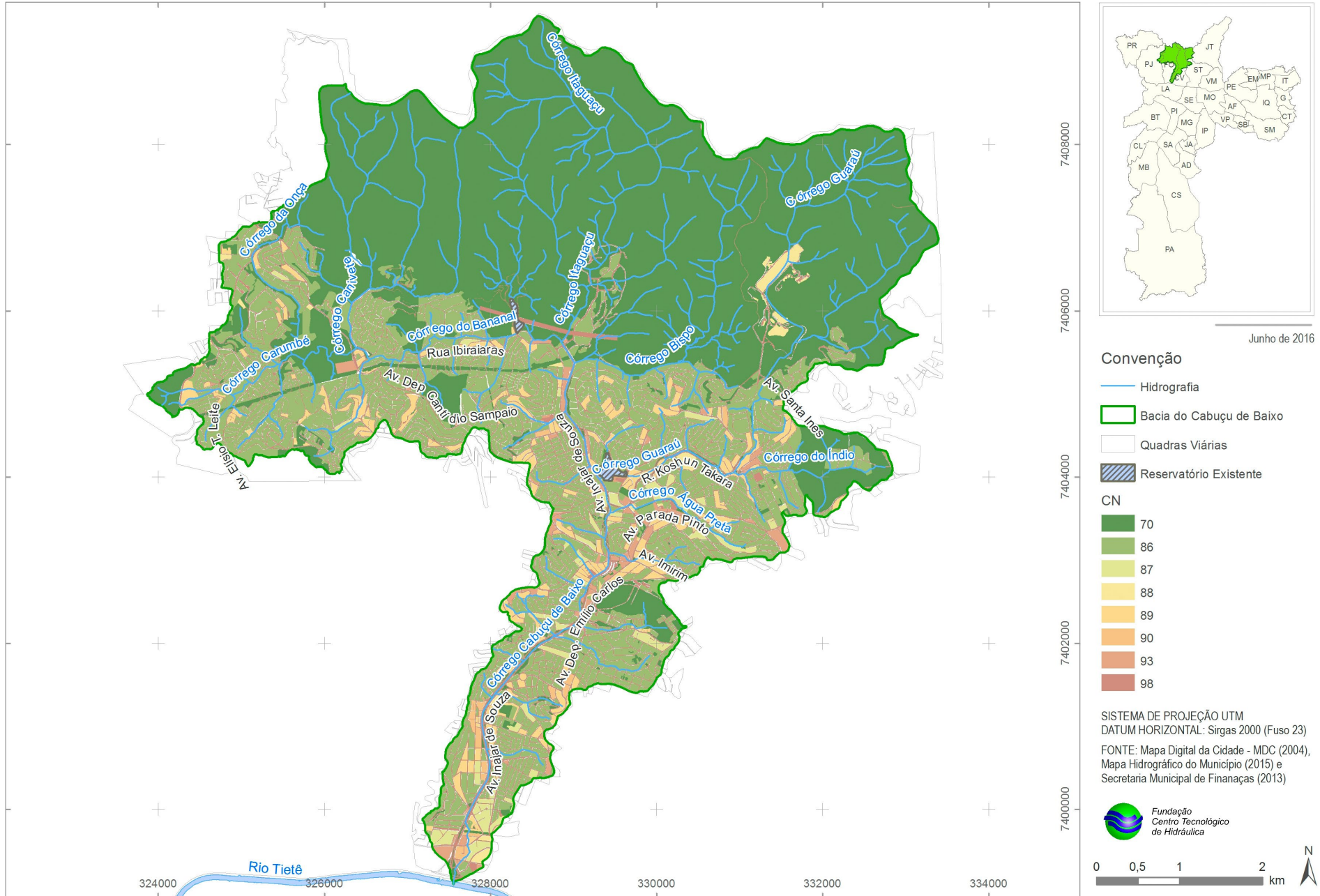


FIGURA 4.8 CN (Curve Number) da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



4.3.3 Impermeabilização da Bacia

A área impermeável foi estimada a partir de um estudo do NRCS, o qual relaciona, para diferentes usos do solo, porcentagens de áreas impermeáveis a valores de coeficientes de escoamento. Assim, foi calculada a taxa de impermeabilização por sub-bacia do Cabuçu de Baixo. A FIGURA 4.9 ilustra a impermeabilização atual da bacia.

Para análise da impermeabilização máxima permitida da bacia foram utilizados os limites para a taxa de permeabilidade mínima estabelecidos pela Lei nº 16.402/2016 (Quadro 3A) que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo.

Os limites estabelecidos foram considerados como sendo o máximo adensamento permitido por lei. O resultado deste estudo gerou o mapa de Impermeabilização Permitida, apresentado na FIGURA 4.10.

A TABELA 4.7 indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia do Cabuçu de Baixo, para a condição atual e máxima permitida por Lei.

Utilizando-se a taxa de permeabilidade mínima estabelecida na Lei nº 16.402/2016 (LPUOS), obteve-se um aumento da parcela de área impermeável na maioria das sub-bacias do Cabuçu de Baixo.

TABELA 4.7 – ÁREA IMPERMEÁVEL (%)

Sub-bacia	Atual	Permitida
CB-01	25	12
CB-02	55	57
CB-03	64	66
CB-04	58	70
CB-05	60	65
CB-06	58	64
CB-07	68	77
CB-08	25	10
CB-09	25	15
CB-10	34	66
CB-11	74	82
CB-12	34	75
CB-13	25	19
CB-14	61	74
CB-15	71	80
CB-16	73	87
CB-17	73	88
CB-18	68	84
CB-19	73	80

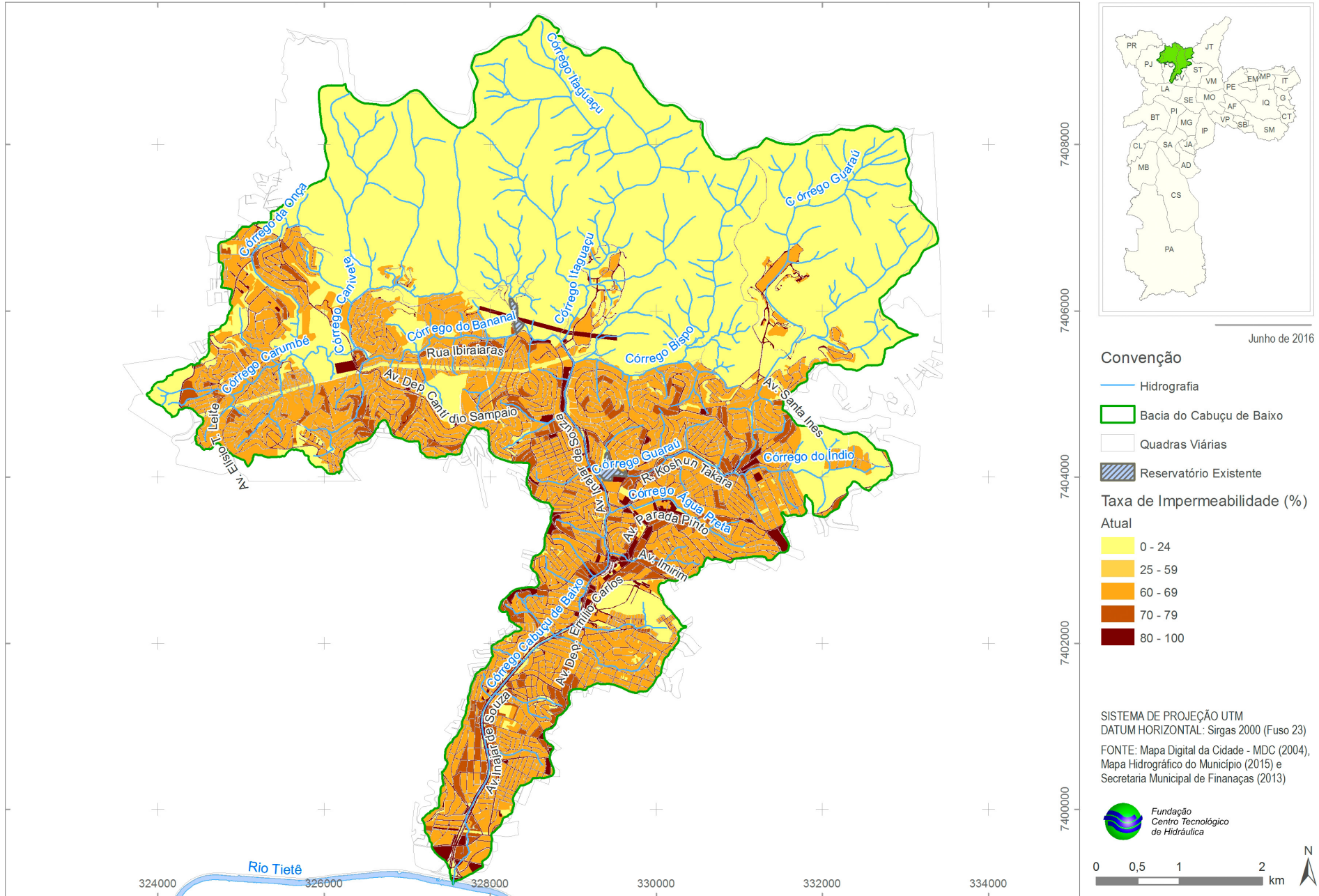


FIGURA 4.9 Impermeabilização Atual da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo

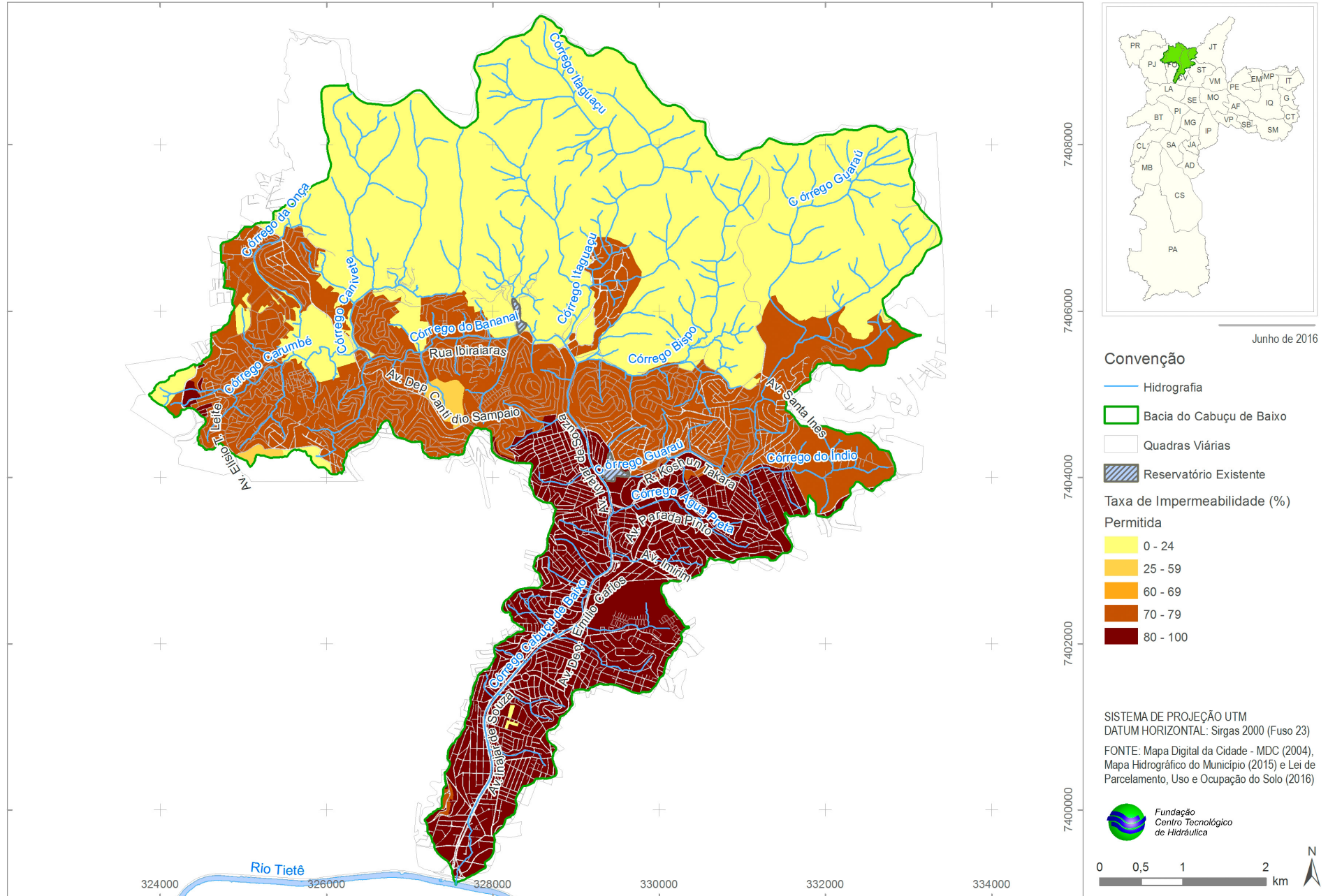


FIGURA 4.10 Impermeabilização Permitida da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



4.3.4 Calibração do modelo PCSWMM

A calibração é um processo que busca o ajuste dos parâmetros do modelo para que este represente os fenômenos hidrológicos e hidráulicos da bacia hidrográfica de forma adequada e condizente com observações em campo.

No processo de calibração do modelo PCSWMM na bacia do Córrego Cabuçu de Baixo foi utilizado o posto da rede telemétrica “Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01)”. Os eventos selecionados para a calibração ocorreram entre os dias 6 e 12 de junho de 2012.

Os dados de precipitação utilizados são do posto “Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Jusante”, uma vez que no posto a montante do Reservatório Guaraú não há medição desta variável. O total precipitado no período foi 53 mm.

A FIGURA 4.11 apresenta o resultado da calibração do modelo PCSWMM para o posto da rede telemétrica. Nesta FIGURA são apresentados os dados observados no posto, representados pela curva azul na FIGURA, e os dados calculados pelo modelo, representados pela curva vermelha.

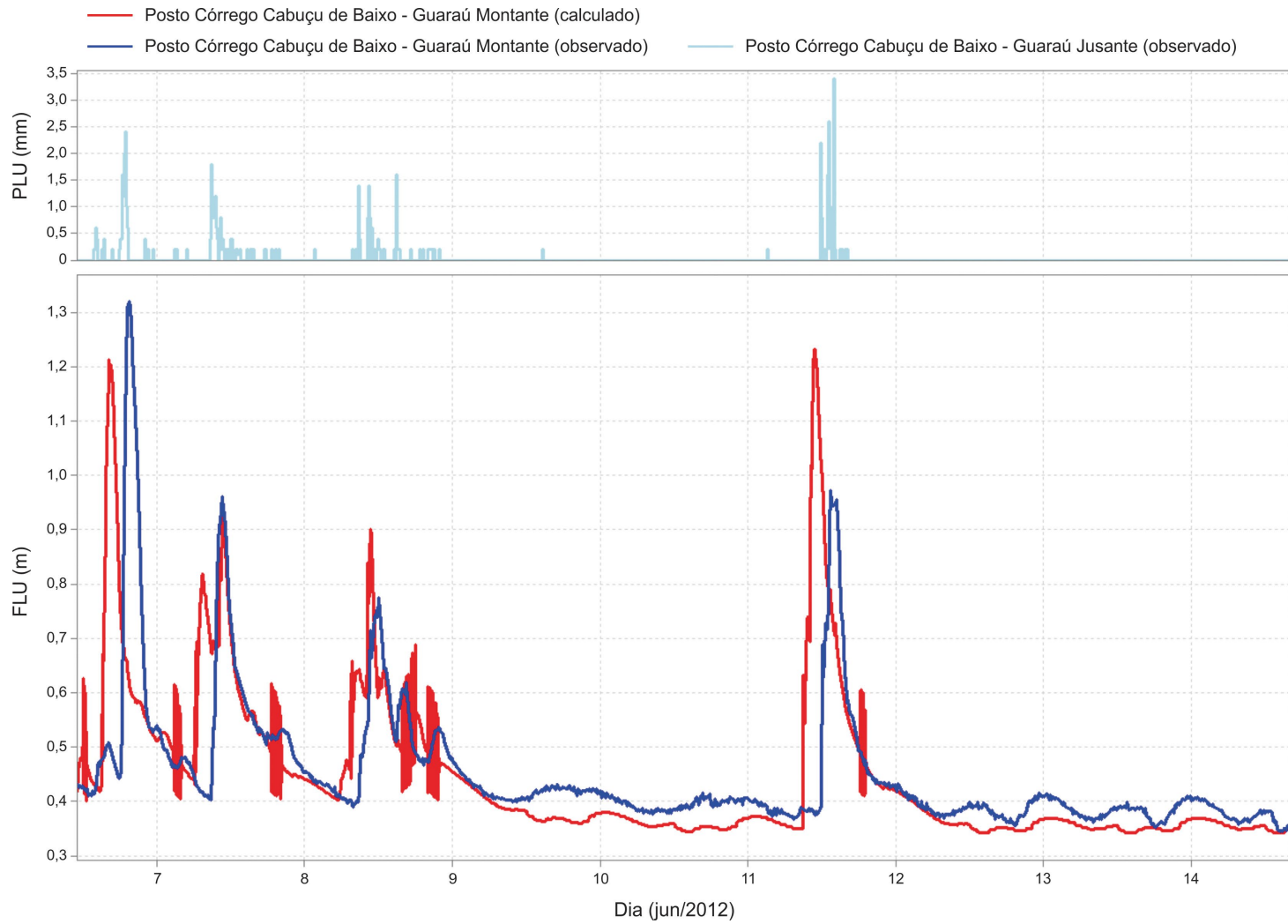


FIGURA 4.11 Calibração do modelo PCSWMM para os eventos registrados no Posto Córrego Cabuçu de Baixo – Guaraú Montante (PMSP/CV-01)

5

Alternativas propostas

O Caderno de Bacia Hidrográfica tem como objetivo dar subsídios à Prefeitura para futuras discussões quanto ao planejamento e à gestão das bacias do Município de São Paulo no que tange o Controle de Cheias. Este Capítulo apresenta propostas de alternativas que poderão ser discutidas, estudadas e complementadas tendo em vista a redução das inundações na Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.

O ponto de partida para a formulação das alternativas foram os projetos existentes em estoque na Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras – SIURB, as expectativas das demais Secretarias do Município, como Secretaria Municipal de Habitação – SEHAB, Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA e Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU. Também foi considerado um trecho da proposição do PDMAT3⁶ para a Bacia do Cabuçu de Baixo.

Foram estudadas duas alternativas compostas por medidas estruturais, propiciando à bacia o grau de proteção de 100 anos. Essas alternativas foram dimensionadas para o cenário da ocupação máxima permitida por Lei.

6. Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2014.



As alternativas consistem no controle do escoamento superficial através de ações estruturais nos córregos Carumbé, Bananal, Bispo, Índio, Guaraú, Água Preta e Cabuçu de Baixo. Dentre as principais medidas de controle propostas destacam-se:

- Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente e ir liberando as vazões para jusante de forma controlada, através de pequeno orifício de saída.
- Parques lineares com função de reservação – funcionam como reservatórios de armazenamento linear, no próprio canal do córrego. A função de reservação é introduzida através de estruturas de restrição de seção ao longo do canal, dimensionadas para restringir o escoamento para jusante.
- Ampliação de reservatório – trata da escavação da área do reservatório de terra para recuperar parte de seu volume útil.
- Reforço de galeria – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento da galeria existente, podendo ser realizada pela substituição da galeria ou construção de nova galeria.
- Canalização – implica na construção de canal com dimensões definidas em locais onde os córregos encontram-se nas suas condições naturais. Esta medida aumenta a capacidade de escoamento dos córregos.

- Alçamento de ponte – Ampliação da cota livre inferior das pontes a partir do alçamento do subdorso da estrutura.

É importante ressaltar que nos futuros projetos sejam consideradas estruturas de controle da qualidade da água para cada medida a ser implantada.

A TABELA 5.1 apresenta um resumo das medidas previstas nas alternativas propostas, indicando a localização na bacia do Cabuçu de Baixo.

TABELA 5.1 – MEDIDAS DE CONTROLE PREVISTAS NAS ALTERNATIVAS 1 E 2

Localização	Alternativa 1	Alternativa 2
Carumbé	Reservatório CR 01	Reservatório CR 01
Bananal	Canalização e Parque Linear Ampliação do Reservatório Bananal	Canalização e Parque Linear Ampliação do Reservatório Bananal
Bispo	Canalização	Canalização
Índio	Alçamento de 2 pontes	Alçamento de 2 pontes
Guaraú	Parque Linear GR 01	Parque Linear GR 01 Reforço de galeria



TABELA 5.1 – MEDIDAS DE CONTROLE PREVISTAS NAS ALTERNATIVAS 1 E 2

Localização	Alternativa 1	Alternativa 2
Água Preta	Reservatório AP 01 Canalização	Reservatório AP 01 Canalização
Cabuçu de Baixo	Substituição das galerias existentes por canal aberto de 12 x 6 m*	Alteração do Reservatório Guaráu: <i>In-Line</i> para <i>Off-Line</i> . O Córrego Cabuçu de Baixo passa a contribuir exclusivamente para o Reservatório Guaráu

*Trecho da obra proposta pelo PDMAT3 para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo

5.1 ALTERNATIVA 1

As obras previstas nesta Alternativa são dois reservatórios de armazenamento e ampliação do Reservatório Bananal (152,5 mil m³), um parque linear (45 mil m²), canalizações (8.300 m) e alteamento de duas pontes.

A TABELA 5.2 indica as obras previstas na Alternativa 1 incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e as dimensões. Ressalta-se que a implantação destas intervenções não resultará em desapropriações na bacia.

A FIGURA 5.1 mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1.

TABELA 5.2 – MEDIDAS DE CONTROLE DA ALTERNATIVA 1

Localização	Medida	Dimensão
Carumbé	Reservatório CR 01	60.000 m ³
Bananal	Canalização	2.200 m
	Ampliação do Reservatório Bananal	$V_{\text{ampliação}} = 70.000 \text{ m}^3$ $V_{\text{atual}} = 240.000 \text{ m}^3$ $V_{\text{FINAL}} = 310.000 \text{ m}^3$
Bispo	Canalização	1.300 m
Índio	Alteamento de 2 pontes	150 m ²
Guaráu	Parque Linear GR 01	45.000 m ²
Água Preta	Reservatório AP 01	22.500 m ³
	Canalização	1.100 m
Cabuçu de Baixo	Substituição das galerias existentes por canal aberto de 12 x 6 m*	3.700 m

* Obra proposta pelo PDMAT3 para a bacia do Cabuçu de Baixo

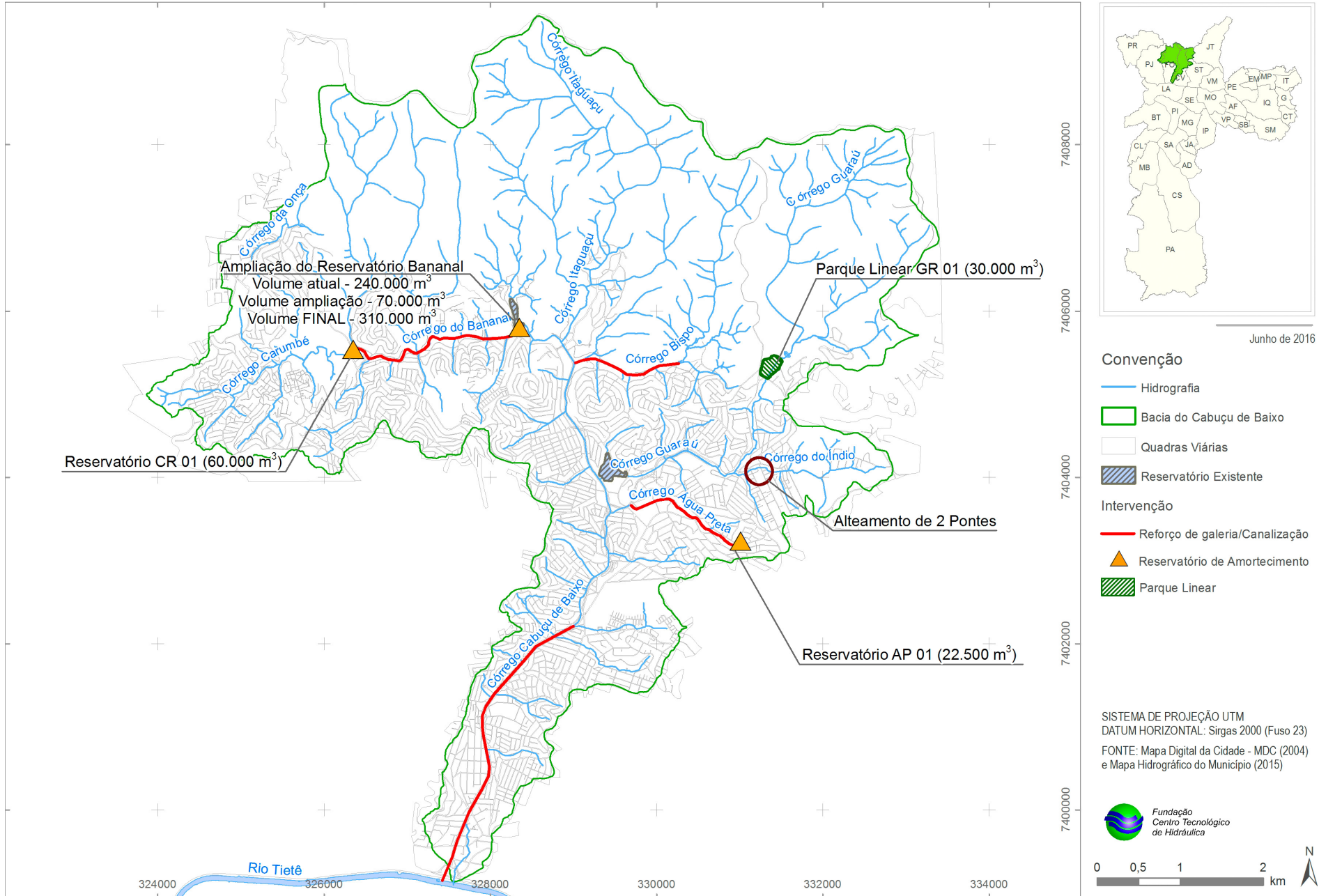


FIGURA 5.1 Medidas de Controle de Cheias da Alternativa 1 para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



5.2 ALTERNATIVA 2

Nesta Alternativa são previstos dois reservatórios de armazenamento e ampliação do Reservatório Bananal (152,5 mil m³), um parque linear (45 mil m²), canalizações (4.900 m), alteamento de duas pontes e modificação do Reservatório Guaraú, que passa a funcionar *Off-Line*, recebendo exclusivamente as vazões do Córrego Cabuçu, sem alteração do volume atual.

A TABELA 5.3 indica as obras previstas na Alternativa 2 incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e as dimensões. Ressalta-se que a implantação destas intervenções não resultará em desapropriações na bacia.

A FIGURA 5.2 mostra a localização das obras previstas na Alternativa 2.

TABELA 5.3 – MEDIDAS DE CONTROLE DA ALTERNATIVA 2

Localização	Medida	Dimensão
Carumbé	Reservatório CR 01	60.000 m ³
Bananal	Canalização	2.200 m
	Ampliação do Reservatório Bananal	$V_{\text{ampliação}} = 70.000 \text{ m}^3$ $V_{\text{atual}} = 240.000 \text{ m}^3$ $V_{\text{FINAL}} = 310.000 \text{ m}^3$
Bispo	Canalização	1.300 m
Índio	Alteamento de 2 pontes	150 m ²
Guaraú	Parque Linear GR 01	45.000 m ²
	Canalização	300 m
Água Preta	Reservatório AP 01	22.500 m ³
	Canalização	1.100 m
Cabuçu de Baixo	Alteração do Reservatório Guaraú: <i>In-Line</i> para <i>Off-Line</i> . Este reservatório passa a receber exclusivamente as vazões do Córrego Cabuçu. Não é prevista alteração do volume atual.	$V_{\text{atual}} = 540.000 \text{ m}^3$

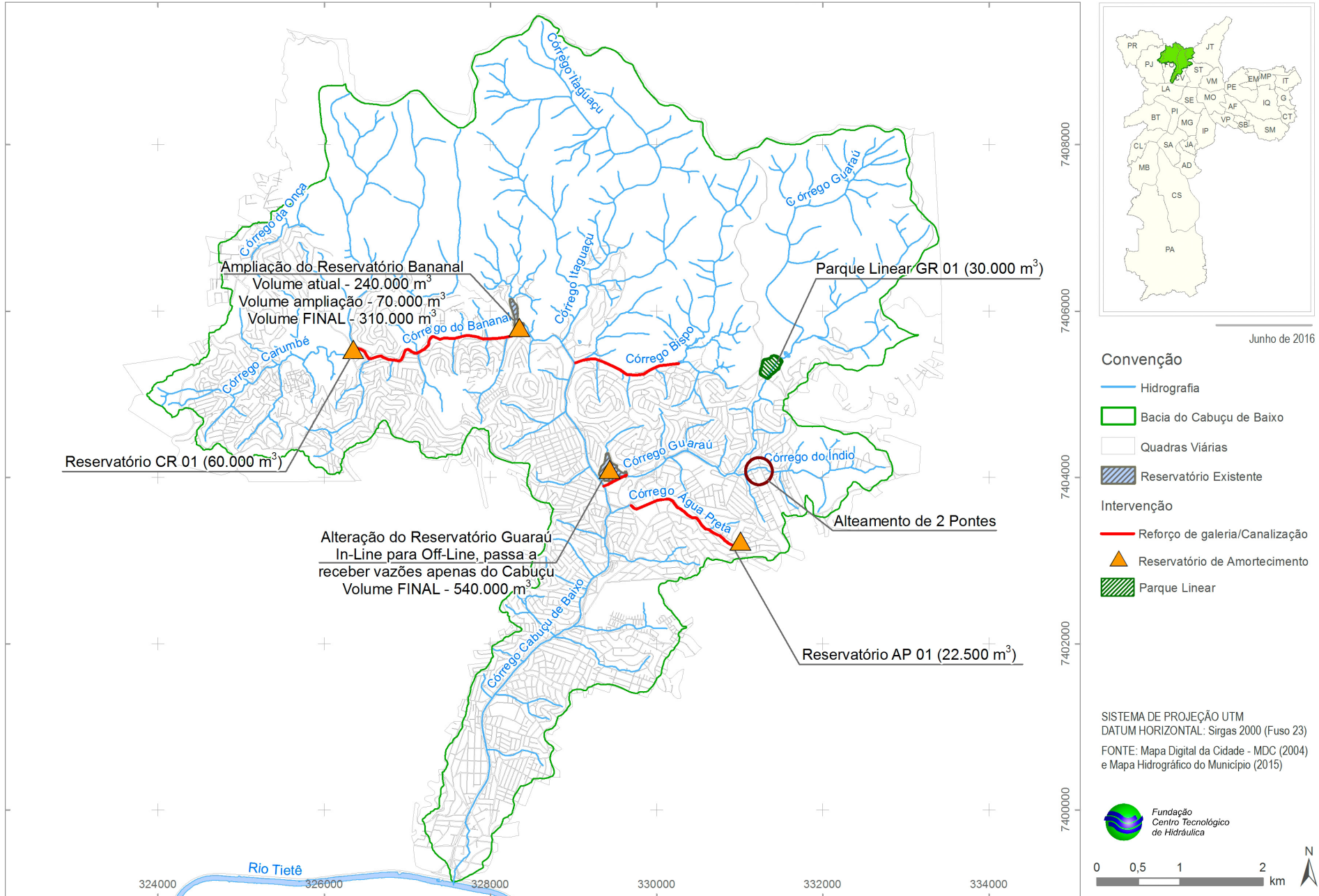


FIGURA 5.2 Medidas de Controle de Cheias da Alternativa 2 para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo



5.3 LOCALIZAÇÃO DAS MEDIDAS PROPOSTAS NAS ALTERNATIVAS

Este Item ilustra as localizações das áreas para implantação dos reservatórios e parque linear, propostos para a Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo.



FIGURA 5.3 Localização do Reservatório CR 01 no Córrego Carumbé

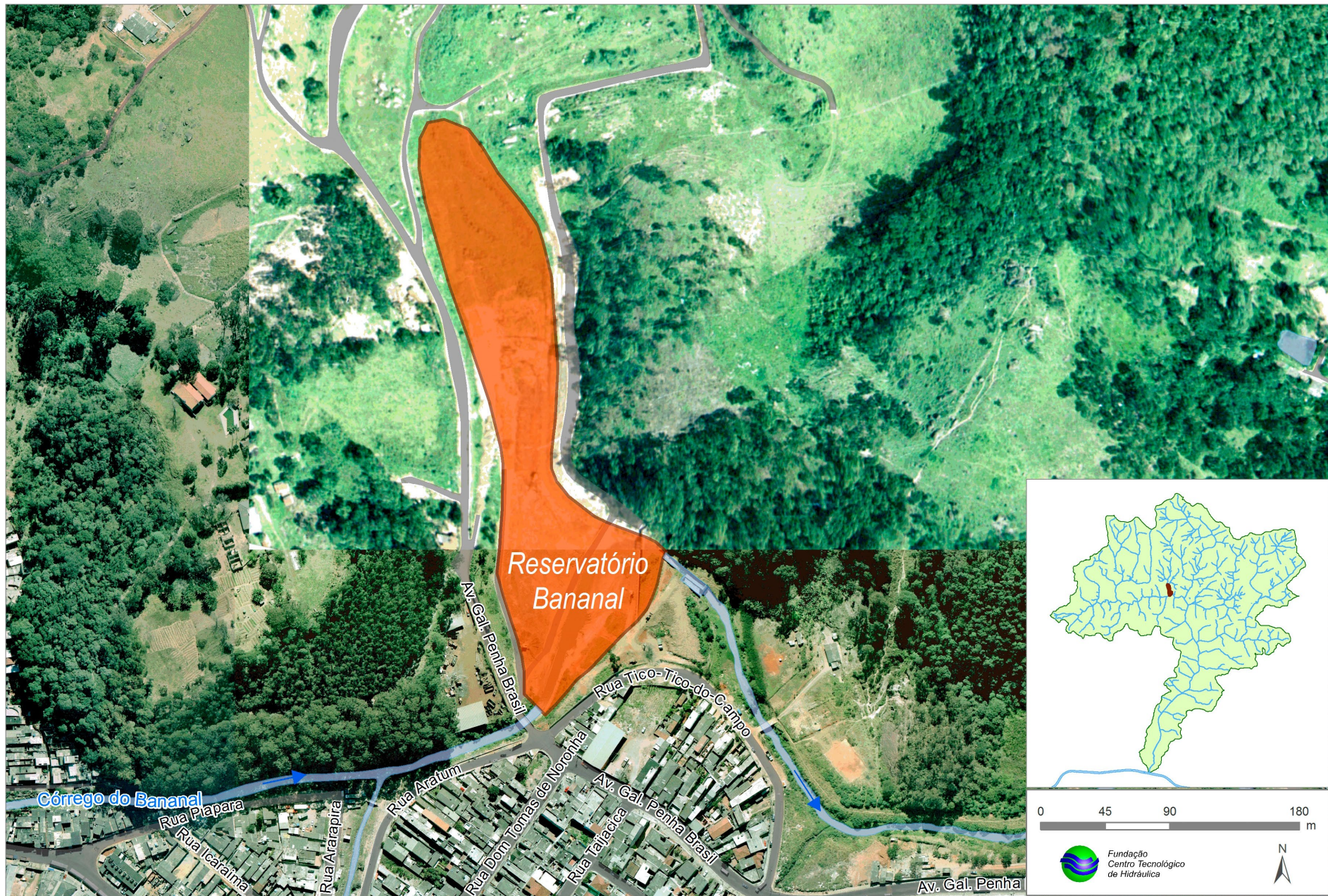


FIGURA 5.4 Localização do Reservatório Bananal no Córrego do Bananal



FIGURA 5.5 Localização do Parque Linear GR 01 no Córrego Guaratã



FIGURA 5.6 Localização do Reservatório Guaratú no Córrego Guaratú



FIGURA 5.7 Localização do Reservatório AP 01 no Córrego Água Preta



5.4 VISTAS, PERSPECTIVAS E CORTES DO PARQUE LINEAR DO CÓRREGO DO BANANAL

Na sequência são apresentadas as vistas, as perspectivas, os cortes transversais do trecho de canalização do Córrego do Bananal, onde é proposto, pelo Plano de Bacia Urbana do Córrego do Bananal (Barros, 2005)⁷, a implantação de parques lineares (Bananal e Carumbé) e intervenções, como caminhos verdes e *wetlands*, ao longo do corpo principal e alguns afluentes.

7. BARROS, M.T.L. et.al. Plano de Bacia Urbana Relatório Final. CT-HIDRO, CNPq, FINEP, FUSP e Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2005.



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.8 Visão geral da Bacia do Córrego do Bananal (antes)



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.9 Visão geral da Bacia do Córrego do Bananal (depois)



Antes



Depois



Fonte: Barros (2005)⁷



FIGURA 5.10 Parque Linear do Córrego do Bananal, antes e depois



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.11 Parque Bananal – Áreas de manutenção esporádicas e não alagáveis. Perspectiva 1: antes da implantação



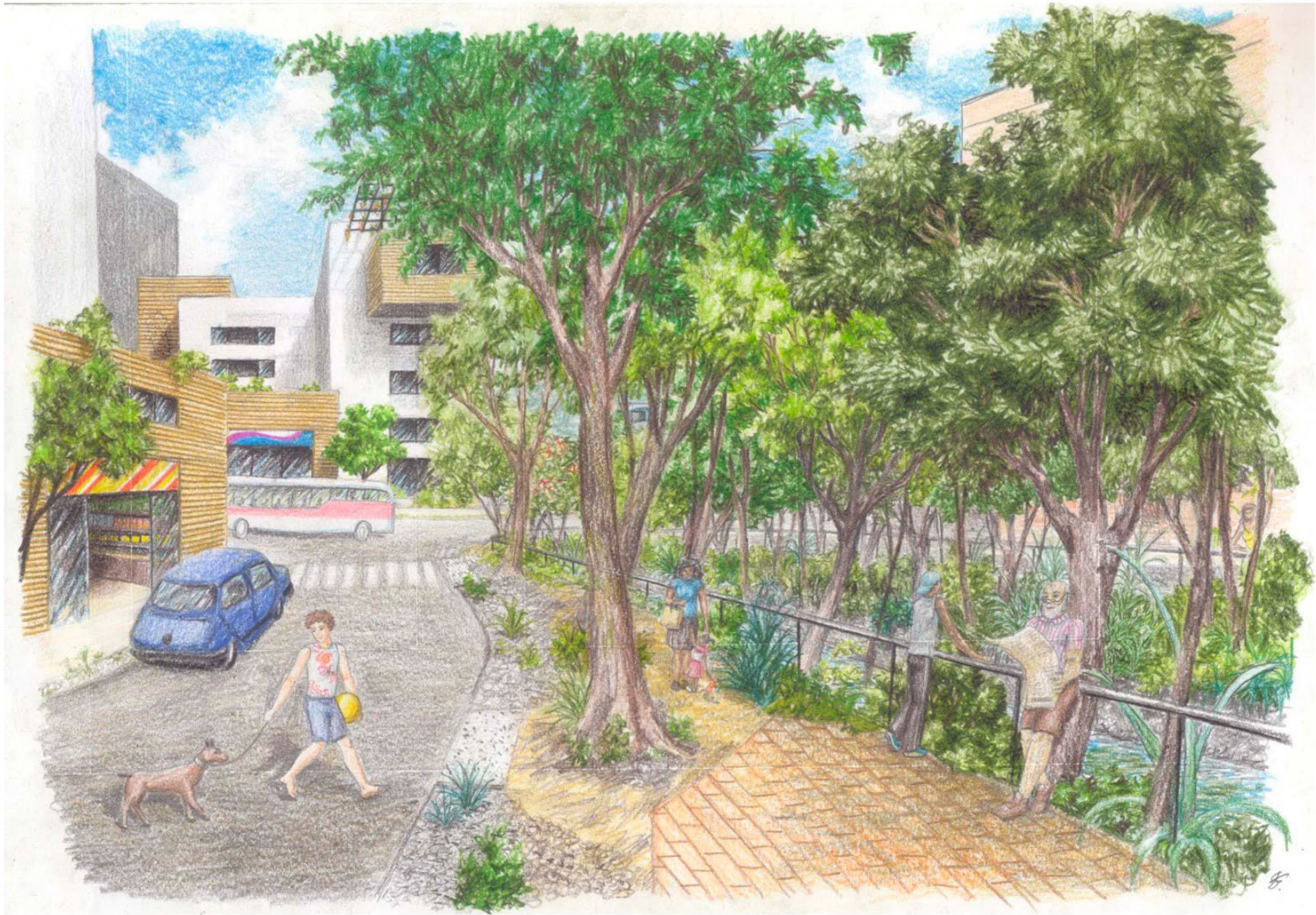
Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.12 Parque Bananal – áreas de manutenção esporádicas e não alagáveis. Perspectiva 1: depois da implantação



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.13 Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 2: antes da implantação do caminho verde



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.14 Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 2: depois da implantação do caminho verde



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.15 Área de *wetlands* no Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 3: antes da implantação



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.16 Área de *wetlands* no Parque Linear do Córrego do Bananal. Perspectiva 3: depois da implantação



Fonte: Barros (2005)⁷

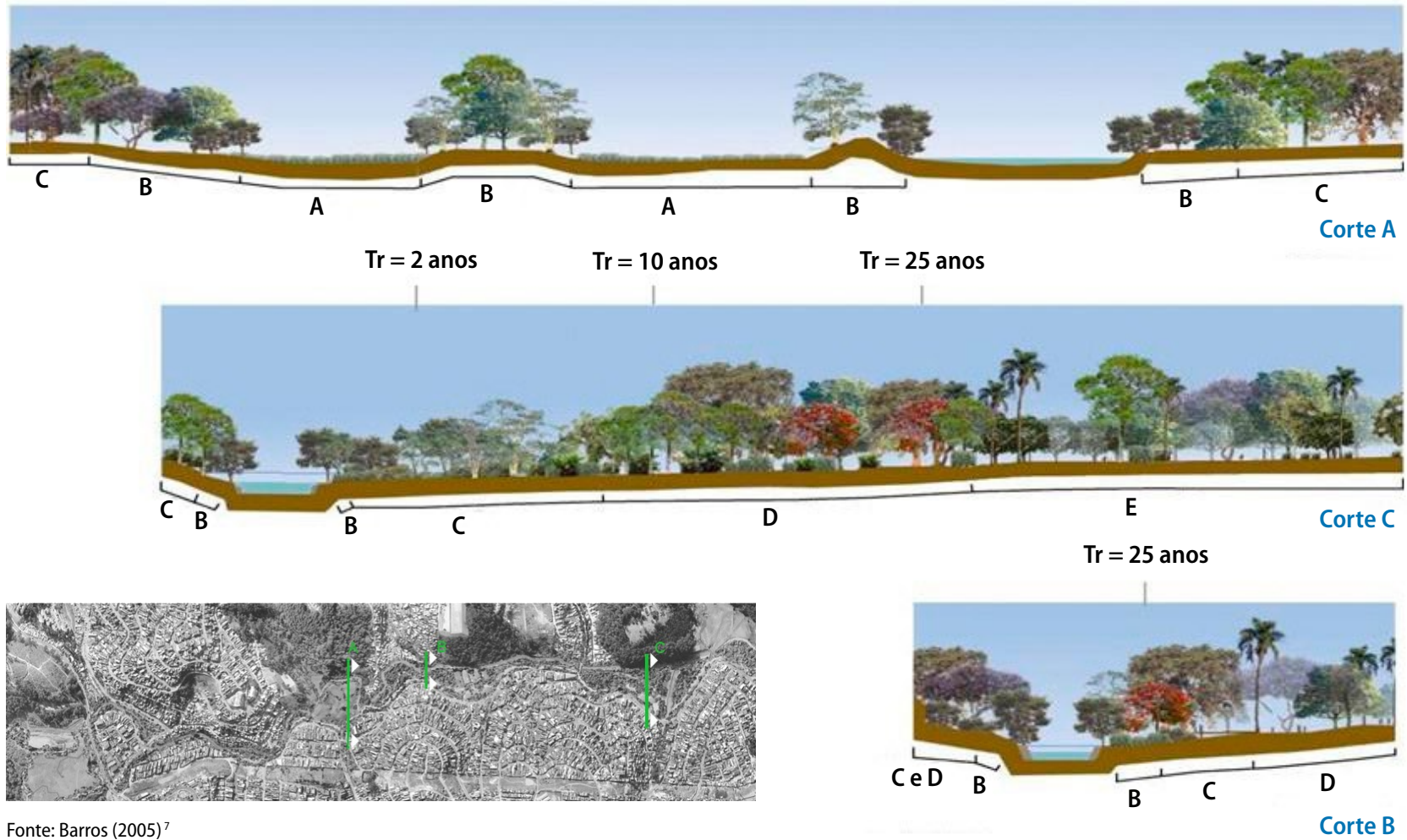


FIGURA 5.17 Córrego do Bananal, exemplo de reurbanização das moradias ao longo do Córrego do Bananal. Perspectiva 4: antes da reurbanização



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.18 Córrego do Bananal, exemplo de reurbanização das moradias ao longo do Córrego do Bananal. Perspectiva 4: depois da reurbanização



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.19 Parque Linear do Bananal – Cortes



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.20 Parque Linear do Bananal e Parque Carumbé – antes



Fonte: Barros (2005)⁷

FIGURA 5.21 Parque Linear do Bananal e Parque Carumbé – depois

6

Implantação do sistema em duas etapas: 25 e 100 anos

Uma das vantagens do planejamento do sistema de drenagem é a proposição da implantação das obras em etapas, tendo em vista a redução paulatina dos riscos de inundação na bacia até o nível correspondente a precipitações de período de retorno de 100 anos.

Assim sendo, foram previstas duas etapas de implantação, a primeira etapa para atingir o grau de proteção de 25 anos e a segunda a proteção de 100 anos.

A TABELA 6.1 apresenta em destaque as obras e ações previstas para a primeira etapa de implantação nas Alternativas 1 e 2. As obras selecionadas para compor a primeira etapa são as mesmas para as duas alternativas propostas. As medidas não sublinhadas serão implantadas em uma segunda etapa do horizonte de planejamento.



TABELA 6.1 – MEDIDAS PARA IMPLANTAÇÃO NA 1ª ETAPA

Localização	Alternativa 1	Alternativa 2
Carumbé	Reservatório CR 01	Reservatório CR 01
Bananal	Canalização Ampliação do Reservatório Bananal	Canalização Ampliação do Reservatório Bananal
Bispo	Canalização	Canalização
Índio	Alteamento de 2 pontes	Alteamento de 2 pontes
Guaraú	Parque Linear GR 01	Parque Linear GR 01 Reforço de galeria
Água Preta	Reservatório AP 01 Canalização	Reservatório AP 01 Canalização
Cabuçu de Baixo	Canal aberto com fundo rebaixado	Alteração do Reservatório Guaraú: <i>In-Line</i> para <i>Off-Line</i> . O Córrego Cabuçu de Baixo passa a contribuir exclusivamente para o Reservatório Guaraú

A FIGURA 6.1 a seguir ilustra a distribuição das obras na bacia. As medidas não destacadas serão implantadas em uma segunda etapa do horizonte de planejamento.

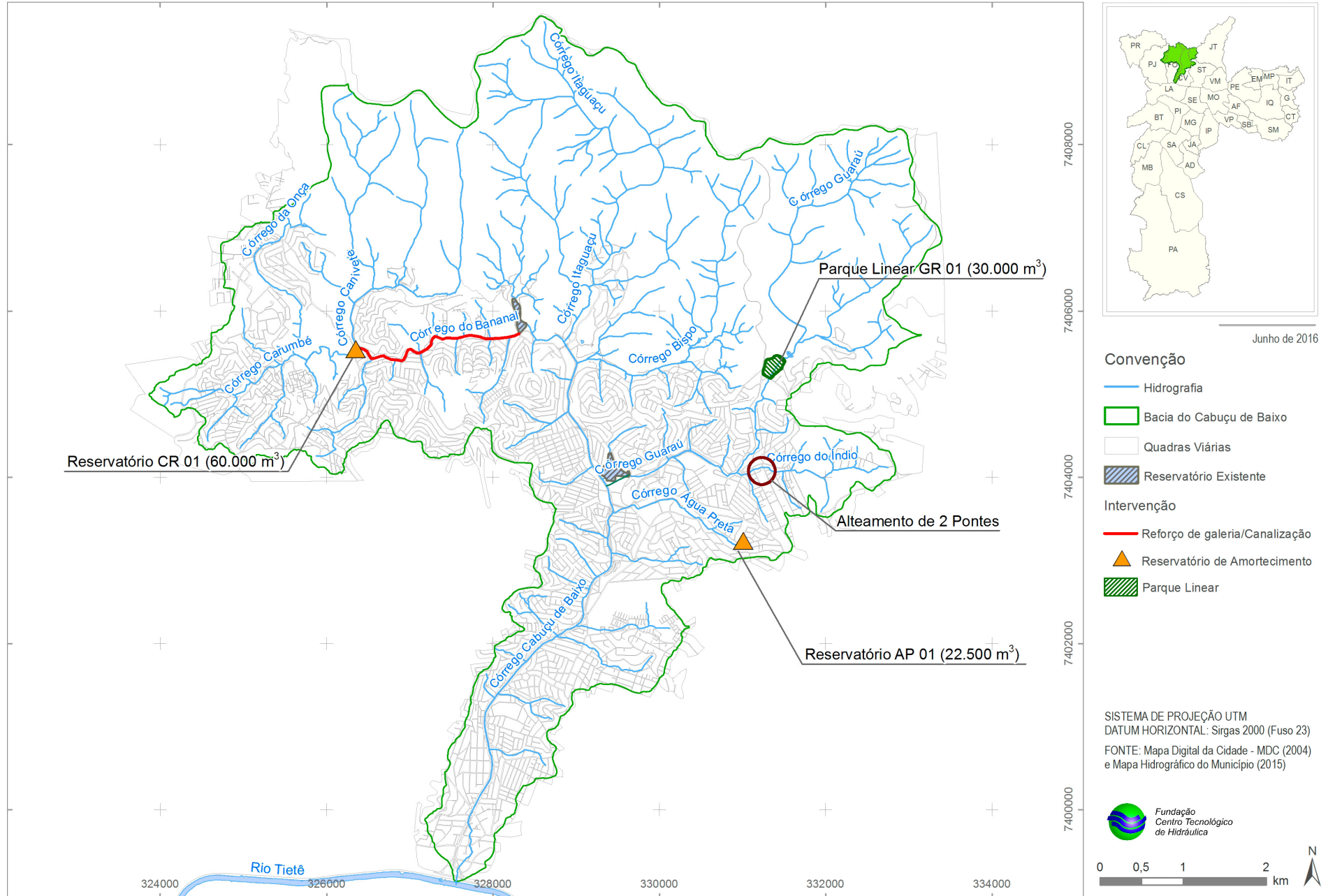


FIGURA 6.1 Medidas de Controle de Cheias para Primeira Etapa de Implantação – Alternativas 1 e 2

7

Áreas sujeitas a inundações

As medidas estudadas foram dimensionadas tendo em vista o controle do escoamento superficial e a redução das inundações para o nível de risco hidrológico para chuvas de TR 100 anos.

Um método eficiente de visualizar o efeito das medidas de controle propostas é através de manchas produzidas a partir da utilização de modelo matemático, que são um indicativo das áreas sujeitas a inundações.

Na FIGURA 7.1 são apresentadas as manchas de inundação para a condição sem intervenções e para as Alternativas estudadas. Um dos cenários indicados na Figura (1ª Etapa) ilustra o comportamento das alternativas quando implantadas as obras previstas para a primeira etapa e submetidas a uma chuva com TR de 100 anos. Observa-se que nas Alternativas 1 e 2 há uma redução da mancha de inundação quando comparadas à situação sem intervenção já com a implantação das obras de primeira etapa. Lembrando que a mancha de inundação destas duas alternativas é a mesma para a primeira etapa de implantação de obras, uma vez que as medidas selecionadas para compor esta etapa são as mesmas, conforme apresentado na TABELA 6.1

O segundo cenário, apresentado na FIGURA 7.1, indica a situação para etapa final, após a implantação de todas as obras previstas, quando simulada a chuva de projeto de TR 100 anos,



nota-se que não são visualizadas manchas para as Alternativas 1 e 2, como esperado.

A TABELA 7.1 apresenta os efeitos das alternativas em termos de área atingida pelas inundações e o número de lotes atingidos para a condição atual (sem intervenção), 1ª etapa de implantação de obras quando submetidas a chuva de projeto de 100 anos e para etapa final.

Observa-se que para a 1ª etapa ocorre uma redução significativa na expansão da mancha sobre a área inundada para as duas alternativas quando comparadas à situação sem intervenção. Para a etapa final de implantação de obras não são verificadas inundações nas regiões analisadas da bacia nas duas alternativas.

TABELA 7.1 – EFEITOS DAS ALTERNATIVAS 1 E 2 SOBRE A BACIA

Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km ²)	Lotes atingidos
Atual	Sem Intervenção	0,55	2.832
1ª etapa	Alternativa 1	0,31	1.561
	Alternativa 2	0,31	1.561
Etapa Final	Alternativa 1	-	-
	Alternativa 2	-	-

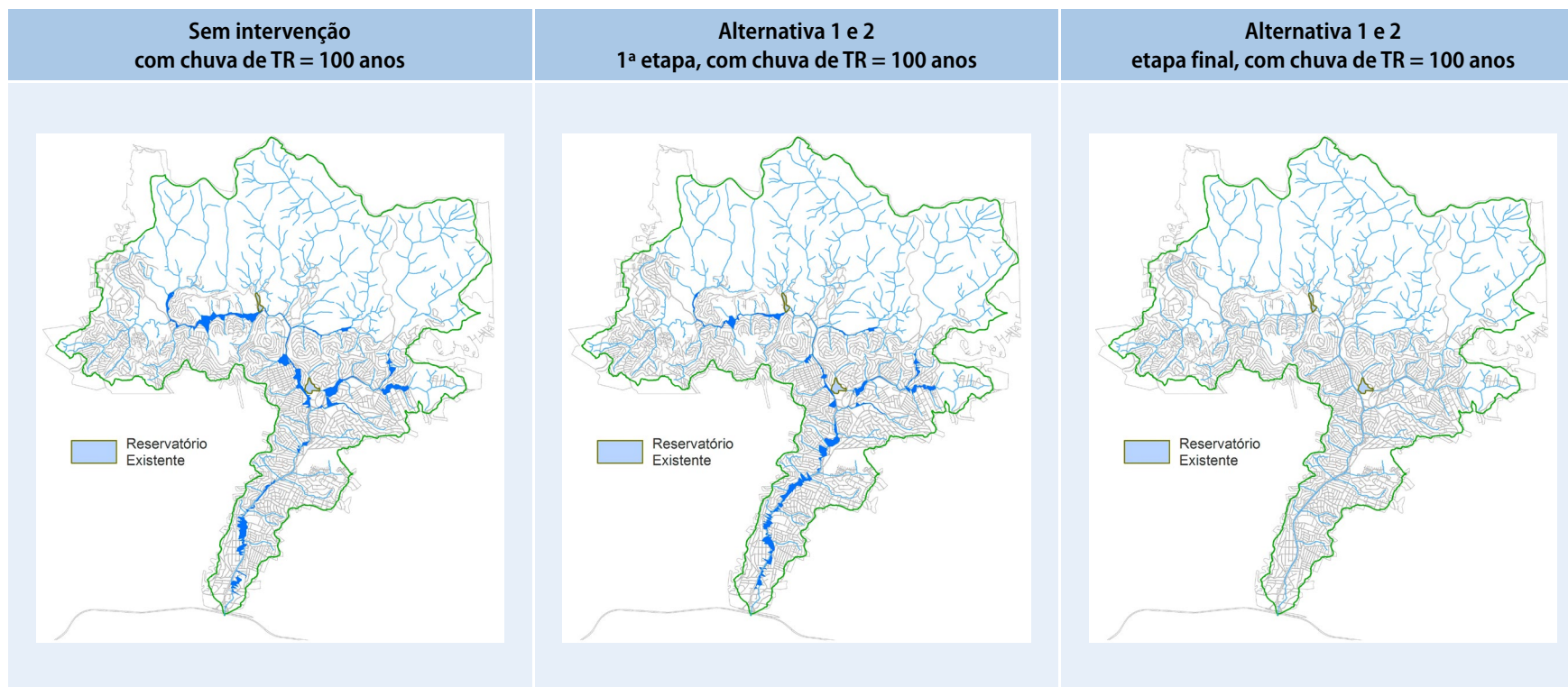


FIGURA 7.1 Áreas Suscetíveis a Inundações – Cenário sem Intervenção e com as obras da 1ª Etapa e Etapa Final das Alternativas 1 e 2

8

Custo estimado

Uma primeira estimativa de custo foi realizada no intuito de apoiar a análise de viabilidade de implantação das alternativas apresentadas.

Os valores foram levantados a partir de uma relação de dados das obras realizadas pela PMSP e do orçamento apresentado no PDMAT3 para a obra do canal do Cabuçu de Baixo. Os custos apresentados foram ajustados para data base de outubro de 2015.

As TABELAS a seguir apresentam os custos estimados das Alternativas 1 e 2. Nestas TABELAS foram indicadas todas as ações previstas em cada alternativa.

Destaca-se que esta abordagem é estimativa aproximada e deve ser analisada com cautela considerando-se uma margem de segurança de 20% para mais ou para menos.

A TABELA 8.3 mostra o resumo dos custos estimados das alternativas estudadas com a margem de segurança de 20% para mais e para menos em cada alternativa.



TABELA 8.1 – CUSTO ESTIMADO ALTERNATIVA 1

Local	Medida	Dimensão	Custo estimado (R\$)
Carumbé	Reservatório CR 01	60.000 m ³	30.300.000,00
Bananal	Canalização	2.200 m	36.400.000,00
	Ampliação do Reservatório Bananal	V _{ampliação} = 70.000 m ³ V _{atual} = 240.000 m ³ V _{FINAL} = 310.000 m ³	1.900.000,00
Bispo	Canalização	1.300 m	19.000.000,00
Índio	Alteamento de 2 pontes	150 m ²	800.000,00
Guaraú	Parque Linear GR 01	45.000 m ²	14.100.000,00
Água Preta	Reservatório AP 01	22.500 m ³	18.400.000,00
	Canalização	1.100 m	15.500.000,00
Cabuçu de Baixo	Canal aberto com fundo rebaixado	3.700 m	95.000.000,00
TOTAL			231.400.000,00
TOTAL COM MARGEM DE SEGURANÇA ±20%			185 – 278 milhões

Valores com data base de out/2015

TABELA 8.2 – CUSTO ESTIMADO ALTERNATIVA 2

Local	Medida	Dimensão	Custo estimado (R\$)
Carumbé	Reservatório CR 01	60.000 m ³	30.300.000,00
Bananal	Canalização	2.200 m	36.400.000,00
	Ampliação do Reservatório Bananal	V _{ampliação} = 70.000 m ³ V _{atual} = 240.000 m ³ V _{FINAL} = 310.000 m ³	1.900.000,00
Bispo	Canalização	1.300 m	19.000.000,00
Índio	Alteamento de 2 pontes	150 m ²	800.000,00
Guaraú	Parque Linear GR 01	45.000 m ²	14.100.000,00
	Canalização	300 m	2.600.000,00
Água Preta	Reservatório AP 01	22.500 m ³	18.400.000,00
	Canalização	1.100 m	15.500.000,00
Cabuçu de Baixo	Alteração do Reservatório Guaraú: <i>In-Line</i> para <i>Off-Line</i> *	V _{atual} = 540.000 m ³	-
TOTAL			139.000.000,00
TOTAL COM MARGEM DE SEGURANÇA ±20%			111 – 167 milhões

Valores com data base de out/2015

*Este reservatório passa a receber exclusivamente as vazões do Córrego Cabuçu. Não é prevista alteração do volume atual.



TABELA 8.3 – CUSTO ESTIMADO DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

Alternativa	Medidas de Controle Previstas	Custo estimado* (R\$)
Alternativa 1	2 Reservatórios e ampliação do Reservatório Bananal + Parque linear + canalização + 2 alteamentos de ponte	185 – 278 milhões
Alternativa 2	2 Reservatórios, ampliação do Reservatório Bananal e alteração do Reservatório Guaráu + Parque linear + canalização + 2 alteamentos de ponte	111 – 167 milhões

Valores com data base de out/2015

*Com margem de segurança de 20% para mais e para menos

Para a composição destes orçamentos estimativos foram considerados os seguintes tipos de intervenções:

- Reservatório: aberto em concreto – paredes diafragma atirantadas – com bombeamento
- Canalização: canal aberto em concreto armado
- Canal PDMAT3: orçamento apresentado no PDMAT3 para a obra do canal do Cabuçu de Baixo
- Parque linear: parque + paisagismo + equipamentos
- Escavação: escavação mecânica, carga e remoção de terra até a distância média de 1,0 km + remoção de terra por 10 km
- Ponte: m² para pontilhões

9

Avaliação do índice de qualidade ambiental

Este item apresenta uma avaliação da representatividade das alternativas quanto à questão da água como parte da paisagem urbana, o qual foi chamado de índice de qualidade ambiental (IQA). O método empregado foi baseado em uma pontuação subjetiva, realizada pela FCTH, que considera a água integrada ao ambiente urbano, permitindo sua visualização pela população.

A pontuação levou em consideração a permanência da água na bacia através da reservação e sua integração e possíveis benefícios com a paisagem urbana, admitindo a dupla funcionalidade da medida. A classificação das medidas de controle de cheias, seguindo o conceito de índice de qualidade ambiental, é indicada na TABELA 9.1.

Na sequência, a TABELA 9.2 indica uma classificação subjetiva para o IQA das alternativas da Bacia do Córrego Cabuçu de Baixo em função do número e tipo de medidas de controle de cheia.

A pontuação foi realizada atribuindo-se pontos para as alternativas que priorizam a reservação de água na bacia na seguinte ordem: parques lineares, reservatórios de armazenamento, em menor escala canalização e túnel.

Seguindo estes conceitos, a Alternativa 1 classificou-se com índice de qualidade ambiental “Médio” por possuir uma quantidade maior de canalizações, quando comparado à Alternativa 2, que ficou classificada com índice de qualidade ambiental “Alto”.



TABELA 9.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIDAS SEGUNDO ÍNDICE DE QUALIDADE AMBIENTAL

Classificação	Medida
Muito alto	Parque linear – apresenta os benefícios ambientais próprios do parque e a função de reservação
Alto	Reservatório – tem a função de reservação e reduz os impactos a jusante
Médio	Canalização – conduz as águas para jusante, mas pode manter o contato visual da água no canal, quando não subterrâneo
Baixo	Túnel – desvia a água por via subterrânea

TABELA 9.2 – ÍNDICE AMBIENTAL DAS MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIA NA BACIA DO CÓRREGO CABUÇU DE BAIXO

Alternativas	Parque linear	Reservatório	Canalização	Túnel	Índice Qualidade Ambiental
Alternativa 1	1	2	4	-	Médio
Alternativa 2	1	2	3	-	Alto

10

Zoneamento de áreas sujeitas a inundações

É parte da gestão da drenagem urbana articulação dos aspectos referentes ao manejo das águas pluviais com o ordenamento territorial. Isso pode valorizar o espaço urbano, obtendo padrões urbanísticos adequados ao meio ambiente. Estas questões devem ser abordadas no Plano Diretor Estratégico (PDE), nos Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras (PREs) e na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS).

O PDE orienta o desenvolvimento da cidade na direção do equilíbrio social, ambiental e econômico, aumentando a qualidade de vida da população.

Os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras constituem partes complementares do PDE, e são instrumentos determinantes das ações dos agentes públicos e privados no território de cada Subprefeitura. Estes Planos contemplam proposições relativas às especificidades próprias, definindo no plano urbanístico-ambiental os aspectos físicos, territoriais e sociais, inclusive os parâmetros urbanísticos mínimos e máximos, para que se faça cumprir a função social da propriedade.

O ordenamento do território consiste no planejamento do uso e ocupação do solo de forma utilizar o potencial das infraestruturas existentes sem deixar de considerar a preservação de recursos naturais, incluído a capacidade de escoamento do sistema de drenagem.



O PDE consolida, como instrumento estruturante para o ordenamento territorial da cidade de São Paulo, as Áreas de Intervenção Urbana. Estas áreas são passíveis de serem regulamentadas por lei específica, proposta pela Prefeitura e geridas com a participação efetiva da sociedade civil.

A Área de Intervenção Urbana constitui uma região com potencialidades para a reestruturação e transformação urbana, que poderão receber novas formas de uso e ocupação do solo, combinadas com medidas que promovam o desenvolvimento econômico, racionalizem e democratizem a utilização das redes de infraestrutura e a preservação dos sistemas ambientais.

Isto evidencia a possibilidade de incorporação de novos conceitos e diretrizes à Lei de Uso e Ocupação do Solo. Assim, pode-se adotar o zoneamento de áreas de inundação como diretriz para definir um conjunto de regras para a ocupação dessas áreas de risco, visando minimizar as perdas materiais e humanas resultantes das inundações ou valorando ambientalmente essas áreas como espaço de lazer e/ou de conservação ambiental. Desse modo, estabelece-se o conceito da convivência da cidade com as suas cheias.

A regulamentação das áreas inundáveis, conforme já apontado no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo – PMAPSP, pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico.

Os Cadernos de Bacia Hidrográfica introduziram o zoneamento de áreas sujeitas a inundações partindo da formulação de alternativas de controle de cheias dimensionadas para chuvas com TR de 25 anos. O estudo propõe para chuvas com período de retorno entre 25 e 100 anos que as áreas sujeitas a inundações passem por regulamentação através de seu zoneamento. Para esta faixa de TR as restrições de uso e ocupação diminuem conforme aumenta o período de retorno.

Sugere-se como diretrizes de uso e ocupação do solo, a serem inseridas na lei de zoneamento, os seguintes critérios gerais:

- Áreas livres de risco de inundação, não ensejando qualquer tomada de decisão adicional, além da legislação em vigor;
- Áreas com ocupação parcialmente restrita, cabendo a definição dos tipos de usos e edificações compatíveis com a situação de cada área, por meio de decreto;
- Áreas com total restrição à ocupação, cabendo a sua utilização apenas para parques lineares, campos de esportes não impermeabilizados etc., conforme definido em decreto.

As áreas com total restrição à ocupação correspondem aquelas inundadas com chuvas de TR imediatamente superiores a 25 anos até 75 anos, por exemplo. Já as áreas com ocupação



parcialmente restrita podem ser classificadas pelas áreas inundadas com chuvas de TR superiores a 75 até 100 anos. Áreas livres de risco de inundação podem ser alocadas acima da área inundada com chuvas de TR 100 anos.

Destaca-se que para áreas já ocupadas, o zoneamento pode estabelecer um programa de transferência da população e/ou convivência com os eventos mais frequentes, aplicando-se para estes casos medidas adicionais como o caso de sistemas de alertas de inundações.

O Caderno de Bacia Hidrográfica incorporou, nas análises do sistema de drenagem, a adoção de áreas sujeitas a inundação como parte da solução para eventos com período de retorno acima de 25 anos, considerando que para eventos acima desta magnitude as áreas inundáveis devem ser passíveis de regulamentação do uso e ocupação do solo.

A introdução deste conceito visa fornecer subsídios técnicos a PMSP para futuras discussões de questões como a incorporação e a regulamentação do zoneamento de inundações à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo – LPUOS.

Para análise do conceito de zoneamento de inundações partiu-se das soluções propostas para TR 25 anos nas Alternativas 1 e 2, as quais possuem a mesma configuração de obras. O conjunto de obras das Alternativas para proteger a bacia do Córrego

Cabuçu de Baixo para eventos com TR 25 anos é reportado na TABELA 10.1.

TABELA 10.1 – CONJUNTO DE OBRAS PARA TR 25 ANOS

Localização	Alternativa 1
Carumbé	Reservatório CR 01
Bananal	Canalização
Índio	Alteamento de 2 pontes
Guaraú	Parque Linear GR 01
Água Preta	Reservatório AP 01

As medidas apresentadas na TABELA 10.1 compreendem as ações propostas para a primeira etapa de implantação detalhadas no Capítulo 6.

A definição das áreas inundáveis, passíveis de regulamentação, foi desenvolvida a partir da configuração de obras indicada para proteção de 25 anos. Nesta situação, foram estimadas as áreas inundáveis, passíveis de regulamentação, para chuvas de 100 anos, para todas Alternativas.

A FIGURA 10.1 indica as áreas sujeitas a inundação para as Alternativas 1 e 2, que protegem a bacia para TR 25 anos, quando submetidas a uma chuva de TR 100 anos.

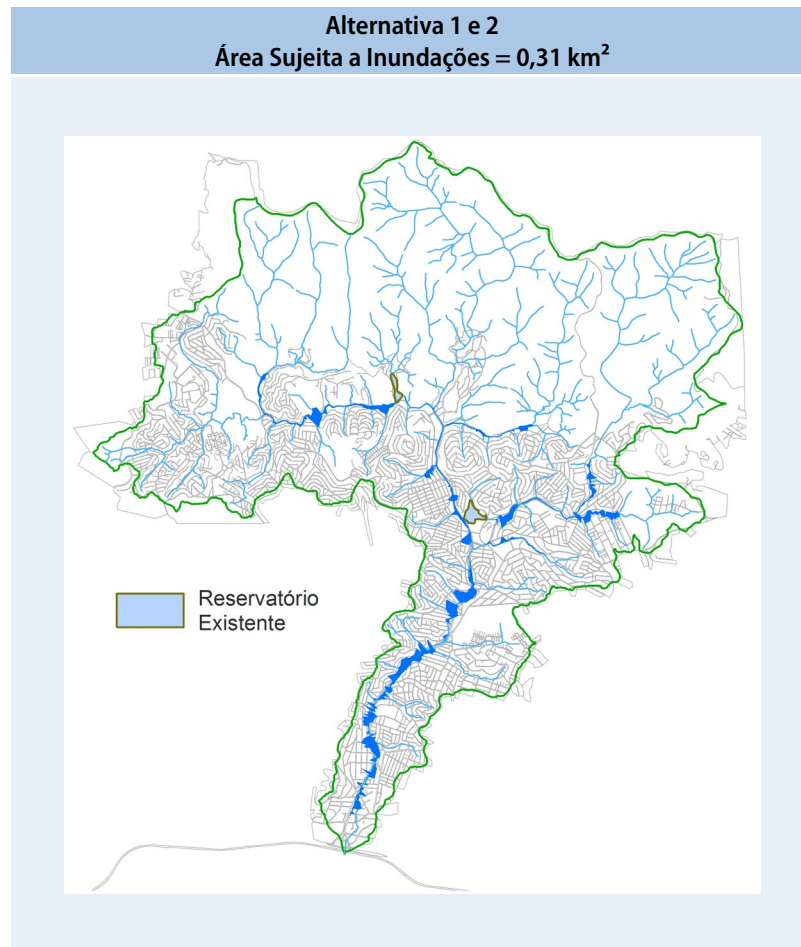


FIGURA 10.1 Áreas Inundáveis para Futura Regulamentação na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

Essas áreas de inundação devem ter seu uso e ocupação re-
vistos, que definem quais atividades podem ou não, serem ai
instaladas. São áreas que certamente poderão levar a uma revi-
são urbanística da bacia como um todo.

A TABELA 10.2 indica o custo estimado para as obras previs-
tas nas Alternativas 1 e 2 para fornecer a bacia o grau de prote-
ção de 25 e 100 anos. Destaca-se que a solução discutida neste
Capítulo considera, como medida complementar não estrutural,
a inserção das áreas apresentadas na FIGURA 10. ao zoneamen-
to de áreas sujeitas a inundações.

TABELA 10.2 – CUSTO ESTIMADO PARA OBRAS DE 25 E 100 ANOS

Alternativa	TR 25 anos*	TR 100 anos**
Alternativa 1	80 – 120 milhões	185 – 278 milhões
Alternativa 2	80 – 120 milhões	111 – 167 milhões

Valores com data base de out/2015

* Estes valores representam os custos das obras para TR 25 anos apresentadas na TABELA 10.1, não foram inseridos os custos para implantação do zoneamento de áreas inundáveis

** Custos das obras para TR 100 anos apresentados na TABELA 8.3.

11

Considerações finais

O Caderno de Bacia Hidrográfica tem como objetivo formular uma série de alternativas para o controle de cheias tendo em vista fornecer subsídios para futuras discussões que venham a ocorrer no nível da Prefeitura quanto ao planejamento, contratação de novos estudos e à gestão das bacias do Município de São Paulo.

As alternativas propostas foram estudadas em nível de viabilidade, questões como desapropriações foram consideradas e deverão ser mais bem discutidas em nível de projetos básicos.

As medidas de controle estudadas abordaram soluções de reservação, canalização, reforço de galeria, parque linear e alteamento de pontes. Um levantamento de custo preliminar foi realizado no intuito de fornecer elementos para o planejamento das ações, sendo considerado um grau de segurança de 20% para mais e para menos, uma vez que os valores são aproximações.

Para a Bacia Hidrográfica do Córrego Cabuçu de Baixo foram avaliadas duas alternativas. A Alternativa 1 é composta de dois reservatórios de armazenamento e ampliação do Reservatório Bananal, um parque linear, canalizações dispersas pelos córregos da bacia, incluindo trecho do canal proposto pelo PDMAT3, e alteamento de duas pontes. A Alternativa 2 compreende dois reservatórios de armazenamento e ampliação do Reservatório



Bananal, um parque linear, canalizações, alteamento de duas pontes e modificação do Reservatório Guaraú, que passa a funcionar *Off-Line*, recebendo exclusivamente as vazões do Córrego Cabuçu, sem alteração do volume atual. A diferença entre as duas alternativas é a implantação do trecho do canal do PDMAT3, que foi considerado na Alternativa 1, enquanto que na Alternativa 2 esse trecho de canalização é substituído pela alteração do Reservatório Guaraú de *In-Line* para *Off-Line*.

Uma classificação subjetiva quanto à qualidade ambiental das alternativas foi realizada, seguindo conceitos da FCTH, em relação à água como parte integrante do ambiente urbano. O estudo mostrou que a Alternativa 1 classificou-se com índice de qualidade ambiental “Médio” por possuir uma quantidade maior de canalizações, quando comparado à Alternativa 2, que ficou classificada com índice de qualidade ambiental “Alto”.

Destaca-se que a incorporação do zoneamento de inundação associado ao risco hidrológico pode trazer benefícios à convivência com a água no ambiente urbano. Para isso recomenda-se a incorporação deste conceito no Plano Diretor Estratégico – PDE (Lei nº 16.050/2014), o qual fornece diretrizes para a legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo – LPUOS

visando atender aos objetivos e diretrizes estabelecidos para as macrozonas, macroáreas e rede de estruturação da transformação urbana.

A introdução desse conceito de convivência com a água no âmbito do Caderno de Bacia Hidrográfica tem como objetivo trazer elementos para futuras discussões sobre o zoneamento de áreas inundáveis associado ao risco hidrológico. Esta discussão pode ser adequada no ordenamento territorial da cidade de São Paulo como uma Área de Intervenção Urbana.

Recomenda-se, para futuras revisões da Lei de Zoneamento, a inclusão dessas zonas de inundação como elemento técnico a ser observado na especificação do conjunto de regras que define quais atividades podem ou não serem instaladas e como os imóveis devem ser construídos nessas áreas. Esta ação permite a convivência adequada com as inundações, reduzindo as perdas materiais, os riscos de vida e os custos com a transferência de população.

O desenvolvimento deste Caderno contou com a articulação institucional das Secretarias Municipais: SIURB, SVMA, SEHAB, SMDU e Subprefeituras Santana-Tucuruvi, Casa Verde-Cachoeirinha, Freguesia-Brasilândia e Pirituba.