

Proposta de implantação
do reservatório RTR-2,
no Campo de Marte



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIAS DOS CÓRREGOS CARANDIRU E TENENTE ROCHA

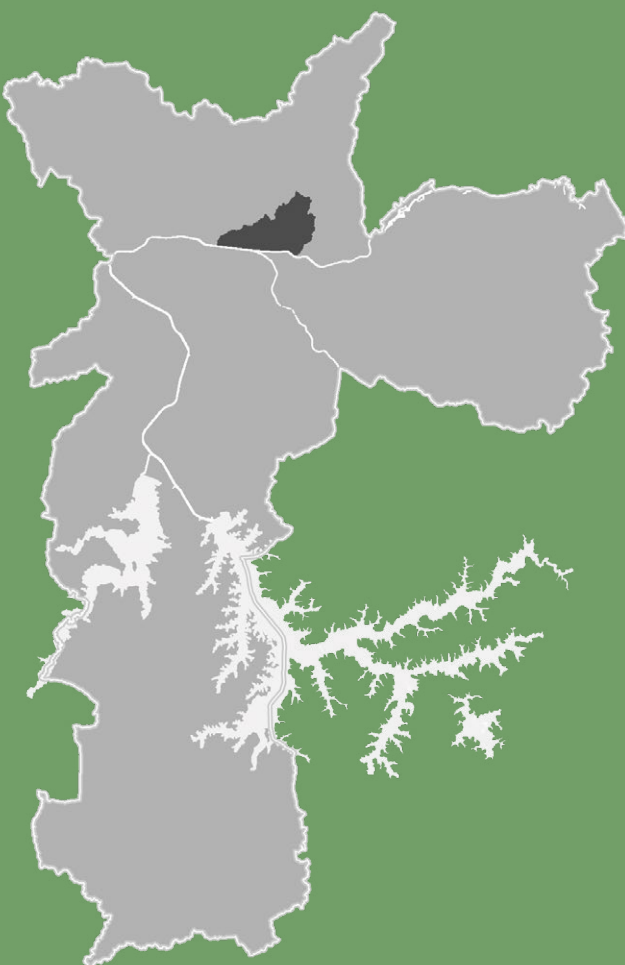


CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIAS DOS CÓRREGOS CARANDIRU E TENENTE ROCHA E ÁREAS ADJACENTES



BACIAS DOS CÓRREGOS CARANDIRU E
TENENTE ROCHA E ÁREAS ADJACENTES



Prefeitura do Município de São Paulo
Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIAS DOS CÔRREGOS CARANDIRU E TENENTE ROCHA E ÁREAS ADJACENTES

São Paulo, 2024



EQUIPE PMSP

Nome	Função
Ricardo Nunes	Prefeito
Marcos Monteiro	Secretário da SIURB
Adriana Siano Boggio Biazzi	Secretária Adjunta da SIURB

EQUIPE DE PLANEJAMENTO SIURB/PMSP

Antonia Ribeiro Guglielmi	Engenheira Civil e Coordenadora
Denise Vieira Veiga	Advogada
Douglas de Paula D'Amaro	Engenheiro Agrônomo
Guilherme dos Santos Coelho	Engenheiro Agrônomo
Julio Cesar Peres Alves	Engenheiro Civil
Tazio Guilherme Leme Cavalheiro Viadana	Engenheiro Ambiental

EQUIPE TÉCNICA DA FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA

Flavio Conde	Coordenador de Área
André Sandor Kajdacsy Balla Sosnoski	Engenheiro Civil
Erika Naomi de Souza Tominaga	Engenheira Ambiental
Pedro Luiz de Castro Algodoal	Engenheiro Civil
Rodrigo Martins Lucci	Engenheiro Civil
Sara Martins Pion	Engenheira Civil
Caio Gama de Camilo	Pesquisador
Danila Rodrigues	Pesquisadora
Filipe Chaves Gonçalves	Pesquisador
João Pedro Coelho Belini	Pesquisador
Lucas Alves da Costa	Pesquisador
Luiz Filipe Rodrigues Moreira	Pesquisador
Vinicius Lino e Silva	Pesquisador
Ana Luisa Viana Peira	Estagiária
Enrico Machado Blasotti	Estagiário
Larissa Silvestre Santos de Bessa	Estagiária
Mariana Keiko Yamasaki Rodrigues	Estagiária

Realização: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
Projeto gráfico e diagramação: Mayara Menezes do Moinho
Revisão de texto: Simone Oliveira
Foto da capa: FCTH

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e áreas adjacentes / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2024. 278 p.
ISBN 978-65-89429-25-8
1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Carandiru e Tenente Rocha e áreas adjacentes (SP) I. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica II. Prefeitura do Município de São Paulo III. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras.

CDD 627.12



Sumário

Apresentação	9	5. Estudos e projetos existentes para as bacias	153
1. Definição de diretrizes básicas dos estudos	13	6. Alternativas propostas	163
Plano Diretor Estratégico – PDE	15	6.1 Alternativa 1.....	165
2. Caracterização das bacias	23	6.2 Alternativa 2.....	174
2.1 Localização.....	23	6.3 Localização e principais características das obras de reservação	182
2.2 Histórico das bacias.....	26	6.4 Vistas e perspectivas da lagoa com retenção LTN-1	201
2.3 Hidrografia.....	30	6.5 Medidas complementares.....	222
2.4 Monitoramento hidrológico.....	64	6.6 Medidas não estruturais.....	222
2.5 Relevo	74	6.7 Medidas de drenagem sustentáveis.....	235
2.6 Carta geotécnica.....	78	7. Etapas de implantação das alternativas	243
2.7 Uso do solo	82	7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa	250
2.8 Zoneamento urbano.....	88	8. Custo estimado	257
2.9 População.....	101	9. Indicadores de drenagem urbana	269
2.10 Divisão administrativa municipal.....	108	10. Considerações finais	273
2.11 Sistema de esgotamento sanitário.....	108	Glossário	275
2.12 Sistema viário.....	109		
3. Critérios para o estudo	119		
3.1 Chuva de projeto	120		
3.2 Sub-bacias hidrográficas.....	125		
3.3 Impermeabilização das bacias.....	130		
4. Mapeamento de áreas críticas	139		
4.1 Áreas inundáveis	139		
4.2 Áreas críticas.....	146		

Lista de abreviaturas e siglas

ACD	Área de Contribuição Direta
ADA	Área Diretamente Afetada
AID	Área de Influência Direta
ATNP	Assessoria Técnica do Núcleo de Planejamento de SIURB
CCOI	Centro de Controle Operacional Integrado
CGAU-MSP	Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo/SP
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CG-MSP	Carta Geotécnica do Município de São Paulo/SP
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas
CienTec	Parque da Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo
CN	Curve Number
COE	Código de Obras e Edificações
COMDEC	Coordenadoria Municipal de Defesa Civil
CRHi	Coordenadoria de Recursos Hídricos

CTB	Código de Trânsito Brasileiro	PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica	PDD	Plano Diretor de Drenagem
Emef	Escola Municipal de Ensino Fundamental	PDE	Plano Diretor Estratégico
EPA	Environmental Protection Agency	PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica	PHA	Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
FLU	Fluviométrico	PLU	Pluviométrico
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo	PMAPSP	Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo
GPRS	General Packet Radio Service	PMH	Plano Municipal de Habitação
GSM	Global System for Mobile	PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
HIS	Habitação de Interesse Social	PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	PPCV	Plano Preventivo Chuvas de Verão
IDF	Intensidade-duração-frequência	PROCAV	Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social	QA	Quota Ambiental
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo	RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
MDC	Mapa Digital da Cidade	SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
NUDEC	Núcleos de Defesa Civil	SbN	Soluções baseadas na Natureza
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	SEHAB	Secretaria Municipal de Habitação
ONU	Organização das Nações Unidas		
PA	Perímetro de Qualificação Ambiental		

SF	Secretaria Municipal da Fazenda	ZC	Zona Centralidade
SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras	ZCOR	Zona Corredor
SMADS	Secretaria Municipal de Assistência e Desenvolvimento Social	ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico
SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano	ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
SMSP	Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras	ZEM	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana
SMSU	Secretaria Municipal de Segurança Urbana	ZEMP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
SMT	Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito	ZEP	Zona Especial de Preservação
SMUL	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento	ZEPA	Zona Especial de Preservação Ambiental
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo	ZEPEC	Zona Especial de Preservação Cultural
SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente	ZER	Zona Exclusivamente Residencial
SWMM	Storm Water Management Model	ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
Tc	Duração crítica do evento	ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
Tr	Período de retorno	ZM	Zona Mista
UG	Unidade Geotécnica	ZOE	Zonas de Ocupação Especial
UNDP	United Nations Development Program	ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
VTR	Via de Trânsito Rápido	ZPI	Zona Predominantemente Industrial
		ZPR	Zona Predominantemente Residencial

Apresentação

Os cadernos de Bacia Hidrográfica compõem um importante instrumento para a redução dos riscos de inundação no Município de São Paulo.

Este estudo desenvolveu-se no âmbito do contrato SIURB-FCTH nº 208/SIURB/2022, com o objetivo básico de fornecer subsídios para o planejamento e a gestão do sistema de drenagem. O horizonte de planejamento considerado neste estudo é de 40 anos.

Além de apresentar o diagnóstico das bacias e as medidas para o controle de cheias, o Caderno é uma ferramenta de apoio para a SIURB na análise de projetos existentes, otimizando as soluções e oferecendo um diagnóstico do desempenho das intervenções para cenários futuros e eventos críticos de chuvas observadas.

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 nas bacias hidrográficas serão escalonadas partindo-se da redução das inundações em áreas de risco muito alto.

Este Caderno refere-se às bacias hidrográficas dos córregos Carandiru, Tenente Rocha, Apereiba e Carandaí, além de Áreas de Contribuição

Direta (ACD) à margem direita do Rio Tietê, na região Norte do Município de São Paulo.

O Caderno está dividido em dez capítulos. O Capítulo 1 estabelece um conjunto de princípios básicos que devem ser seguidos no planejamento das obras de drenagem das bacias hidrográficas.

No Capítulo 2, é apresentado o diagnóstico das bacias com a caracterização física e urbanística, o levantamento de inundações e o mapeamento das zonas inundáveis associado ao risco. Ainda neste capítulo, apresenta-se o Memorial Fotográfico, mostrando alguns dos principais problemas das bacias e pontos de interesse para a implantação de medidas de controle de cheias.

No Capítulo 3, “Critérios para o estudo”, constam os fatores atuantes na geração do escoamento superficial direto, essencial para a formulação de medidas de controle de cheias.

O Capítulo 4 apresenta o mapeamento de áreas sujeitas a inundações, como diretriz para definir um conjunto de regras para a ocupação dessas áreas. As zonas inundáveis foram traçadas a partir das chuvas de projeto para Tr 2, 5, 10, 25 e 100 anos. Foi realizada uma classificação quanto ao risco de inundação das bacias e o mapeamento das áreas críticas considerando o risco de inundação, o sistema viário estrutural,

os equipamentos urbanos vulneráveis e as áreas de favela próximas aos córregos.

O Capítulo 5 traz os estudos já realizados para as bacias, que servem como primeira orientação para a proposição de medidas para o controle de cheias.

No Capítulo 6, são expostas as alternativas estudadas, formadas por medidas para o controle das cheias e com implantação em etapas. Foram consideradas quatro etapas: a primeira é delineada para proteger as áreas críticas das bacias contra chuvas mais recorrentes; a segunda protege as bacias para chuvas com Tr 10 anos; a terceira etapa foi dimensionada para chuvas com Tr 25 anos; e, por fim, a quarta etapa protege as bacias para chuvas com Tr 100 anos. Esse capítulo aborda ainda a necessidade de adoção de medidas não estruturais, como o zoneamento de inundações e sua regulamentação; o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em situações de emergência de inundações; e o sistema de alerta no Município de São Paulo. Também apresenta a aplicabilidade das medidas de drenagem sustentáveis em função da declividade e da geologia das bacias, indicando seu potencial de implantação.

O Capítulo 7 expõe o sistema implantado em etapas e seu comportamento em cada etapa quando submetido a chuvas de Tr 100 anos. Uma verificação do desempenho

individual das medidas de controle de cheias consideradas na primeira etapa foi realizada, levando em conta a redução da mancha de inundação quando essas medidas forem submetidas a uma chuva de 5 anos de recorrência.

No Capítulo 8, estabelece-se uma estimativa preliminar dos custos das intervenções propostas.

No Capítulo 9 são apresentados os parâmetros para o desenvolvimento dos indicadores de desempenho do sistema de drenagem das bacias em estudo.

O Capítulo 10 apresenta as considerações finais, com um resumo dos estudos.

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 da questão do controle de cheias, propondo ações integradas com os demais planos setoriais.

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

- Dotar a prefeitura do município de um instrumento de planejamento que possibilite minimizar, em um prazo predefinido, os graves problemas de inundação que assolam a cidade, com definição de:
 - Cenário de projeto para a ocupação máxima permitida pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS – Lei nº 16.402/2016).
 - Metas de curto, médio e longo prazos.
- Reduzir paulatinamente os riscos de inundação na bacia até o nível correspondente a precipitações de Tr 100 anos;

- Proposição de medidas de convivência com o regime hídrico compatíveis com o grau de proteção hidrológica para cheias de períodos de retorno inferiores a 100 anos;
 - Articulação com os planos setoriais e parcialmente integrados já elaborados ou em elaboração para o município e para as bacias, 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 previstas 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, considerando:
 - 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 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, e que visem:
 - A preservação e a valorização das várzeas de inundação.
 - A integração do sistema de drenagem urbana de forma positiva ao ambiente da cidade.
 - A 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 16.642/2017), do Plano Municipal de Habitação – PMH (PMSP/SEHAB, 2011)¹, do Plano Municipal de Saneamento (Decreto nº 58.778/2019), da Política Municipal de Segurança Hídrica e Gestão das Águas (Lei nº 17.104/2019) etc. Salienta-se a importância da articulação entre os planos diretamente associados aos recursos hídricos, como, por exemplo, o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (SSRH/CRHi, 2013)²; o Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FUSP, 2009)³, área na qual 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)⁴; entre outros.

PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO – PDE

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, de 31 de julho de 2014, é uma lei municipal que orienta o desenvolvimento e o crescimento da cidade até 2029.

A lei dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano, o Sistema de Planejamento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e é aplicada à totalidade do seu território.

Em 8 de julho de 2023, entrou em vigor o novo texto do Plano Diretor, decorrente da Revisão Intermediária do Plano Diretor (Lei nº 17.975/2023). Essa lei abrange a revisão intermediária do PDE envolvendo ajustes e adequações nos instrumentos da Política de Desenvolvimento Urbano. Com isso, essa política passa a ser orientada pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU) para o Desenvolvimento Sustentável, bem como pelas ações para o enfrentamento das mudanças climáticas, em conformidade com acordos internacionais.

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

2. 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.

3. Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP.

4. São Paulo (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica.

A estratégia territorial do Plano Diretor estrutura-se a partir de duas macrozonas, cada uma delas subdivididas em quatro macroáreas:

1. Macrozona de estruturação e qualificação urbana – apresenta grande diversidade de padrões de uso e ocupação do solo. Dentre seus objetivos, estão a promoção da convivência mais equilibrada entre a urbanização e a conservação ambiental e a redução das situações de vulnerabilidade urbana.
 - Macroárea de estruturação metropolitana – abrange áreas das planícies fluviais dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, com articulação com o Centro e prolongamento junto a importantes avenidas.
 - Macroárea de urbanização consolidada – caracterizada por um padrão elevado de urbanização, forte saturação viária e elevada concentração de empregos e serviços.
 - Macroárea de qualificação da urbanização – é caracterizada pela existência de usos residenciais e não residenciais instalados em edificações horizontais e verticais, com um padrão médio de urbanização e de oferta de serviços e equipamentos.
 - Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana – caracteriza-se pela existência de elevados índices de vulnerabilidade social e baixos índices de desenvolvimento humano. É ocupada por uma população predominantemente de baixa renda que se instala em assentamentos precários e irregulares.
2. Macrozona de proteção e recuperação ambiental – é um território ambientalmente frágil devido a suas características geológicas e geotécnicas, à presença de mananciais de abastecimento hídrico e à significativa biodiversidade, demandando cuidados especiais para sua conservação. Tem dentre seus objetivos a conservação e a recuperação dos serviços ambientais existentes.
 - Macroárea de redução da vulnerabilidade e recuperação ambiental – caracteriza-se pela predominância de elevados índices de vulnerabilidade socioambiental, baixos índices de desenvolvimento humano e assentamentos precários e irregulares.
 - Macroárea de controle e qualificação urbana e ambiental – caracterizada pela existência de vazios intraurbanos com ou sem cobertura vegetal e áreas

urbanizadas com distintos padrões de ocupação.

- Macroárea de contenção urbana e uso sustentável – caracterizada pela existência de fragmentos significativos de vegetação nativa, entremeados por atividades agrícolas, sítios e chácaras de recreio que protegem e/ou impactam, em graus distintos, a qualidade dos recursos hídricos.
- Macroárea de preservação de ecossistemas naturais – é caracterizada pela existência de sistemas ambientais cujos elementos e processos ainda conservam suas características naturais. Predominam áreas de remanescentes florestais naturais, várzeas preservadas, cabeceiras de drenagem, nascentes e cursos d’água ainda pouco impactados por atividades antrópicas.

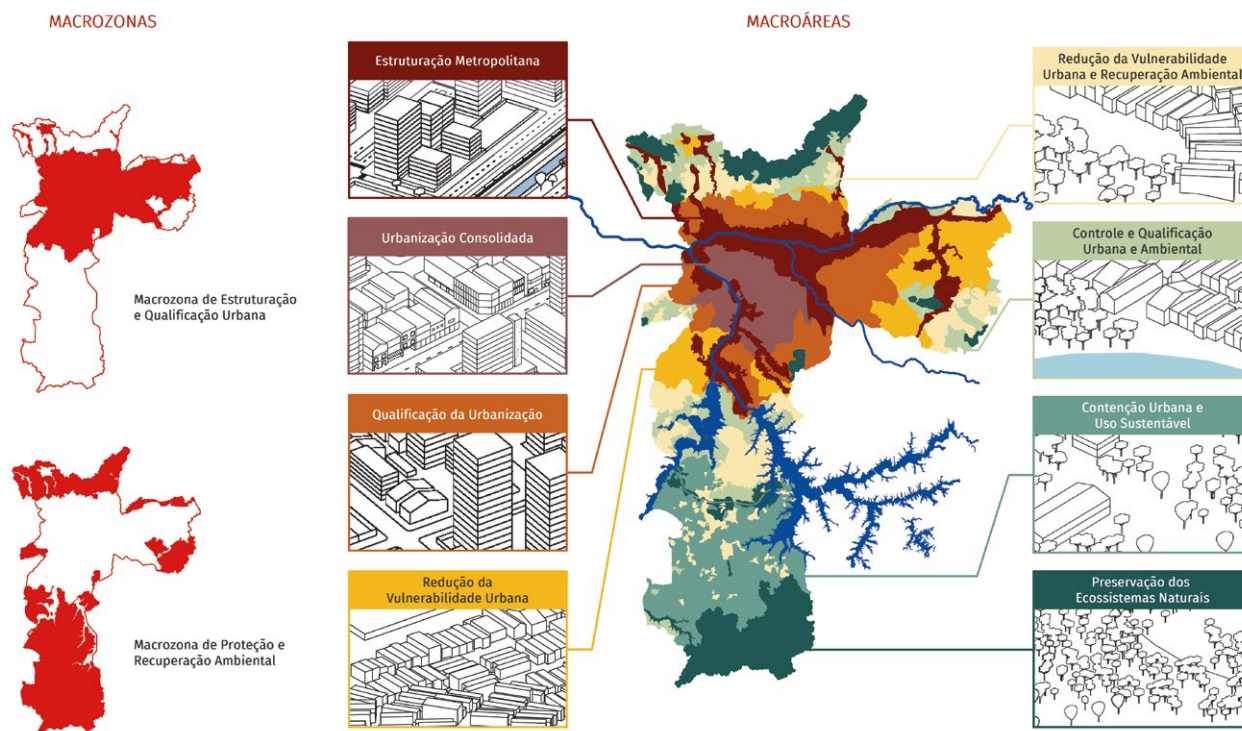
A **FIGURA 1.1** apresenta as macrozonas e macroáreas, elementos estruturantes do ordenamento territorial.

A rede de estruturação e transformação urbana é composta, entre outros elementos, da rede hídrica e ambiental que, por sua vez, se constitui pelo conjunto de cursos d’água, cabeceiras de drenagem, nascentes, olhos-d’água, represas e lagos naturais e artificiais, planícies aluviais, águas subterrâneas, parques, unidades de conservação,

áreas verdes e áreas protegidas. Dentre os objetivos urbanísticos e ambientais estratégicos relacionados à recuperação e proteção da rede hídrica e ambiental, estão:

- Ampliar progressivamente as áreas permeáveis ao longo dos fundos de vale e cabeceiras de drenagem, as áreas verdes significativas e a arborização, para minimização dos processos erosivos, das enchentes e das ilhas de calor;
- Qualificar e ampliar a rede de parques, considerando populações de todas as faixas de renda (inferior, intermediária e alta), de modo a equilibrar a relação entre o ambiente construído, as áreas verdes e os espaços livres, objetivando garantir espaços de lazer, sociabilidade e recreação para a população;
- Proteger nascentes, olhos-d’água, cabeceiras de drenagem e planícies aluviais;
- Articular, por meio de caminhos de pedestres e ciclovias, preferencialmente nos fundos de vale, as áreas verdes significativas, os espaços livres e os parques urbanos e lineares;
- Adotar Soluções baseadas na Natureza (SbN) nas intervenções, especialmente as do Sistema de Saneamento Ambiental, com o intuito de melhorar a qualidade urbanística e ambiental das bacias hidrográficas.

FIGURA 1.1 Elementos estruturantes do ordenamento territorial: macrozonas e macroáreas (modificado de PDE, 2014)



O PDE traz a integração de políticas e dos sistemas urbanos e ambientais para as questões do ordenamento territorial, e cita como diretrizes da política ambiental (Art. 195): a conservação e recuperação da qualidade ambiental dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas; a redução de enchentes; a minimização dos efeitos das ilhas de calor e da impermeabilização do solo; a criação de incentivos fiscais e urbanísticos às construções sustentáveis; e o aumento da permeabilidade do solo, entre outras práticas.

O sistema de drenagem é definido, na Lei nº 16.050/2014 (Art. 213), como o conjunto formado pelas características geológico-geotécnicas e do relevo e pela infraestrutura de macro e microdrenagem instalada, sendo composto por:

- Fundos de vale, linhas e canais de drenagem, planícies aluviais e talwegues;
- Elementos de microdrenagem, como vias, sarjetas, meio-fio, bocas-de-lobo, galerias de água pluvial, entre outros;

- Elementos de macrodrenagem, como canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Sistema de áreas protegidas, áreas verdes e espaços livres, em especial os parques lineares.

O Art. 215 da Lei nº 16.050/2014, que aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, apresenta, dentre os objetivos do sistema de drenagem, a redução dos riscos de inundação e alagamento e de suas consequências sociais; a redução da poluição hídrica e do assoreamento; e a recuperação ambiental de cursos d'água e dos fundos de vale. Ainda define diretrizes de preservação ambiental e de participação da sociedade nas ações de drenagem e de manejo das águas pluviais.

As seguintes ações prioritárias para o sistema de drenagem foram estabelecidas pela Lei Municipal em seu Art. 217:

- Elaborar o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, consideradas as ações de limpeza urbana previstas no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Criar um órgão municipal de planejamento e gestão de drenagem e dos recursos hídricos;

- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados das áreas de risco de inundações e aprimorar os sistemas de alerta e de emergência;
- Elaborar mapeamento e cartografia georreferenciados dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Implantar sistemas de retenção ou retenção temporária das águas pluviais que contribuam para a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente;
- Implantar o Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, composto por intervenções urbanas nos fundos de vale, articulando ações de saneamento e drenagem, a implantação de parques lineares e a urbanização de favelas. Um de seus principais objetivos é a ampliação progressiva das áreas verdes ao longo dos fundos de vale;
- Desassorear os cursos d'água, canais, galerias, reservatórios e demais elementos do sistema de drenagem;
- Revisar a legislação referente aos sistemas de retenção de águas pluviais;
- Implementar medidas de drenagem sustentáveis em áreas privadas e públicas;

- Adotar medidas que minimizem a poluição difusa carregada para os corpos hídricos;
- Adotar pisos drenantes nas pavimentações de vias locais e passeios de pedestres.

O PDE instiga a adoção de parques lineares nas intervenções de macrodrenagem. Segundo seu Art. 273, os parques lineares são intervenções urbanísticas associadas aos cursos d'água, principalmente àqueles inseridos no tecido urbano, tendo como principais objetivos:

- Proteger e recuperar as áreas de preservação permanente e os ecossistemas ligados aos cursos d'água;
- Conectar áreas verdes e espaços públicos;
- Controlar enchentes;
- Evitar a ocupação inadequada dos fundos de vale;
- Propiciar áreas verdes destinadas à conservação ambiental, ao lazer, à fruição e a atividades culturais;
- Ampliar a percepção dos cidadãos sobre o meio físico.

Os cadernos de Bacia Hidrográfica estão sendo desenvolvidos de acordo com as premissas e diretrizes apontadas pelo PDE

na concepção de ações para o sistema de drenagem, conforme segue:

- Consideram a bacia hidrográfica uma unidade territorial de análise para diagnóstico, planejamento, monitoramento e elaboração de projetos;
- Consideram o impacto do uso e da ocupação do solo na impermeabilização da bacia hidrográfica;
- Estimulam e apontam áreas potenciais para a implantação de medidas de drenagem sustentáveis;
- Respeitam as capacidades hidráulicas dos corpos d'água, impedindo vazões excessivas;
- Utilizam tecnologia avançada de modelagem hidrológica e hidráulica, que permite o mapeamento das áreas de risco de inundação;
- Produzem o mapeamento georreferenciado dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Propõem sistemas de retenção, retenção e infiltração das águas pluviais, visando a redução das inundações e a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente, adotando critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica

das infraestruturas com o meio ambiente urbano;

- Adotam os parques lineares em fundos de vale como parte integrante do sistema de controle de cheias, destacando sua função de equilibrar a relação entre o ambiente construído e as áreas verdes e livres e garantir espaços de lazer e recreação para a população.

Essa ação está de acordo com um dos objetivos do Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, que é a ampliação de áreas verdes a partir da criação de parques lineares, aumentando a infiltração das águas pluviais no solo e criando áreas inundáveis, depressões e lagos para sua retenção, quando necessário.

Caracterização das bacias

2.1 LOCALIZAÇÃO




As bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e as áreas adjacentes ao Rio Tietê localizam-se na zona Norte do Município de São Paulo, entre as bacias do Novo Mundo, a jusante, e do Mandaqui, a montante.

São compostas por cinco bacias principais e seis áreas de contribuição direta à margem direita do referido rio. A área de drenagem abrange 18,53 km², correspondente a 1,22% da área total do município. Desse total, são 14,71 km² de área cobertos pelas bacias hidrográficas e 3,82 km² cobertos pelas bacias de contribuição direta.

O mapa da **FIGURA 2.1** ilustra a localização das bacias dos córregos no Município de São Paulo.

FIGURA 2.1 Localização das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Área de drenagem: 18,5 km²



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





Av. Tiracuru

Av. Nova Cantareira

Av. Luiz Dumont Vilares

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zucchi

Córrego Carandiru

Córrego Platã

Redo Pujol

Córrego Ten. Rocha

Av. Cruzzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Olavo Fontoura

Av. Santos Dumont

Av. Zak Narchi

Córrego Apereiba

Marginal Tietê

Av. Joaquim Ramalho

2.2 HISTÓRICO DAS BACIAS

As bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e as áreas adjacentes ao Rio Tietê se inserem no contexto de urbanização dos bairros em seus entornos, na zona Norte de São Paulo. A urbanização desses bairros, desde Santana e Carandiru até a Parada Inglesa e, depois, até o Jardim São Paulo e o Tucuruvi, ocorreu pelos contextos histórico e geomorfológico que influenciaram o modo como a região foi ocupada, além da forma como se deu o uso das águas⁵. O bairro da Casa Verde é onde se localiza o córrego Carandaí, e o córrego Apereiba está no distrito da Vila Guilherme.

As origens de Santana estão vinculadas ao início de São Paulo. A propriedade rural que deu origem ao bairro forneceu recursos aos primeiros desbravadores, os bandeirantes. A partir de 1673, a extensa área de terra concedida aos jesuítas tornou-se a propriedade rural mais significativa da Companhia de Jesus em São Paulo. Inicialmente chamada de Fazenda Tietê e renomeada posteriormente como

Fazenda de Sant'Ana, essa instância foi mencionada pela primeira vez pelo padre José de Anchieta em 1560⁶.

Antes de desembocar no Rio Tietê, o córrego Carandiru percorria a Fazenda de Sant'Ana e atravessava o bairro e suas redondezas. A fazenda desempenhou um papel fundamental como fonte de abastecimento para os primeiros habitantes de São Paulo dos Campos de Piratininga.

No século XVII, por volta de 1638, surgiram os primeiros registros da região conhecida atualmente como bairro da Casa Verde. Naquela época, um sítio de aproximadamente 200 alqueires pertencia a Amador Bueno Ribeiro, chamado de “rei” pelos espanhóis que viviam na região. O sítio tinha como atividade principal a produção de trigo, cevada e vinho. Mais tarde, por volta de 1790, o cultivo de café foi introduzido no sítio, que passou a ser propriedade do coronel José Arouche de Toledo Rendon, descendente de Amador Bueno. Dono de uma vasta área de terra que englobava não apenas o bairro da Casa Verde, mas também parte da região central da cidade, Rendon

-
5. CABRAL, A. S. C. Os córregos ocultos na paisagem urbana: o caso da bacia do Carajás. **Anagrama**, v. 5, n. 3, p. 1-34, 2012.
 6. JSZN (Jornal Semanário da Zona Norte). Santana completa 239 anos de desenvolvimento e muita tradição. **Jornal Semanário da Zona Norte**, São Paulo, 22 jul. 2021. Disponível em: <https://www.semanariozonanorte.com.br/noticia/santana-completa-239-anos-de-desenvolvimento-e-muita-tradicao>. Acesso em: 5 jul. 2023.

foi um agente significativo no desenvolvimento de São Paulo⁷.

Após a expulsão dos jesuítas do país, em 1760, a administração da Fazenda de Sant’Ana passou para o controle da Coroa portuguesa. Antes de seus 84 hectares serem divididos em uma sesmaria com 68 lotes, a sede da fazenda ganhou destaque em 1886, como palco de um dos episódios mais famosos da história brasileira. O Império brasileiro começou a surgir nessa fazenda, localizada na Rua Alfredo Pujol. Foi lá que a família dos Andradas se estabeleceu e onde José Bonifácio de Andrada e Silva redigiu o manifesto paulista, que contribuiu para a declaração do Fico por parte de dom Pedro I e, posteriormente, para a declaração de Independência do país em 1822.

Durante o período colonial, os habitantes de Santana concentravam-se ao longo do que são atualmente a Rua Alfredo Pujol, a Rua Voluntários da Pátria e o “Caminho do Cemitério”, hoje Rua Doutor César. Com o objetivo de facilitar o acesso da população ao centro da cidade, aproximadamente 3 km da área alagada do Rio Tietê – do Convento da Luz até o Caminho do Cemitério – foram aterrados sob ordens da Coroa. Como

Santana era considerada uma região rural até 1940, assim como grande parte da zona Norte, qualquer melhoria ou benefício urbano necessário naquela época precisava passar pelo Departamento de Estradas Rurais Municipais.

No início do século XX, a Revolução Industrial transformou as grandes cidades europeias e gerou conflitos entre os trabalhadores, em busca de seus direitos, e os donos de fábricas, em busca de lucro por meio da automação. Em São Paulo, mudanças significativas também ocorriam, como o fim da escravidão e a chegada de imigrantes. A cidade cresceu rapidamente, expandindo-se pelo Planalto Piratininga e transformando áreas rurais em bairros industriais, o que exigia uma infraestrutura urbana.

Nesse contexto, o antigo sítio da Casa Verde foi loteado pelos herdeiros de João Maxwell Rudge em 1913, para a criação do bairro. O antigo casarão e a capela construídos pelos primeiros moradores de Santana foram demolidos em 1916, para dar lugar a um quartel. Atualmente, os traços deixados pela Companhia de Jesus podem ser encontrados na Rua Alfredo Pujol.

7. MAGALHÃES, G. Memória: a história da Casa Verde, o bairro em homenagem a sete irmãs. **Gazeta de S.Paulo**, São Paulo, 5 maio 2022. Disponível em: <https://www.gazetasp.com.br/estado/memoria-a-historia-da-casa-verde-o-bairro-em-homenagem-a-sete-irmas/1109359>. Acesso em: 7 jul. 2023.

Na época da construção do Complexo Penitenciário Carandiru, na década de 1920, os bairros Parada Inglesa e Jardim São Paulo tinham poucas estradas, e elas levavam a chácaras e sítios. Nas partes mais altas do Jardim São Paulo, por exemplo, afastadas do vale do córrego Carandiru, foram sendo construídos sobrados imponentes que serviam de casa de veraneio para a elite paulistana ou como residência da burguesia emergente local.

Naquela época, os bairros Parada Inglesa e Jardim São Paulo apresentavam baixa densidade populacional, com uma urbanização incompleta em que terrenos não urbanizados conviviam com estradas estreitas. O automóvel ainda demoraria pelo menos mais duas décadas para se tornar o principal meio de transporte na região. Os veículos de tração animal e o pitoresco Tramway da Cantareira, com locomotivas a vapor, eram as únicas opções de transporte entre esses bairros, o centro da cidade e áreas mais periféricas, como Jaçanã e Guarulhos.

Nas décadas de 1950 e 1960, as chácaras da região conviviam cada vez mais com pequenos estabelecimentos comerciais, armazéns e quitandas locais, à medida que a antiga Estrada do Carandiru passava a ser conhecida como Avenida General Ataliba Leonel. As ruas elevadas do Jardim Rodrigues Alves, à margem esquerda do córrego

Carandiru, já estavam ocupadas por casas modestas e pequenos sobrados geminados. O adensamento desses bairros, a partir da segunda metade do século XX, foi marcado por transformações em sua tipologia urbana.

Em 1965, durante o mandato do governador Adhemar de Barros, foi desativada a estação Parada Inglesa do Tramway da Cantareira, localizada no vale do córrego Carandiru e a poucos metros da atual estação do Metrô. O projeto básico do Metropolitano de São Paulo estava sendo desenvolvido desde 1963, e a estação Santana seria inaugurada em setembro de 1975, o que fez o bairro se integrar à metrópole ao trocar os bondes puxados por burros por sua primeira estação de Metrô.

Em 1979, no início do mandato do governador Paulo Maluf, o córrego Carandiru foi canalizado para a construção de uma ampla avenida, com cinco faixas de rolamento em cada sentido, um canteiro central espaçoso e passeios públicos modestos. Seguindo um padrão do desenvolvimento urbano de São Paulo, o fundo do vale foi utilizado para a construção de uma via exclusiva para automóveis. Em 1980, a Avenida Luís Dummont Villares, também conhecida como Avenida Nova, foi inaugurada, tornando-se a extremidade norte do corredor Norte-Sul e permitindo o rápido fluxo de tráfego entre Tucuruvi e Santana.



FIGURA 2.2 Modificações na ocupação do território em 1954 e em imagem atual (imagens disponíveis no GeoSampa)

A topografia acidentada da região revela vestígios sutis dos córregos na cidade. A presença de becos e espaços não construídos indica a existência dos cursos d'água. Casas antigas e edifícios residenciais coexistem nas colinas. O traçado suave do Carandiru coincide com as avenidas General Ataliba Leonel e Luís Dummont Villares. Terrenos antigos próximos ao córrego foram acessados pela Avenida General Ataliba Leonel, e essa ocupação é anterior à chegada das estações de Metrô Parada Inglesa, Jardim São Paulo e Tucuruvi, em 1998.

Em 2007, com a Sabesp, a Prefeitura Municipal de São Paulo deu início à implementação do Programa Córrego Limpo. Ele teve como objetivo despoluir córregos que atravessavam áreas urbanas. Esses córregos eram e ainda são responsáveis por drenar as águas pluviais dos rios Tietê e Pinheiros, os mais importantes da cidade. Os córregos Carandiru e Tenente Rocha estiveram na lista dos córregos com intervenções na primeira etapa do programa.

No que diz respeito ao córrego Tenente Rocha, a Sabesp implementou nele 330 metros de sistema de esgoto, readequou

a Estação Elevatória de Esgotos, desenvolveu um projeto para instalar 2 mil metros de tubulações principais e interceptores e realizou 15 conexões entre redes, visando eliminar vazamentos nas galerias de águas pluviais⁸. As melhorias tiveram um impacto positivo para uma população de 40 mil pessoas.

Em 2008, iniciaram-se as obras de canalização do córrego Carandaí. Foram cerca de 1.330 metros de canalização em seu trecho final, que vai da Rua Alambari até o Rio Tietê, passando pelas ruas Carandaí, Relíquia, Bernardino Fanganiello e Horácio Vergueiro Rudge⁹.

2.3 HIDROGRAFIA

A hidrografia principal das bacias em estudo é composta pelos córregos Carandiru e Tenente Rocha, que formam o conjunto de bacias do Carandiru e do Tenente Rocha. A extensão total do talvegue principal dos córregos são, respectivamente, 4.960 m e 3.900 m.

8. São Paulo (Estado). **Programa Córrego Limpo comemora um ano**. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/sponoticias/ultimas-noticias/programa-corrego-limpo-comemora-um-ano-1/>. Acesso em: 17 out. 2024.

9. São Paulo (Município). Córrego Carandaí: em obras. **Boletim da Subprefeitura – Casa Verde e Cachoeirinha: informação à comunidade**, 21 maio 2008.

A nascente do córrego Carandiru está localizada no bairro Tucuruvi, próximo à Avenida General Ataliba Leonel. O córrego percorre os bairros Santana e Parada Inglesa e chega ao bairro Jardim São Paulo, de onde segue paralelamente à Avenida Luiz Dumont Villares até a Avenida General Ataliba Leonel. Depois, seu curso atinge o Parque da Juventude, no bairro Carandiru, de onde segue ao lado da Avenida Moysés Roysen até desaguar no Rio Tietê.

Atualmente, o córrego Carandiru encontra-se canalizado, com trechos subterrâneos até o Parque da Juventude e a céu aberto no restante de seu traçado. Seu principal afluente, o córrego Piatã, segue paralelamente à Rua Piatã, também canalizado de forma subterrânea até Avenida Luiz Dumont Villares, onde deságua no córrego Carandiru.

O córrego Tenente Rocha tem sua nascente no bairro Santana, próximo à Rua Engenheiro Mac Lean. Seu percurso passa pela Rua General Bagueira até atravessar a Avenida Braz Leme, de onde corre em paralelo à Rua Tenente Rocha até o bairro Vila Baruel.

Depois de passar pelo Parque Anhembi, deságua no Rio Tietê.

Atualmente, os trechos que vão da nascente do córrego Tenente Rocha até a Rua Tenente Rocha encontram-se canalizados e subterrâneos, mas, em grande parte da mesma rua e em todos os trechos dele que passam pelo bairro Vila Baruel, o córrego encontra-se a céu aberto e em estado natural. Ele só volta a ser canalizado e subterrâneo em seu trecho final, no Parque Anhembi.

O mapa hidrográfico das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha é apresentado na **FIGURA 2.3**. O traçado desse mapa leva em consideração a situação atual dos córregos existentes nas bacias e foi elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo e no Mapa Hidrográfico da Cidade de São Paulo.

A **FIGURA 2.4** indica as dimensões das galerias principais das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias e obtidas por meio de levantamento em campo.

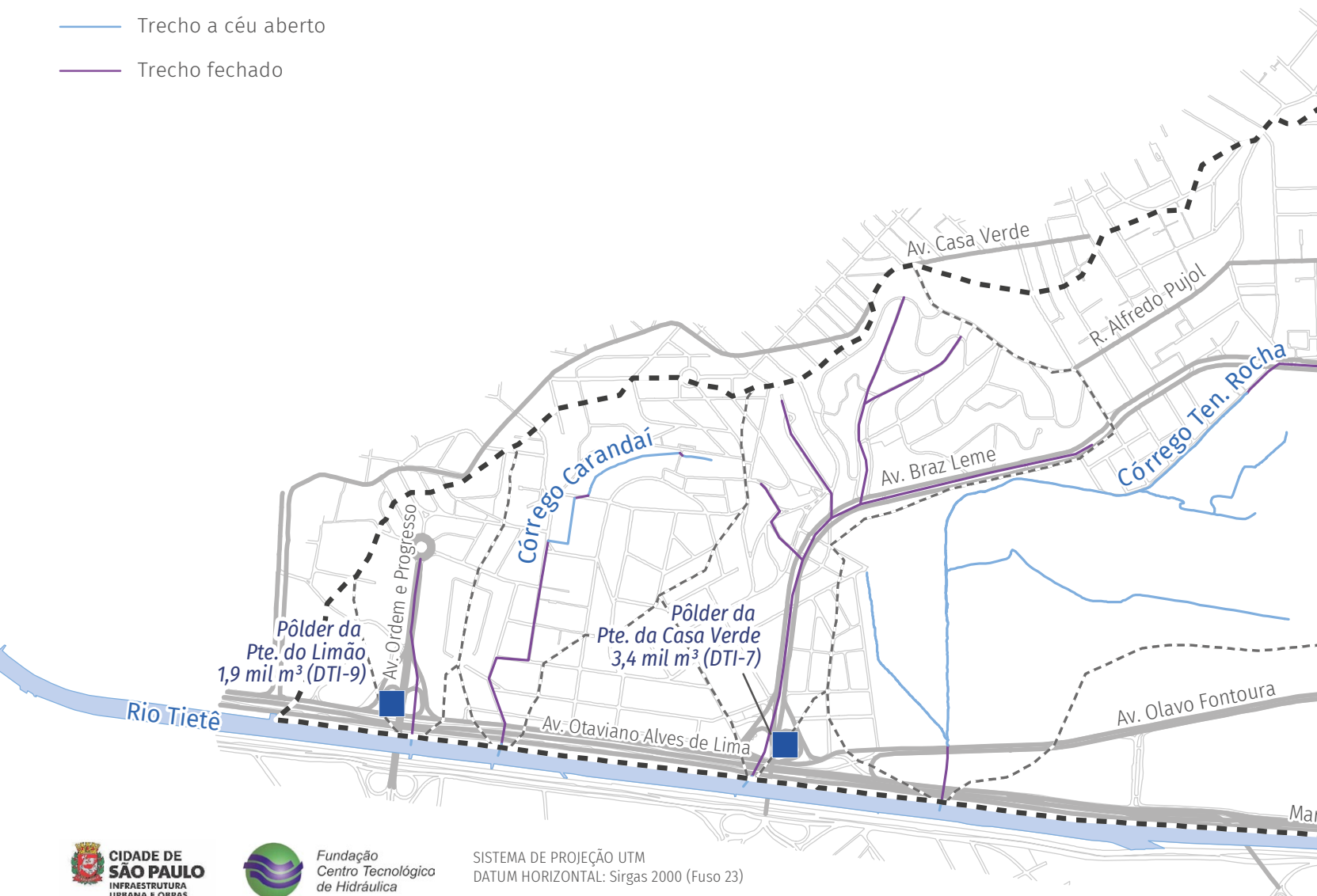
FIGURA 2.3 Rede hídrica principal das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

- Área de drenagem
- Quadra viária

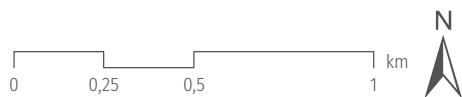
Rede de drenagem

- Trecho a céu aberto
- Trecho fechado



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





Pôlder da Pte. das Bandeiras
1 mil m³ (DTI-6.1)

Córrego Carandiru

Córrego Piatã

Córrego Apereiba

Av. Santos Dumont

Av. Cruzheiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

Av. Zaki Narchi

Av. Joaquina Ramalho

R. Chico Pontes

R. Dr. Zucumim

R. Voluntários da Pátria




Av. Nova Cantareira

Av. Tucaçuvi



Av. Luiz Dumont Villares

FIGURA 2.4 Dimensões das principais galerias de drenagem das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê – situação atual





Convenção

-  Área de drenagem
-  Galeria/canal principal
-  Quadra viária

Rede de drenagem

-  Trecho a céu aberto
-  Trecho fechado

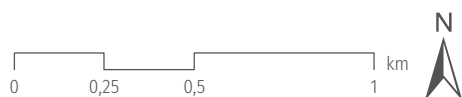
Dimensões em metros

-  Seção retangular
-  Seção circular
-  Seção retangular aberta
-  Seções mistas típicas



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



2.3.1 O SISTEMA DE DRENAGEM ATUAL DAS BACIAS

O sistema de drenagem urbana faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma cidade, como as redes de abastecimento de água, de coleta de esgotos sanitários, de cabos de transmissão de energia, de serviços de comunicações, além da iluminação pública, da pavimentação de ruas, das guias, dos passeios, dos parques, das áreas de recreação e lazer, entre outros. Originalmente, os sistemas convencionais de drenagem urbana objetivavam realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais.

É fato que o planejamento e a gestão das águas urbanas precisam adotar uma abordagem integrada entre as medidas ditas convencionais e os dispositivos de drenagem sustentáveis, na busca por obter um ambiente urbano protegido e equilibrado. Nesse sentido, faz-se necessária a integração de um conjunto de medidas para a minimização dos impactos decorrentes do processo de urbanização sobre o sistema de drenagem. Entre tais medidas, há as tradicionalmente utilizadas – e necessárias

–, como reforço de galeria, canalizações, reservatórios de armazenamento e pôlderes, assim como medidas consideradas mais sustentáveis, como parques lineares com ou sem reservação, abertura de canais, revitalização de cursos d’água, infraestrutura verde, convivência com as cheias e sistema de alerta a inundação.

Apesar de já existirem iniciativas e diversas soluções de drenagem sustentáveis implantadas na cidade de São Paulo¹⁰, os sistemas de drenagem existentes no município ainda são majoritariamente convencionais. Contudo, há que se destacar um dispositivo implantado no sistema de macrodrenagem, que é o sistema de vertimento controlado nos lagos dos parques da Aclimação, Cidade de Toronto e Alberto Löfgren (conhecido como Horto Florestal), além do presente na Lagoa Aliperti. O vertimento controlado apresenta benefício direto no abatimento das cheias a jusante desses locais, mantendo as características principais de lazer e a fauna e a flora aquáticas desses espaços.

Vale lembrar que os processos resultantes da ocupação desordenada e acelerada, a intensa impermeabilização do solo urbano e a implantação do sistema

10. São Paulo (Município). Secretaria Municipal Especial de Comunicação. **Prefeitura de São Paulo ultrapassa a marca de 200 jardins de chuva na cidade**, 23 set. 2022. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-de-sao-paulo-ultrapassa-a-marca-de-200-jardins-de-chuva-na-cidade>. Acesso em: 22 jun. 2023.

de drenagem das vias têm impacto significativo no aumento do escoamento superficial e das vazões nos corpos hídricos receptores. A ampliação do sistema de macrodrenagem não acompanhou tal crescimento, de forma que se observam insuficiências ao longo do sistema e a ocorrência de inundações e alagamentos. Os danos e prejuízos decorrentes dos eventos de inundação intensificam-se quando considerados os demais problemas econômicos, sociais e ambientais do município.

A insuficiência do sistema de drenagem em determinada seção de escoamento é avaliada pelo hidrograma na seção de interesse, como apresentado na **FIGURA 2.5**. O hidrograma é a representação gráfica da vazão em função do tempo. As vazões resultantes do processo de urbanização são representadas pela linha cinza do gráfico. Percebe-se que elas ultrapassam o limite de capacidade do sistema e, portanto, na situação apresentada, causariam inundações. A linha cinza pontilhada corresponde

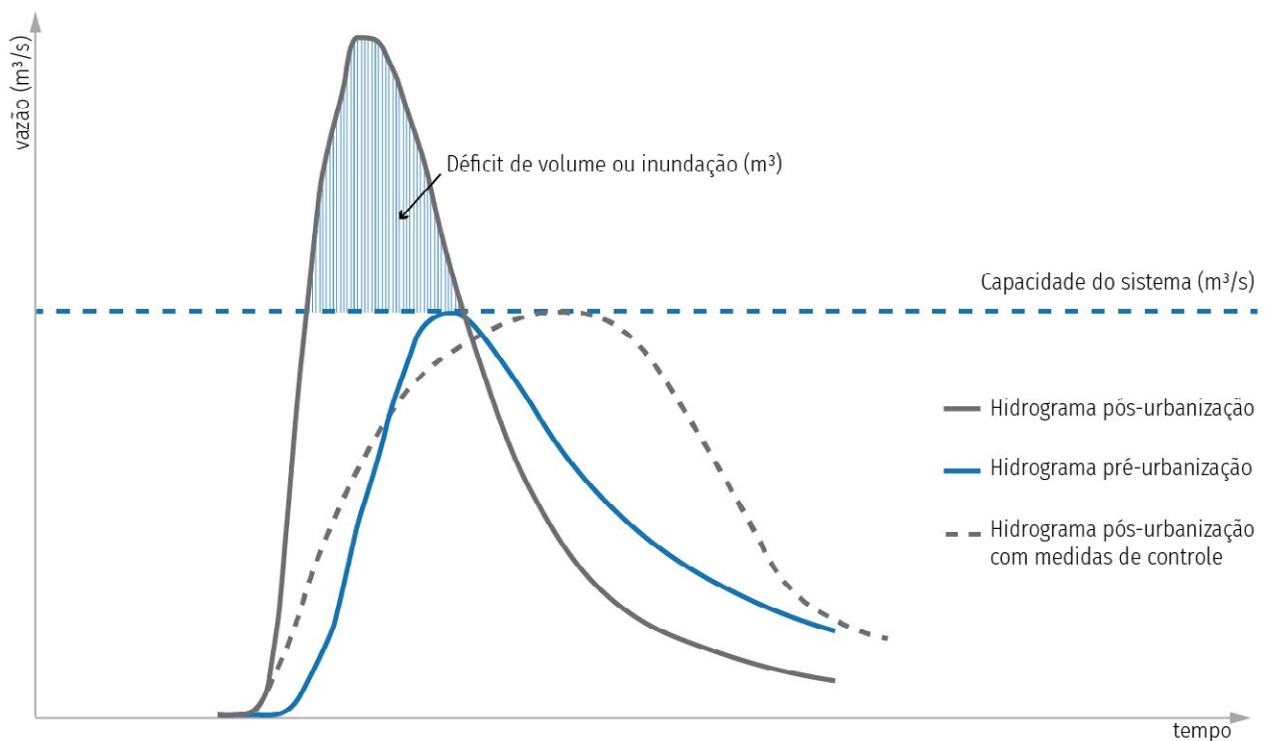


FIGURA 2.5 Hidrograma hipotético do efeito da urbanização

ao hidrograma de vazões amortecidas e configura o cenário ideal, no qual o sistema existente apresentaria capacidade suficiente para veicular o escoamento superficial afluente.

Atualmente, as bacias do município já se encontram na condição do hidrograma pós-urbanização, e a combinação da implantação de medidas convencionais e de soluções de drenagem sustentáveis visa aproximar das condições do hidrograma amortecido dentro da capacidade do sistema.

Essas medidas atuam de diferentes formas para obter o resultado esperado. Reservatórios, assim como parques lineares e lagoas com função de reservação, têm o papel de amortecer parte do volume dos hidrogramas. Já os trechos de canalização acabam elevando a capacidade de transporte das vazões afluentes, o que aumenta os picos dos hidrogramas como indicado a seguir.

Esse agravamento dos picos de vazão ocorre em função da redução da rugosidade

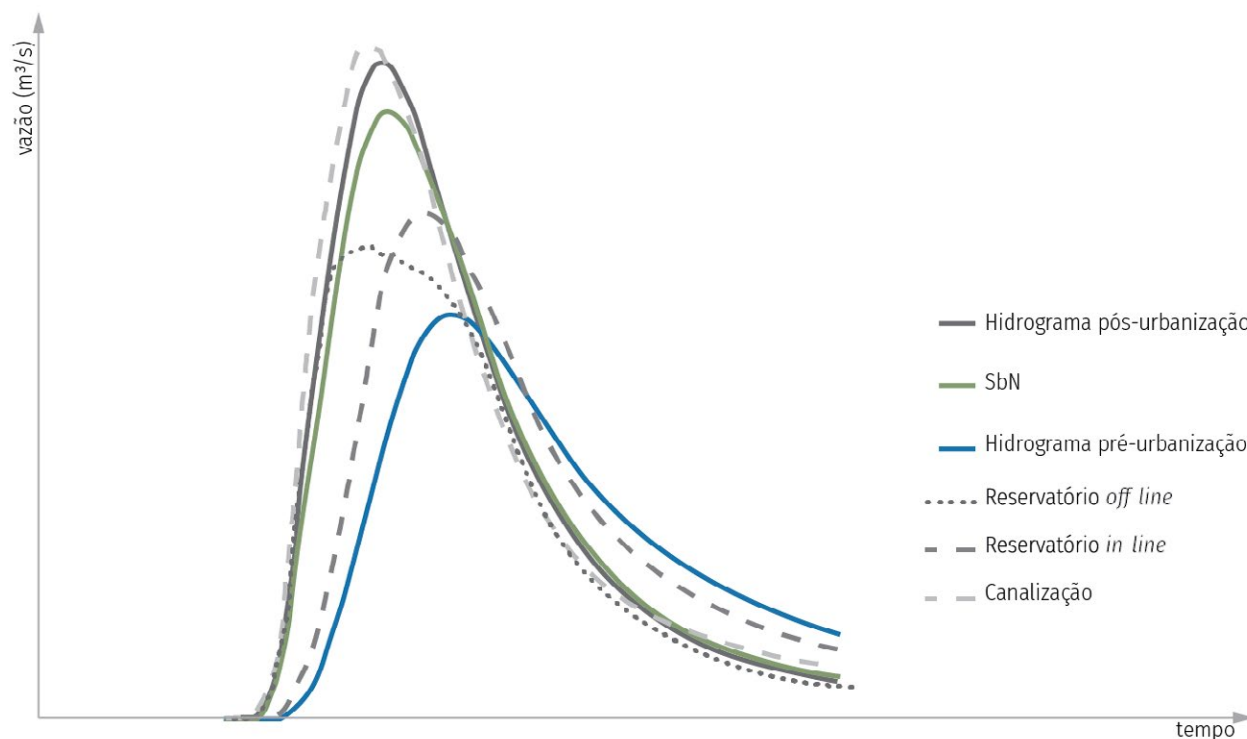


FIGURA 2.6 Hidrograma representativo da ação das medidas de controle

e da retificação dos canais, com consequente aumento das velocidades e dos volumes transportados.

As soluções de drenagem sustentáveis, por sua vez, têm características que promovem o acúmulo de volume de forma dispersa pela área das bacias, aumentando a reservação e infiltração dos volumes retidos. O impacto dessas medidas é apresentado na **FIGURA 2.6**.

Assim, o uso das medidas de drenagem convencionais integrado às soluções de drenagem sustentáveis é uma ferramenta bem-sucedida para a redução dos impactos do processo de urbanização e para o controle das cheias nas bacias hidrográficas.

Outra forma de avaliar e representar o sistema de drenagem existente são os diagramas unifilares. Nesses esquemas sintéticos dos cursos d'água, são inseridos, de forma organizada, os principais elementos da rede hídrica nas bacias hidrográficas, tais como afluentes e medidas de controle de cheias, o que permite um melhor entendimento do funcionamento sistemático da fluviometria das bacias. Nos diagramas unifilares, é representada a posição física sequencial dos componentes da rede, mostrada no organograma esquemático unifilar.

Por conseguinte, o diagrama unifilar da situação atual das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha é exibido na

FIGURA 2.7. Nesse diagrama, são apresentadas as capacidades hidráulicas de cada trecho da rede hidráulica, caracterizando a situação da rede existente. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões hidráulicas máximas registradas nos canais e as galerias para a chuva de período de retorno de 100 anos. Ressalta-se que, para o cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento de cheias nos condutos hidráulicos.

No diagrama, é possível verificar que a capacidade das galerias atuais é insuficiente para acomodar as vazões máximas afluentes em diversos trechos da rede de drenagem. As seções mais a montante dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, bem como grande parte da extensão do córrego Carandaí, do córrego Ordem e Progresso e da galeria da Avenida Braz Leme, já se encontram em carga.

No córrego Carandiru, desde a Rua Tomé Porte até a Avenida General Ataliba Leonel, as galerias ao longo de todo o trecho têm sua capacidade de escoamento superada. A diferença entre a capacidade das galerias e as vazões solicitantes é de, no mínimo, 15 m³/s, sendo o ponto mais crítico após a confluência com a galeria do Parque Domingos Luís, onde o déficit de capacidade atinge 24 m³/s.

Quase todas as extensões dos córregos Carandaí e Ordem e Progresso e da galeria da Avenida Braz Leme apresentam capacidade menor do que as vazões solicitantes. A diferença chega a $7 \text{ m}^3/\text{s}$ nos córregos Carandaí e na galeria da Avenida Braz Leme, e a $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ no córrego Ordem e Progresso.

O sistema de drenagem existente é complementado por três pôlderes implantados ao longo da Marginal Tietê, com o objetivo de proteger das cheias do Rio Tietê as áreas rebaixadas da avenida sob a Ponte

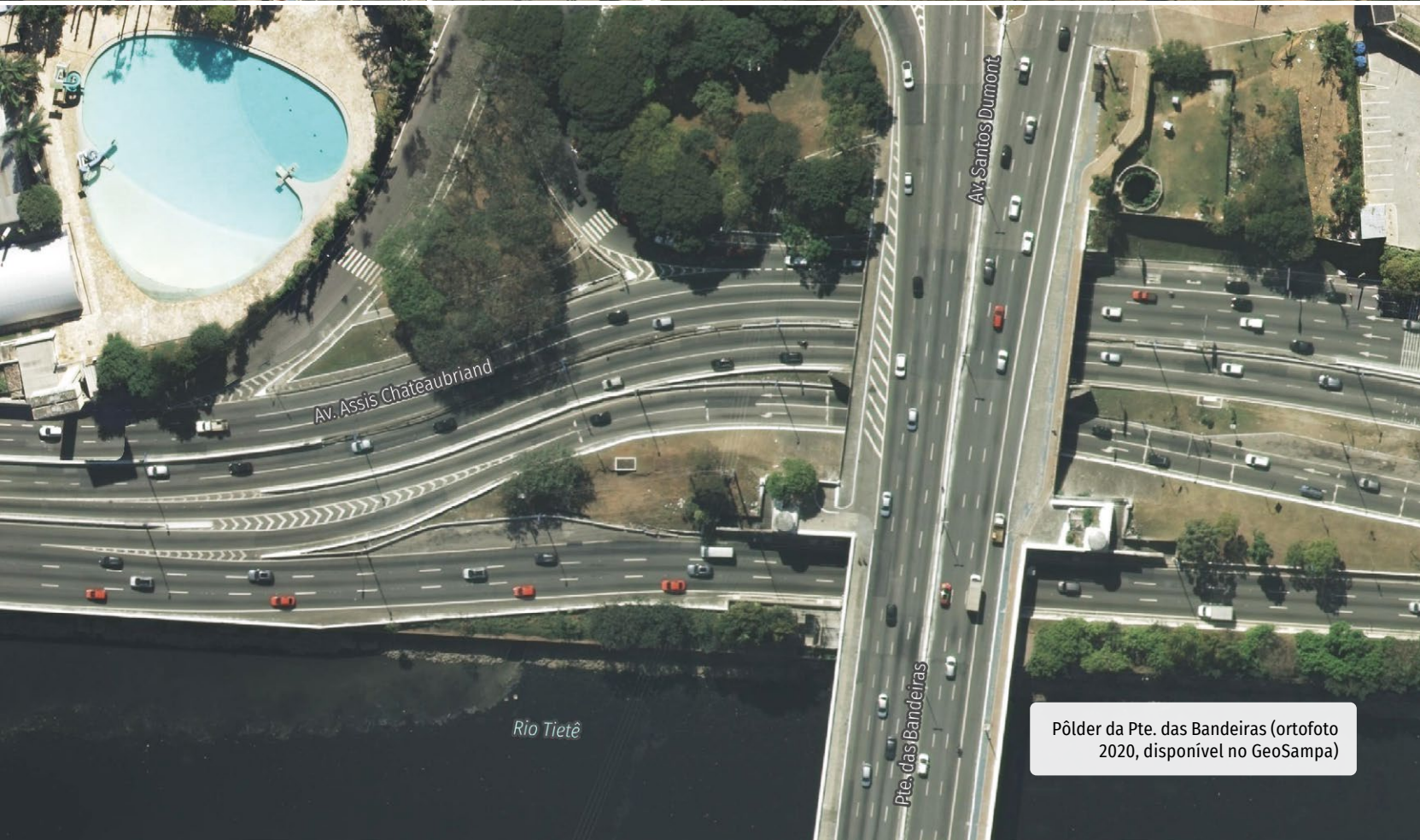
do Limão, a Ponte da Casa Verde e a Ponte das Bandeiras. Esses pôlderes são compostos por reservatórios fechados em concreto, com capacidade de reservação de $1,9 \text{ mil m}^3$, $3,4 \text{ mil m}^3$ e 1 mil m^3 para os pôlderes das três pontes, respectivamente. Além disso, cada pôlder conta com um sistema de bombeamento e está protegido do refluxo das águas do rio, uma vez que o sistema de drenagem foi isolado por diques nos trechos mais baixos junto ao canal do Rio Tietê.



Pôlder da Pte. do Limão (ortofoto 2020, disponível no GeoSampa)

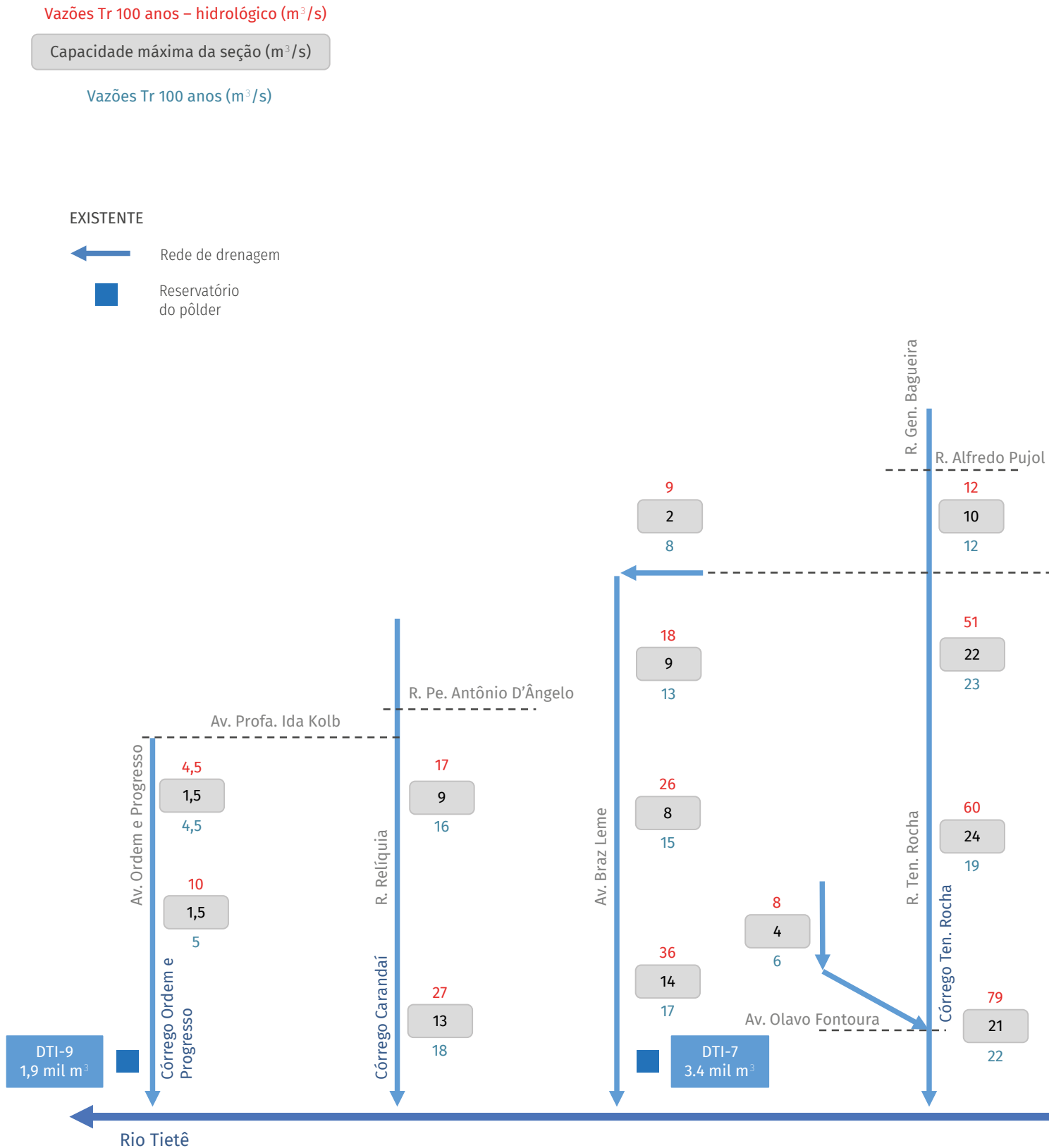


Pôlder da Pte. da Casa Verde (ortofoto 2020, disponível no GeoSampa)



Pôlder da Pte. das Bandeiras (ortofoto 2020, disponível no GeoSampa)

FIGURA 2.7 Diagrama unifilar de vazões dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das redes de drenagem das áreas adjacentes ao Rio Tietê – situação atual



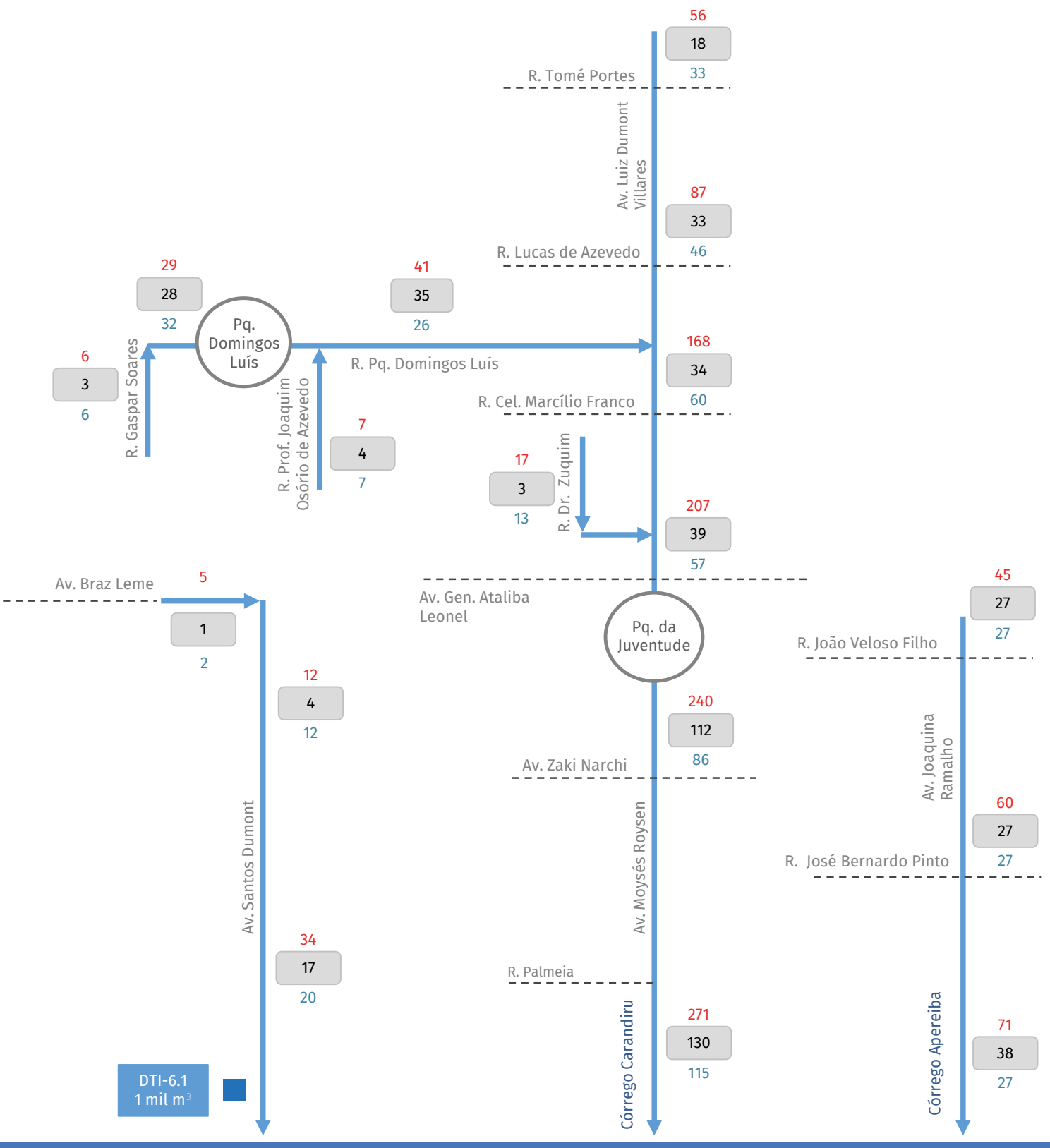







FIGURA 2.8 Diagnóstico das inundações nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê




Convenção

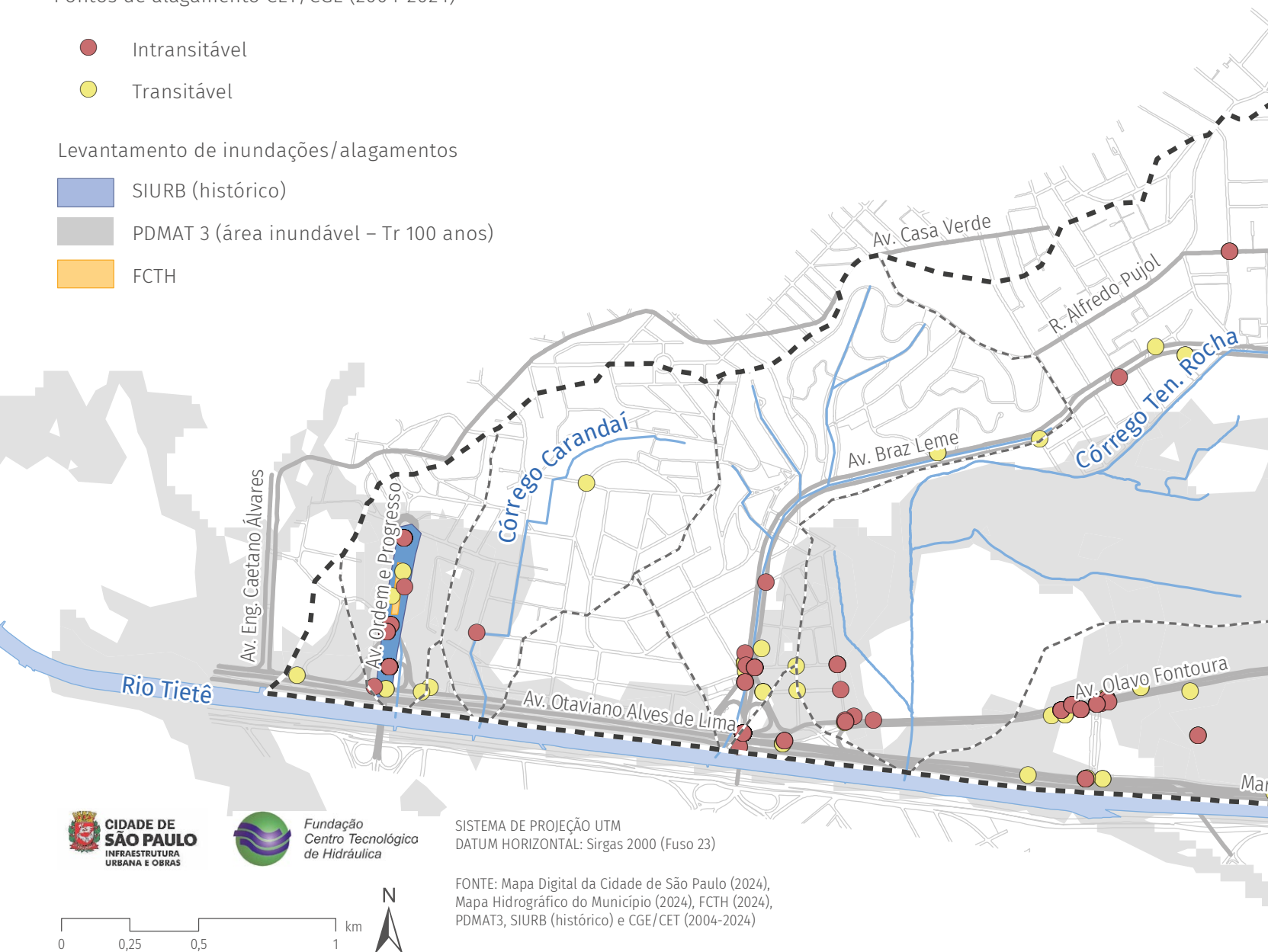
-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Pontos de alagamento CET/CGE (2004-2024)

-  Intransitável
-  Transitável

Levantamento de inundações/alagamentos

-  SIURB (histórico)
-  PDMAT 3 (área inundável – Tr 100 anos)
-  FCTH



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024), Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024), PDMAT3, SIURB (histórico) e CGE/CET (2004-2024)



2.3.2 INUNDAÇÕES NAS BACIAS DOS CÔRREGOS CARANDIRU E TENENTE ROCHA

Nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, assim como em outras áreas do Município de São Paulo, a evolução do sistema de drenagem não acompanhou a urbanização intensificada e a impermeabilização do solo urbano.

O levantamento das ocorrências de inundação nas bacias reuniu informações históricas disponibilizadas pela SIURB, cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE no período de 2004 a 2023, manchas de inundação do PDMAT 3 e, também, levantamentos recentes realizados pela FCTH nas regiões críticas de inundações. Os estudos da FCTH se deram por meio do levantamento topográfico das áreas de inundações, delimitadas durante entrevistas com moradores e ocupantes da região. Esse levantamento também teve como objetivo verificar a permanência dos pontos de inundação registrados no histórico.

No canal principal das bacias, o sistema já sofreu modificações, como as canalizações em concreto, com o intuito de minimizar as inundações na região. Porém, destacam-se ainda inundações nas avenidas Luiz Dumont Villares, General Ataliba

Leonel e Cruzeiro do Sul, na bacia do córrego Carandiru; nas avenidas Braz Leme e Ordem e Progresso e arredores; e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê.

Além disso, foram constatadas inundações nas bacias dos córregos Apereiba e Tenente Rocha, bem como nas áreas de contribuição direta, causadas pelo refluxo das águas do Rio Tietê através das principais galerias do sistema de drenagem dessas regiões e, também, pelo transbordamento do rio sobre a marginal.

Desse modo, há manchas de inundação que se formam na Avenida Ordem e Progresso e vão da Praça Del Amoroso Neto até a confluência do córrego com o Rio Tietê, além de uma mancha no cruzamento da Avenida Cruzeiro do Sul com a Rua Darzan e em regiões do entorno. Destacam-se, ainda, as inundações na Rua Galatea, na sub-bacia do córrego Apereiba, e na Avenida General Ataliba Leonel, próximo ao cruzamento com a Rua Maria Cândida.

Além desses pontos, outros locais que merecem atenção na área de contribuição direta são a Avenida Olavo Fontoura, no encontro com a Rua Professor Milton Rodrigues, e a Avenida Braz Leme, próximo ao encontro com a Marginal Tietê.

A **FIGURA 2.8** traz o mapa de inundações nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha.

2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, de montante para jusante, conforme a localização indicada no mapa de referência ao lado das fotos e respectivas visadas. As imagens ilustram os pontos críticos das bacias em termos de inundação e alagamento ao longo dos cursos d'água principais e de seus afluentes mais importantes. São eles:

- Região de montante da bacia do córrego Apereiba, com levantamento de áreas inundáveis nas ruas Amazonas da Silva e Doze de Setembro e na Avenida Joaquina Ramalho (**FIGURA 2.9**);
- Região de montante do córrego Carandiru, na Avenida Luiz Dumont Villares, no trecho entre as proximidades da estação Parada Inglesa do Metrô e da Praça Nossa Senhora dos Prazeres (**FIGURA 2.10**);
- Região de montante de um dos afluentes do córrego Carandiru, com levantamento de áreas inundáveis no trecho entre a Avenida Leôncio de Magalhães e a estação Jardim São Paulo do Metrô (**FIGURA 2.11**);
- Região média do córrego Carandiru, com levantamento de áreas inundáveis entre a Avenida General Ataliba Leonel e a Rua Ezequiel Freire. A região, caracterizada por sua baixa topografia, atua como destino natural dos volumes excedentes de precipitação, o que aumenta a frequência de eventos de alagamento (**FIGURA 2.12**);
- Região média do córrego Carandiru, no trecho do Parque da Juventude. No local, há um posto da rede telemétrica do SAISP para monitoramento de nível d'água e de precipitação (**FIGURA 2.13**);
- Região média do córrego Carandiru, no trecho entre a Rua Antônio dos Santos Neto e a Avenida Zaki Narchi. Nesse trecho, observam-se resíduos sólidos nas margens e ao longo do leito do canal (**FIGURA 2.14**);
- Região de jusante do córrego Carandiru, no trecho entre a Rua Palmeira e a foz no Rio Tietê (**FIGURA 2.15**);
- Região de montante da área de contribuição direta ao Rio Tietê, entre as bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, com levantamento de áreas inundáveis no trecho entre as ruas Comendador Joaquim Monteiro e Henrique Bernardelli (**FIGURA 2.16**);
- Região média e de jusante da área de contribuição direta ao Rio Tietê, entre as bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, no trecho entre a Avenida

- Santos Dumont e a foz no Rio Tietê (**FIGURA 2.17**);
- Região média do córrego Tenente Rocha, nas imediações da Rua Antônio de Campos Machado, onde se dá início o trecho de canal em estado natural (**FIGURA 2.18**);
 - Região média do córrego Tenente Rocha, nas imediações do Clube Associativo dos Suboficiais e Sargentos da Aeronáutica. No local, deságua o afluente que vem do aeroporto Campo de Marte (**FIGURA 2.19**);
 - Região de jusante do córrego Tenente Rocha, no trecho entre a travessia na Avenida Olavo Fontoura e a foz no Rio Tietê. A falta de manutenção na área compromete a capacidade hidráulica das galerias, o que influencia as inundações na Avenida Olavo Fontoura (**FIGURA 2.20**);
 - Região de jusante do córrego da Avenida Braz Leme, nas imediações da Rua Doutor Mello Nogueira e da foz no Rio Tietê. O local é suscetível a inundações em razão do refluxo desse rio (**FIGURA 2.21**);
 - Região da bacia do córrego Carandaí, no trecho entre a Rua Relíquia e a foz no Rio Tietê, com levantamento de área inundável na porção média dessa área (**FIGURA 2.22**);
 - Região da bacia do córrego Ordem e Progresso, no trecho entre a Praça Del Amoroso Neto e a Avenida Otaviano de Alves Lima. As inundações chegam a atingir 1 metro na área, na altura do Condomínio Edifício Maria Domitila (**FIGURA 2.23**).

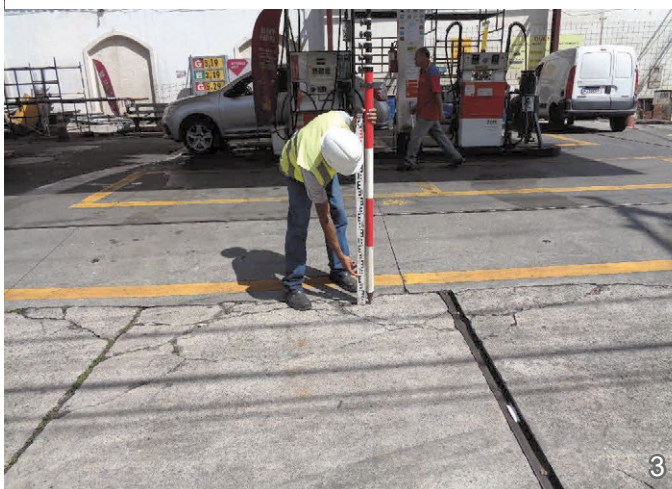


FIGURA 2.9 Fotos da região de montante da bacia do córrego Apereiba, nas ruas Amazonas da Silva e Doze de Setembro e na Av. Joaquina Ramalho

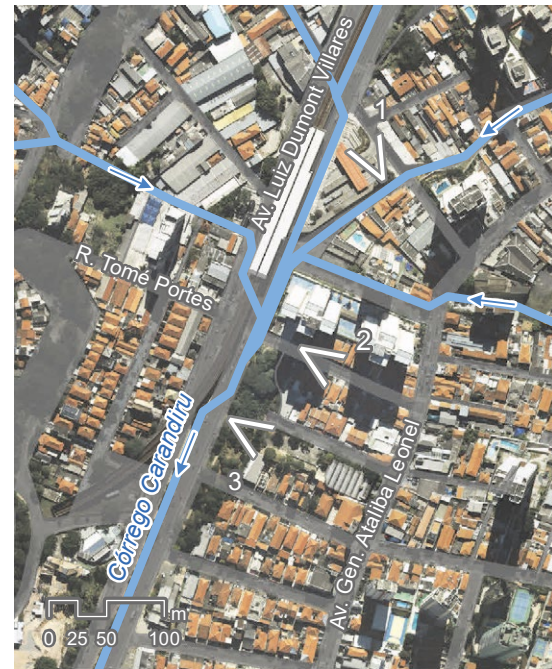


FIGURA 2.10 Fotos da região de montante do córrego Carandiru, na Av. Luiz Dumont Villares, no trecho entre as proximidades da estação Parada Inglesa do Metrô e a Pç. N. Sra. dos Prazeres

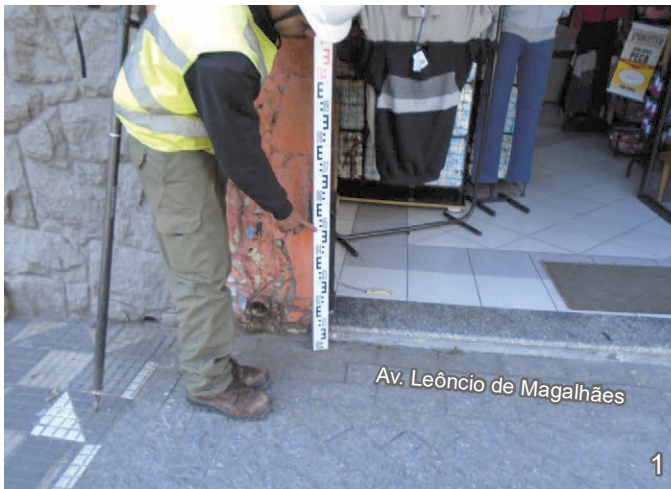


FIGURA 2.11 Fotos da região de montante de um afluente do córrego Carandiru, no trecho entre a Av. Leônicio de Magalhães e a estação Jd. S. Paulo do Metrô

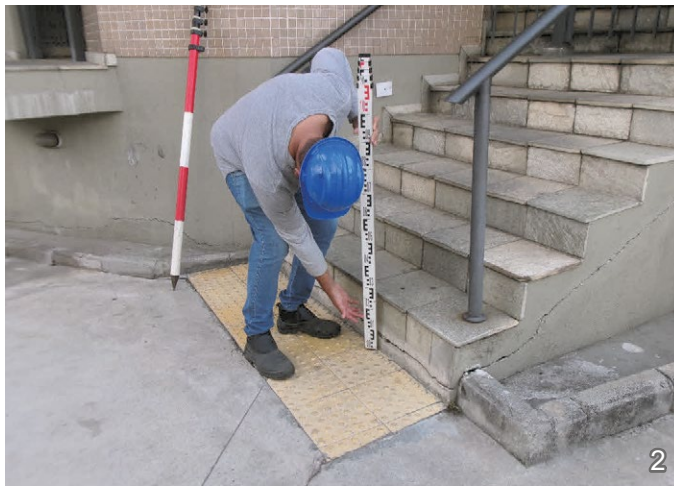


FIGURA 2.12 Fotos da região média do córrego Carandiru, nas imediações da Av. Gen. Ataliba Leonel



FIGURA 2.13 Fotos da região média do córrego Carandiru, no trecho do Pq. da Juventude



FIGURA 2.14 Fotos da região média do córrego Carandiru, no trecho entre a R. Antônio dos Santos Neto e a Av. Zaki Narchi



FIGURA 2.15 Fotos da região de jusante do córrego Carandiru, no trecho entre a R. Palmeia e a foz no Rio Tietê

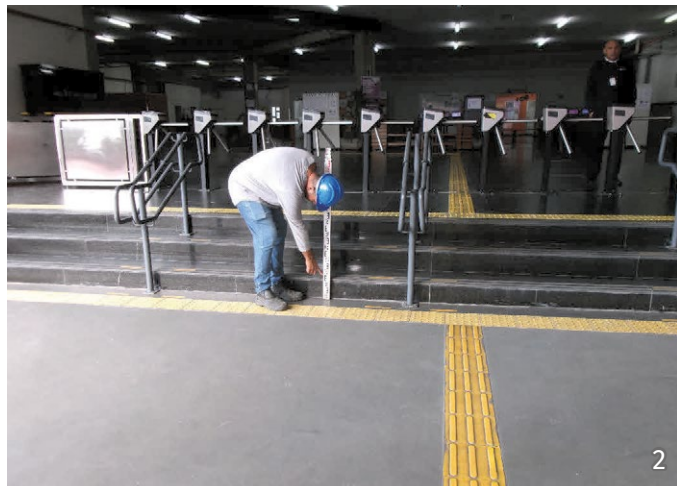


FIGURA 2.16 Fotos da região de montante da ACD, entre as bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha, no trecho entre as ruas Com. Joaquim Monteiro e Henrique Bernardelli



FIGURA 2.17 Fotos da região média e de jusante da ACD entre as bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha, no trecho entre a Av. Santos Dumont e a foz no Rio Tietê

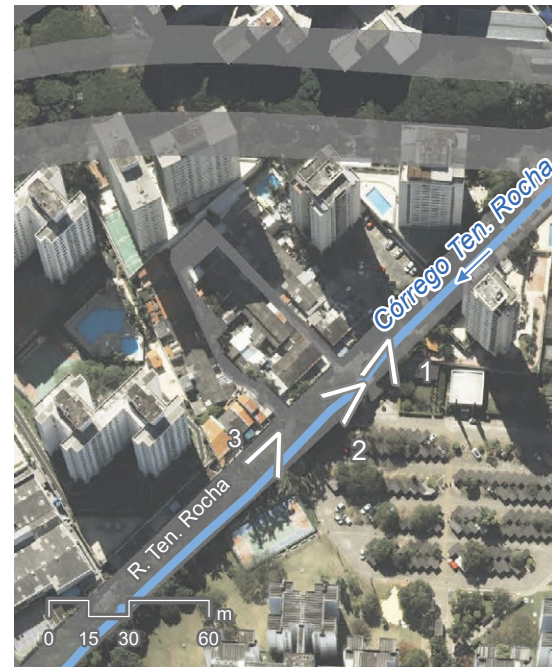


FIGURA 2.18 Fotos da região média do córrego Ten. Rocha, nas imediações da R. Antônio de Campos Machado

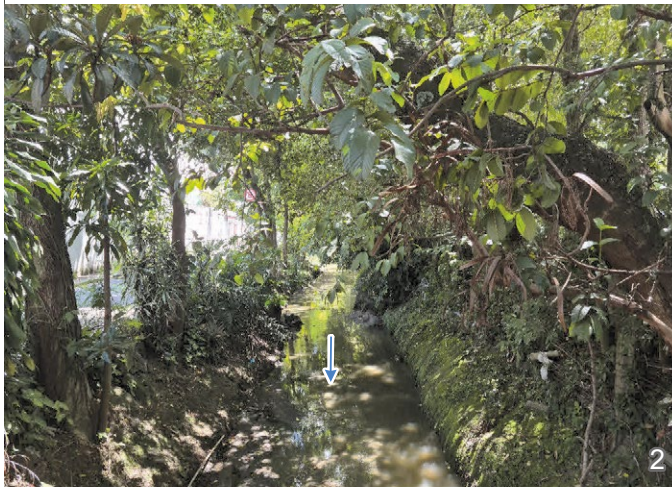


FIGURA 2.19 Fotos da região média do córrego Ten. Rocha, nas imediações do Clube Associativo dos Suboficiais e Sargentos da Aeronáutica

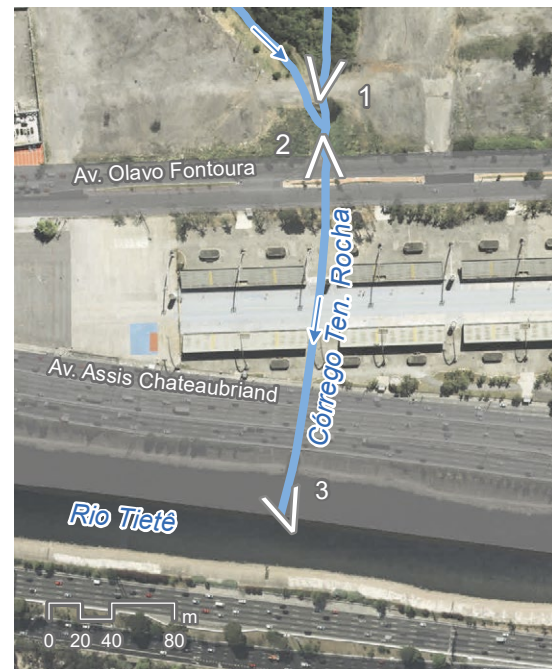


FIGURA 2.20 Fotos da região de jusante do córrego Ten. Rocha, no trecho entre a travessia na Av. Olavo Fontoura e a foz no Rio Tietê

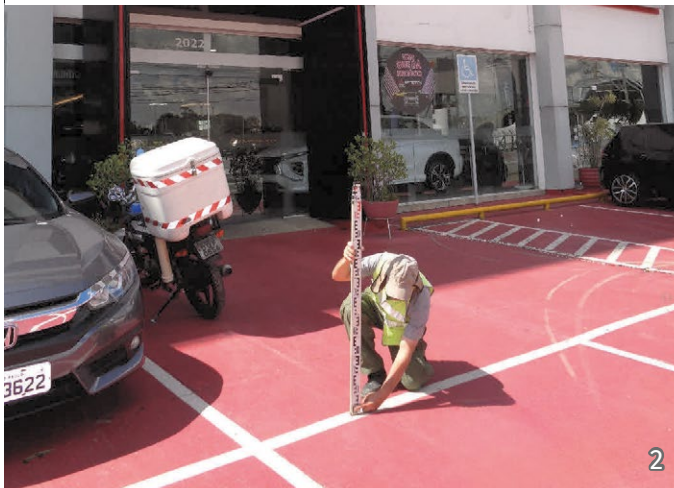


FIGURA 2.21 Fotos da região de jusante do córrego da Av. Braz Leme, nas imediações da R. Dr. Mello Nogueira e da foz no Rio Tietê



FIGURA 2.22 Fotos da região da bacia do córrego Carandaí, no trecho entre a R. Relíquia e a foz no Rio Tietê

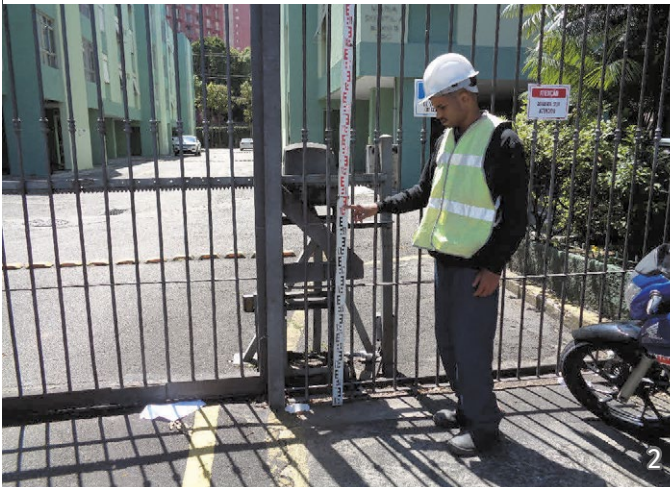


FIGURA 2.23 Fotos da região da bacia do córrego Ordem e Progresso, no trecho entre a Pç. Del Amoroso Neto e a Av. Otaviano de Alves Lima

2.4 MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

O monitoramento hidrológico realizado no Município de São Paulo é feito por meio de estações telemétricas que medem em tempo real o volume das precipitações e os níveis de rios, córregos e reservatórios de amortecimento de cheias.

A precipitação é medida por pluviômetros. A água da chuva é coletada por um cilindro padrão e armazenada num recipiente tipo caçamba basculante, que bascula ao atingir o volume de água correspondente a 0,2 mm de chuva. Nesse recipiente, está acoplado um ímã que, no movimento da balança, passa por um relé emitindo um sinal para a estação remota que incrementa 0,2 mm ao valor armazenado. A frequência de aquisição dos dados é de 10 em 10 minutos.

O nível de rio é medido por um transdutor de nível, que pode ser de pressão ou ultrassônico. O sensor de nível ultrassônico tem como principal vantagem não entrar em contato com a água. O sensor de pressão é utilizado em locais em que não existe a possibilidade de fazer uma estrutura de sustentação para o sensor de nível ultrassônico. A frequência de aquisição dos dados é de 10 em 10 minutos.

Os dados coletados pelos medidores de chuva, nível, vazão, entre outros, são

transmitidos para a unidade remota de armazenamento. Essa, por sua vez, faz a imediata transmissão dos dados para o sistema de recepção localizado no Laboratório de Hidráulica do PHA/EPUSP. A maneira mais comum de realizar essa transmissão é através da rede de telefonia celular que utiliza a tecnologia GSM/GPRS. Outras formas de transmissão também podem ser empregadas, como rádio e satélite.

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

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

Nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, há cinco postos da rede telemétrica, conforme relação a seguir:

- Posto 856 – Córrego Carandiru: operação com início em maio/2022;
- Posto 1000846 – Santana/Tucuruvi: operação com início em setembro/2012;
- Posto 232 – Rio Tietê – Ponte da Dutra: operação com início em fevereiro/2006;
- Posto 1000865 – Rio Tietê – Anhembi: operação com início em abril/2008;

- Posto 6 – Rio Tietê – Ponte do Limão:
operação com início em setembro/1992.





A **FIGURA 2.24** indica a localização dos postos da rede telemétrica nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e em seus entornos.

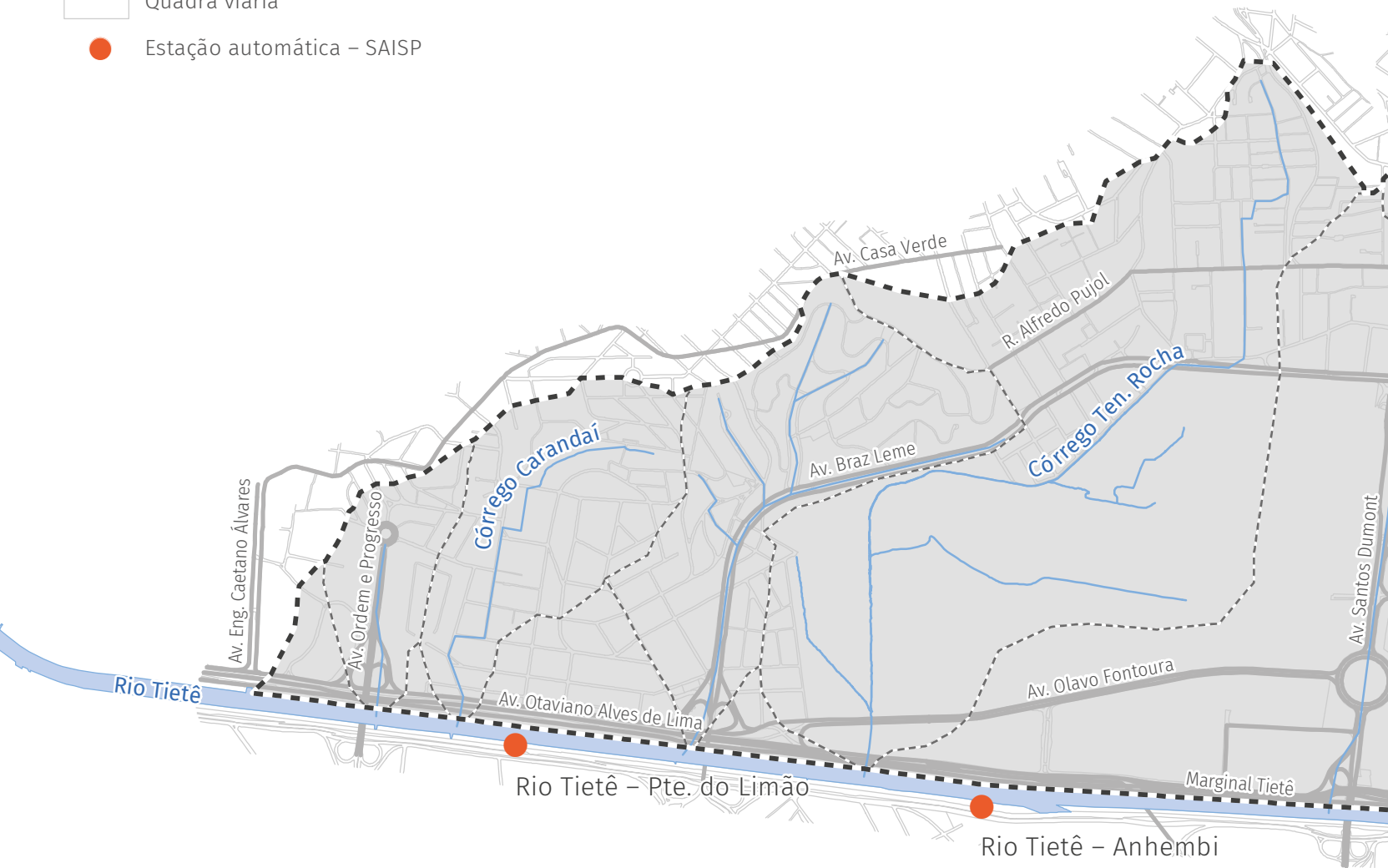


Posto telemétrico do córrego Carandiru no Pq. da Juventude (foto: FCTH)

FIGURA 2.24 Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas imediações das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

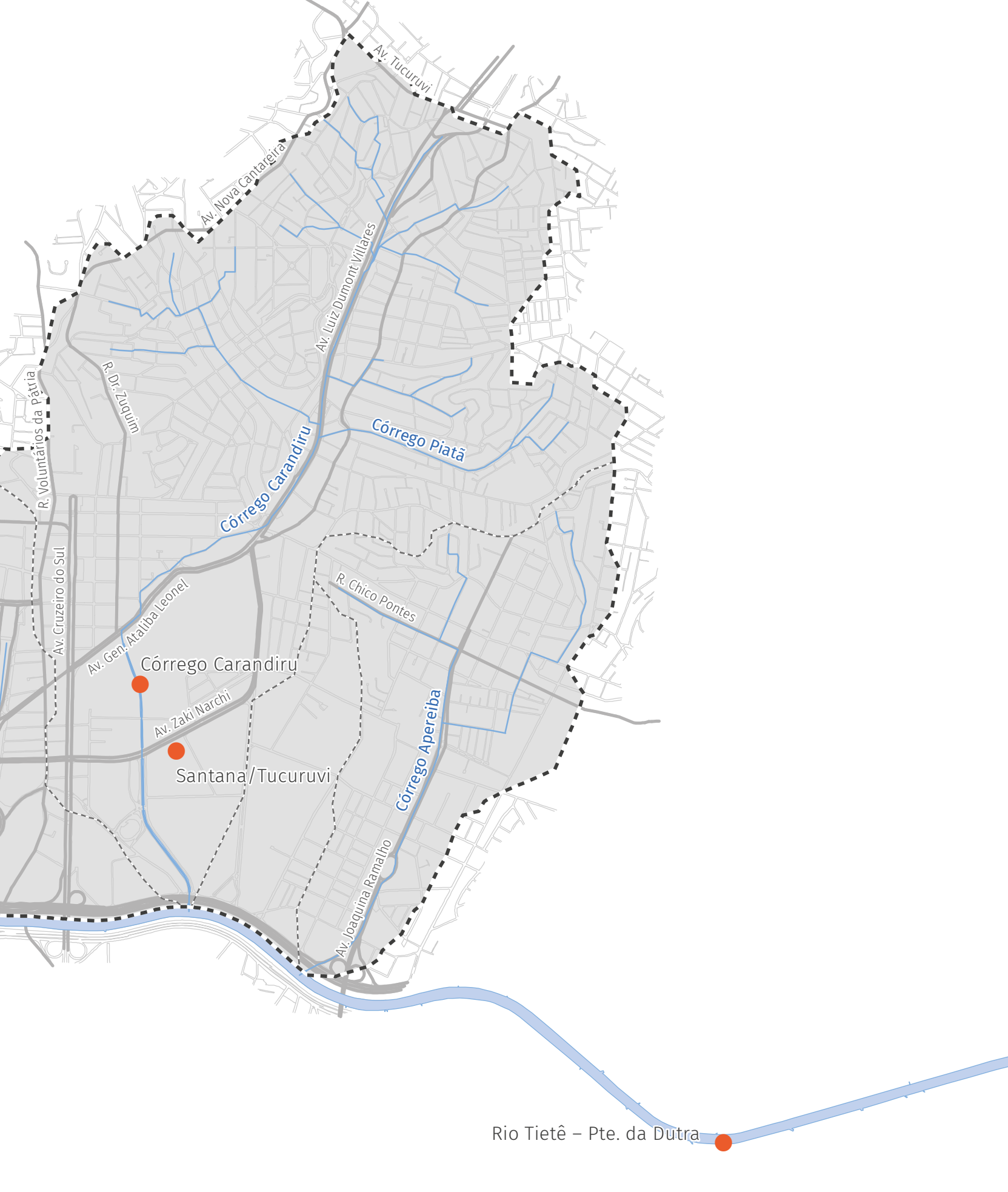
-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Estação automática – SAISP



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH/SAISP (2024)





Rio Tietê – Pte. da Dutra

FIGURA 2.25 Fluviograma e pluviograma históricos do Posto 856 – Córrego Carandiru

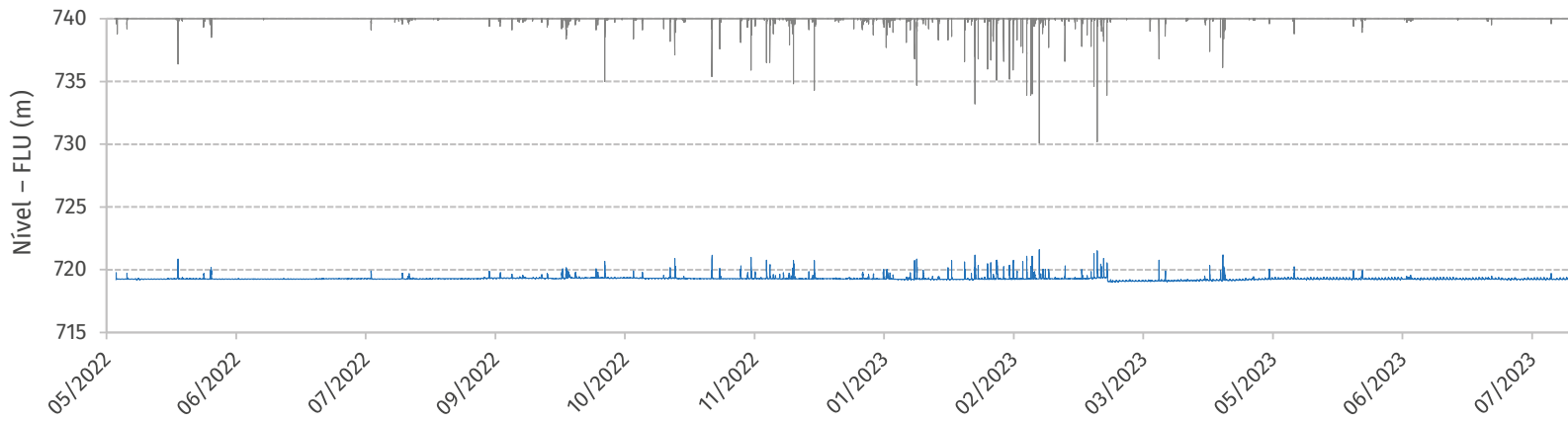


FIGURA 2.26 Pluviograma histórico do Posto 1000846 – Santana/Tucuruvi

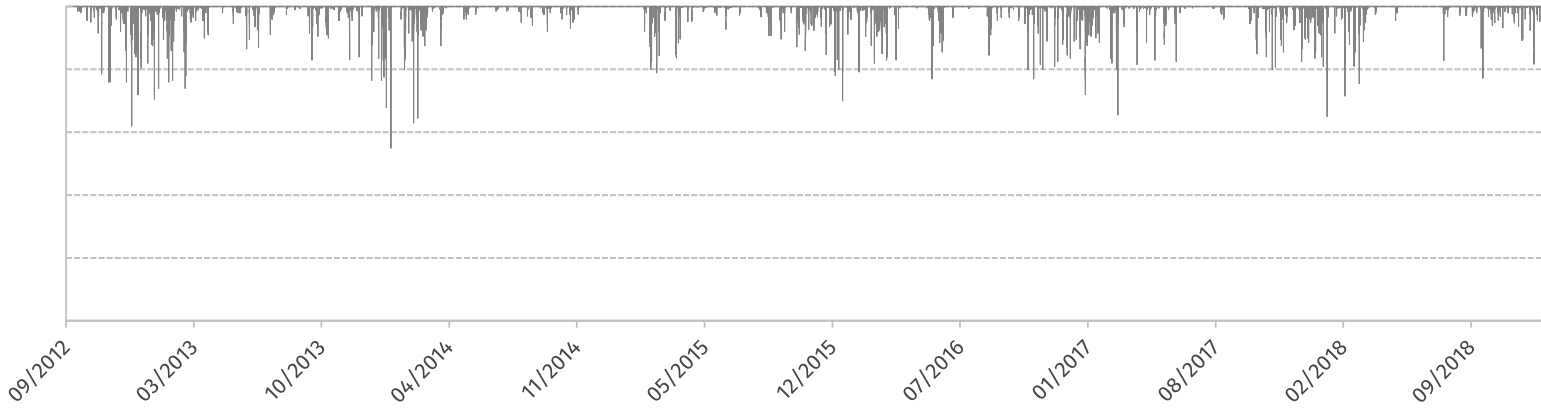
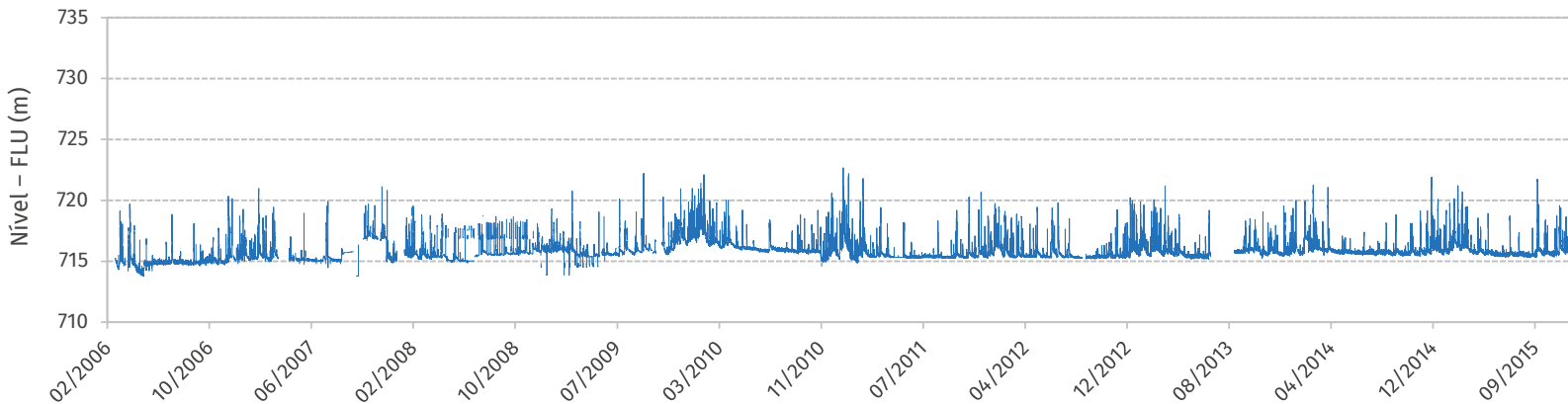


FIGURA 2.27 Fluviograma histórico do Posto 232 – Rio Tietê – Ponte da Dutra



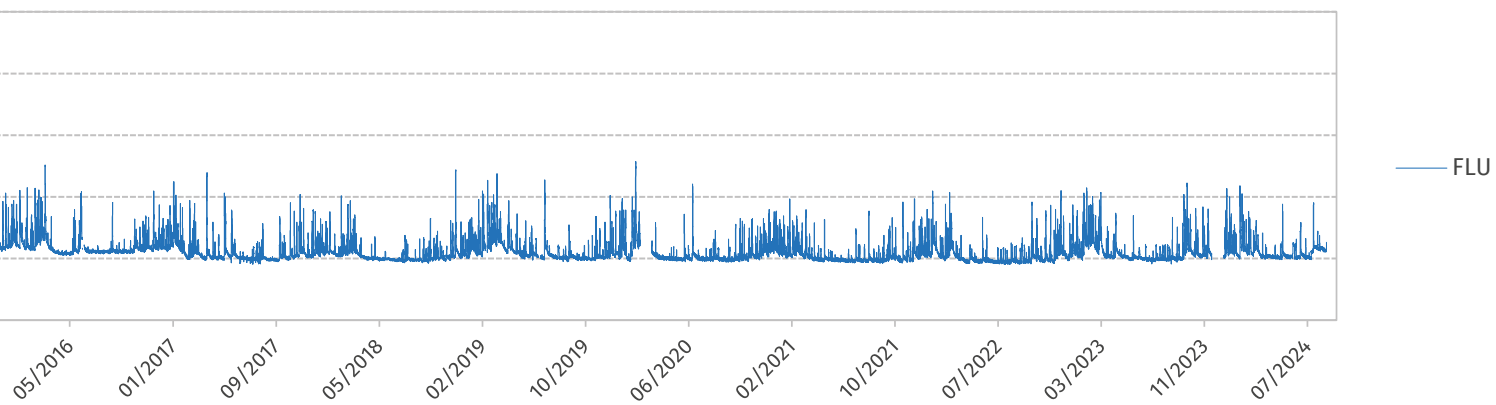
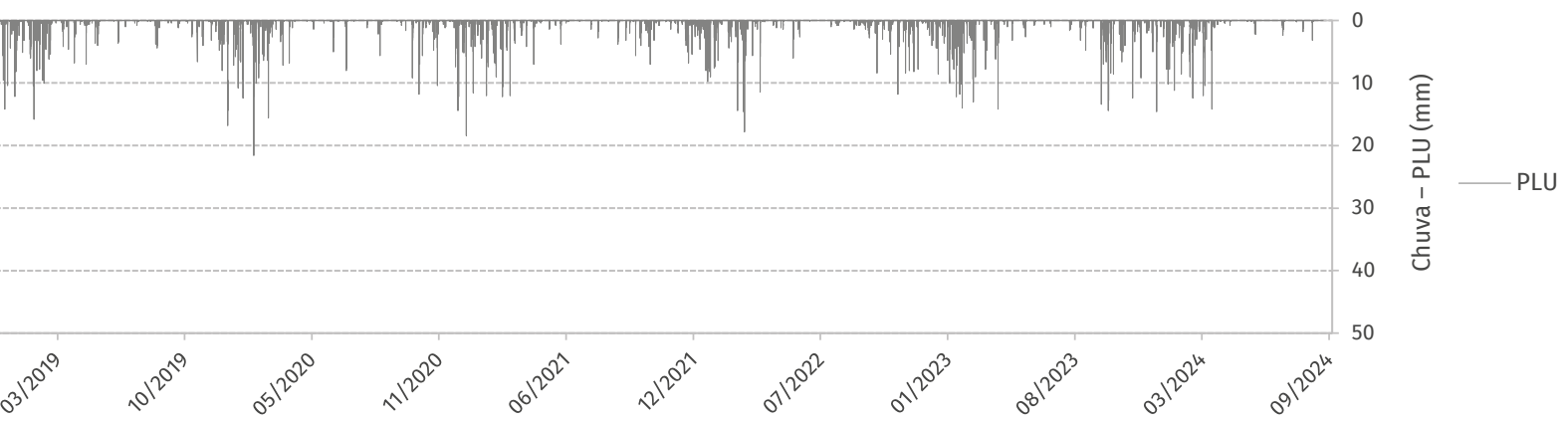
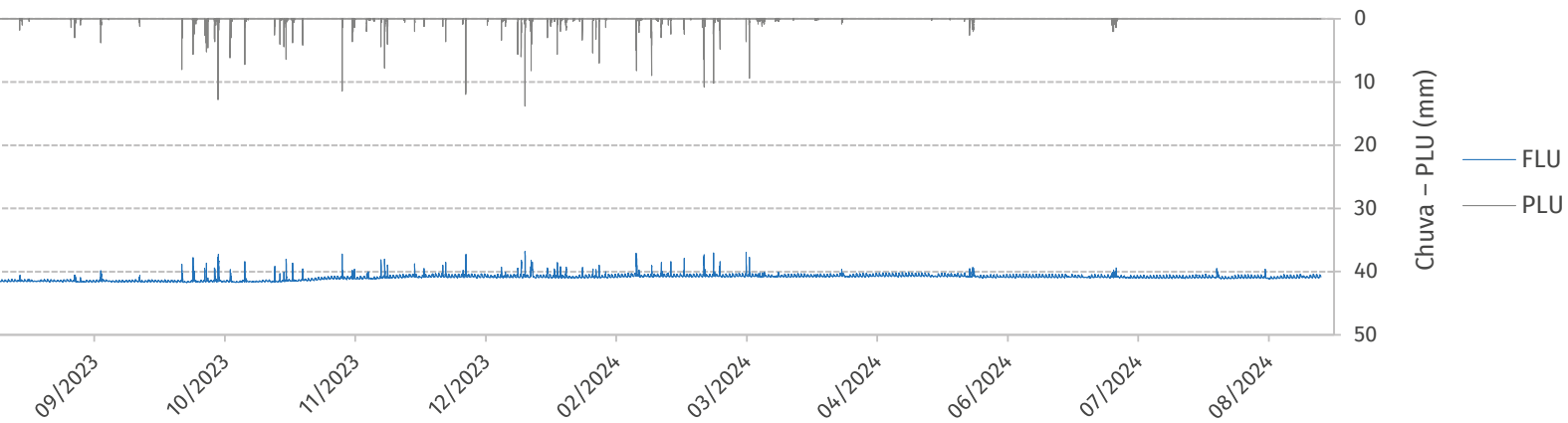


FIGURA 2.28 Fluviograma e pluviograma históricos do Posto 1000865 – Rio Tietê – Anhembi

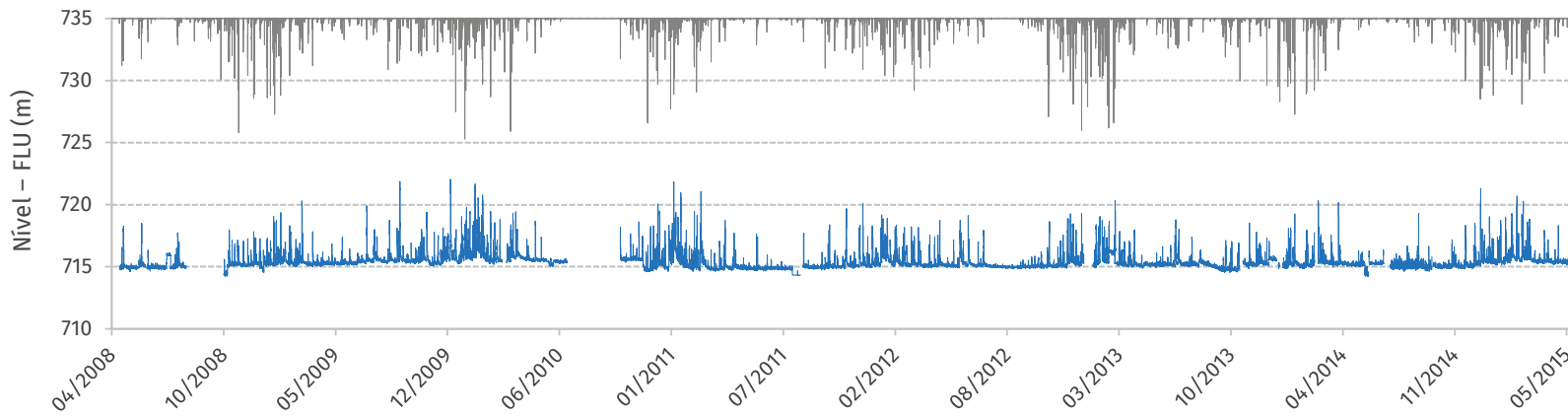
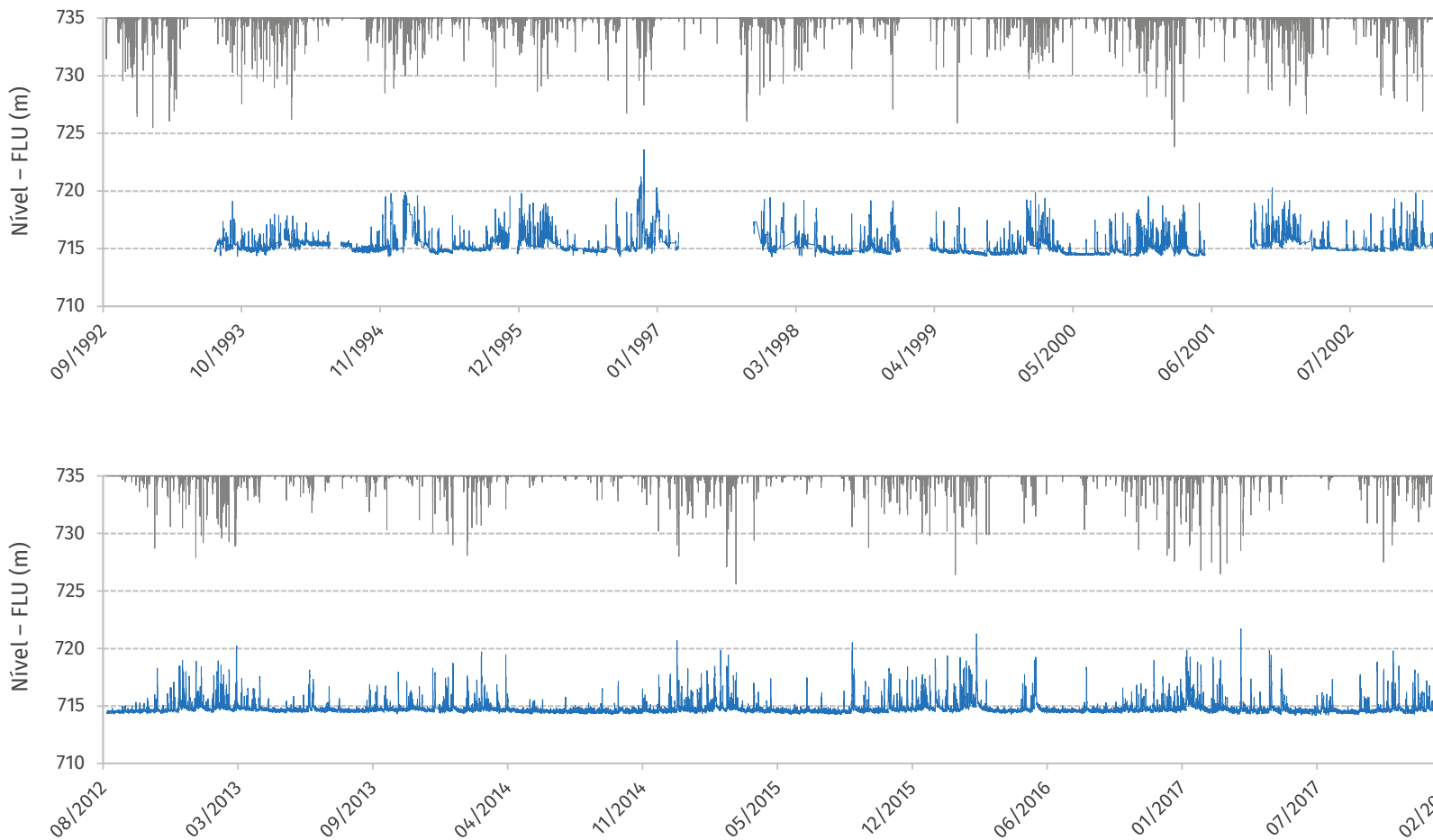


FIGURA 2.29 Fluviograma e pluviograma históricos do Posto 6 – Rio Tietê – Ponte do Limão



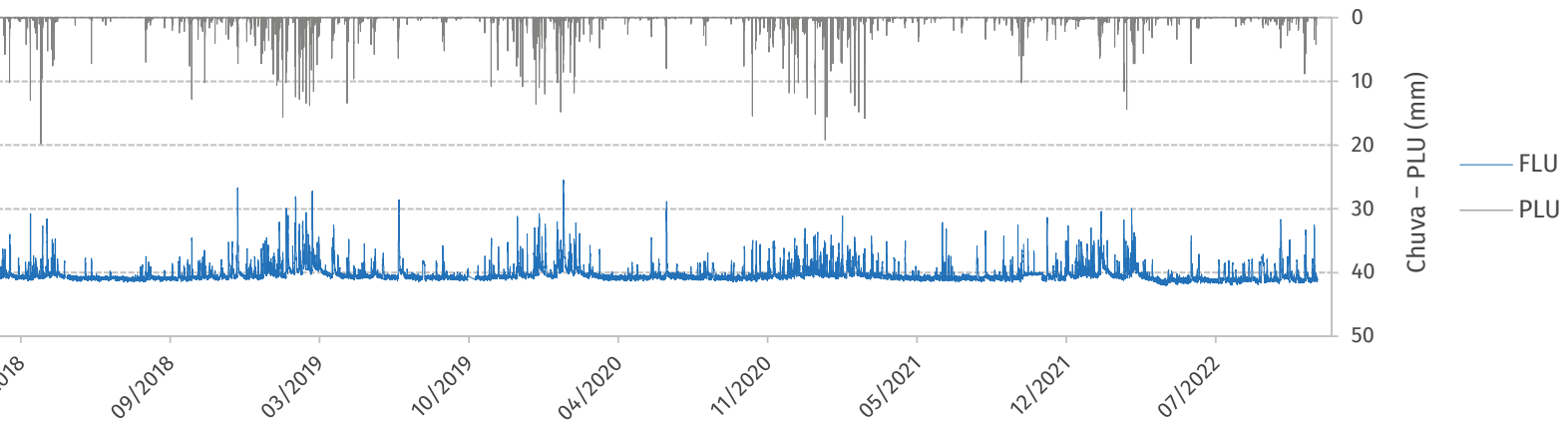
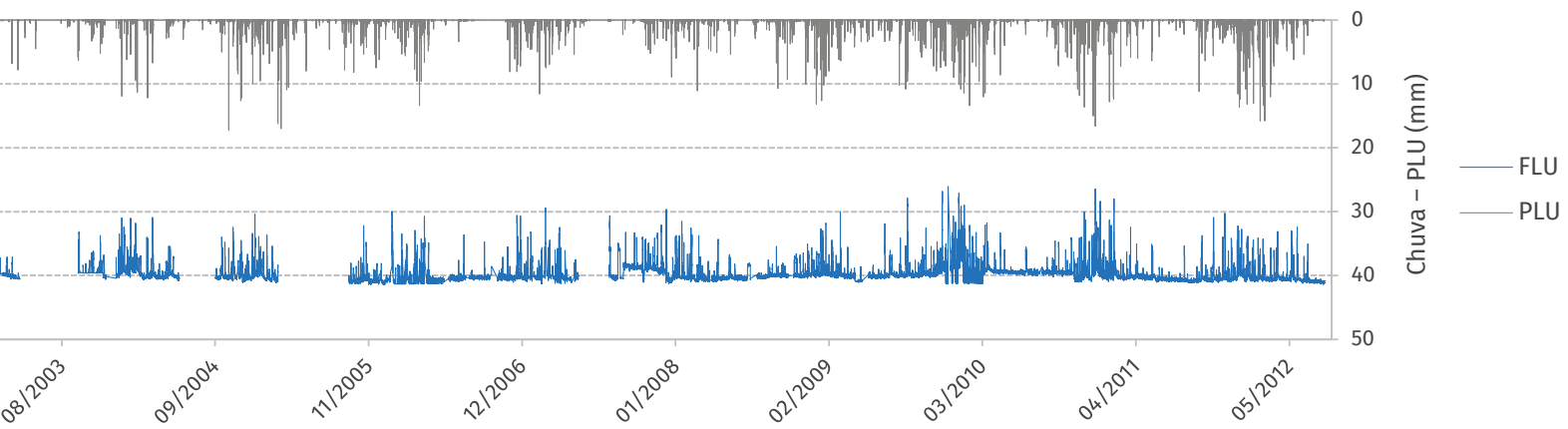
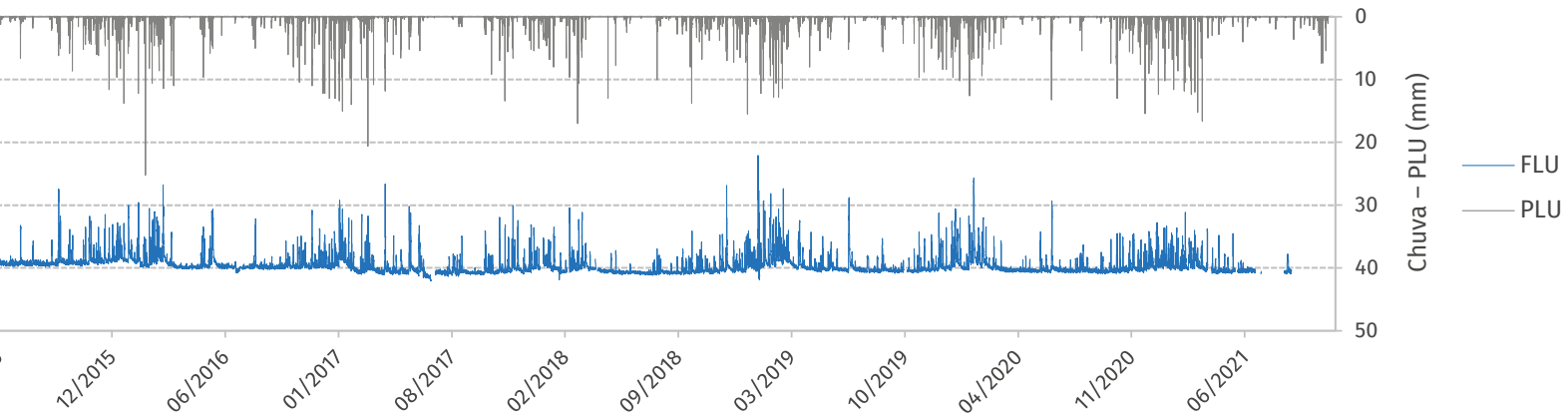


FIGURA 2.30 Precipitação média mensal no Posto 856 – Córrego Carandiru

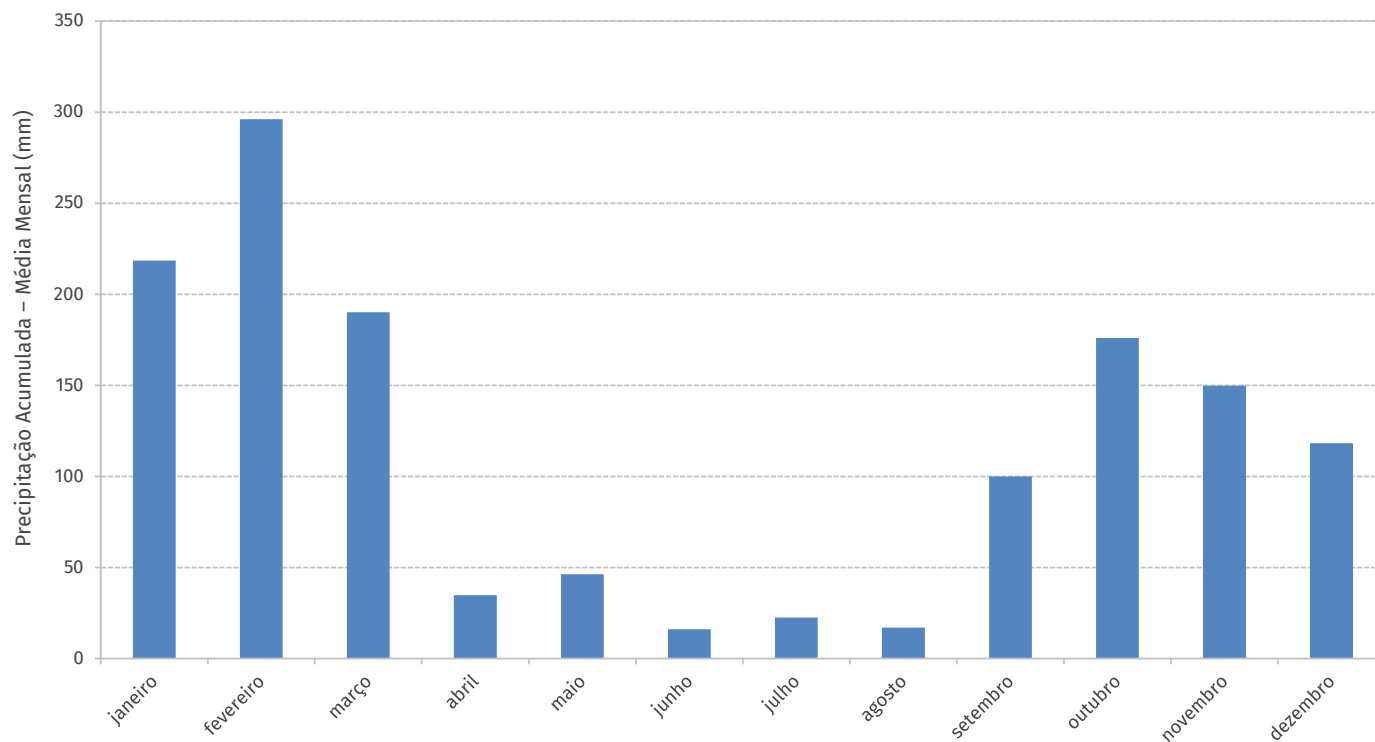


FIGURA 2.31 Precipitação média mensal no Posto 1000846 – Santana/Tucuruvi

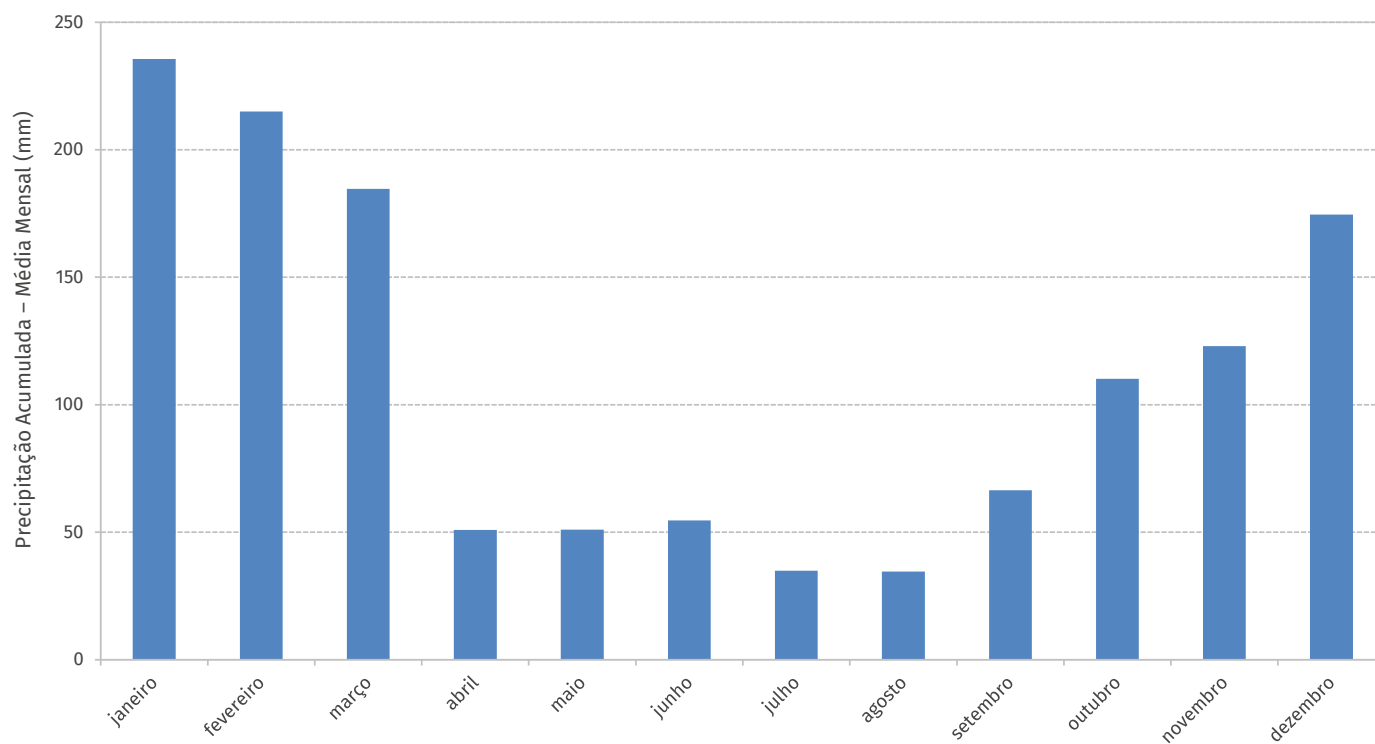


FIGURA 2.32 Precipitação média mensal no Posto 1000865 – Rio Tietê – Anhembi

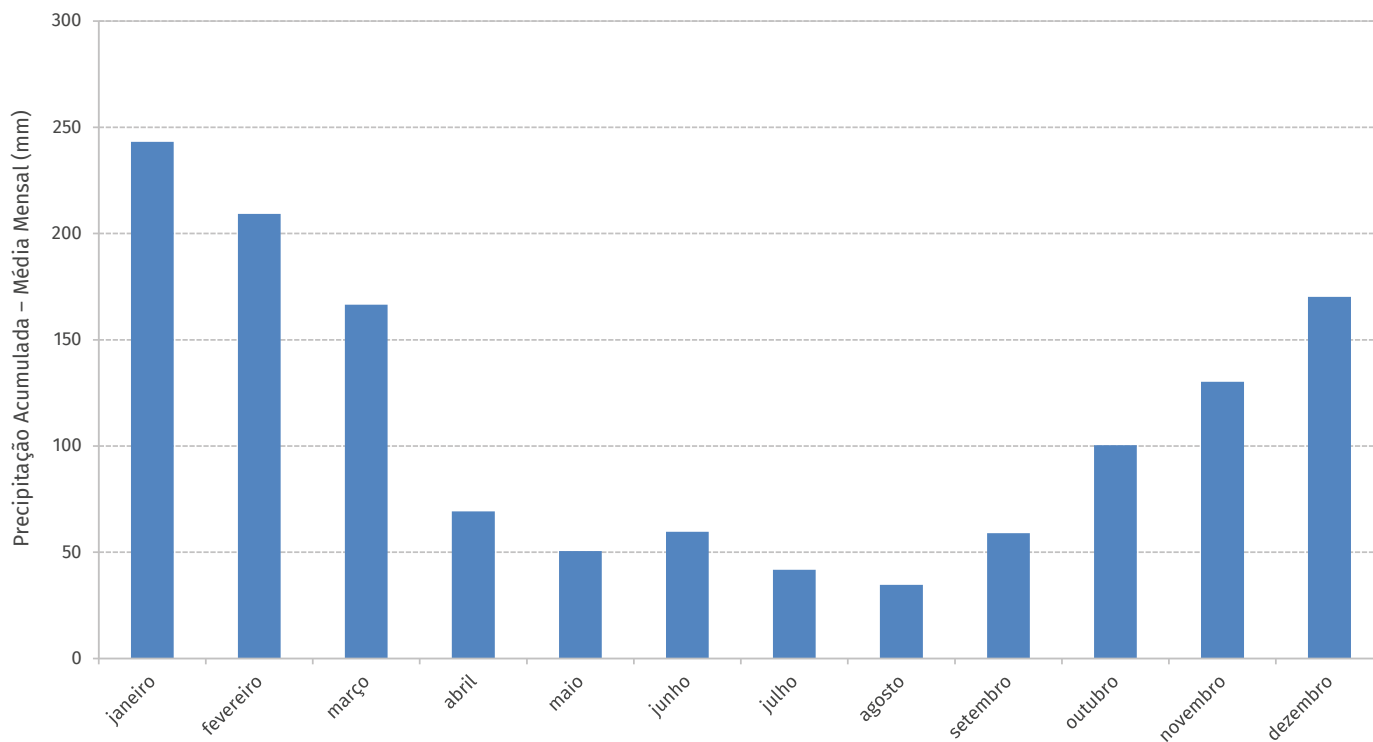
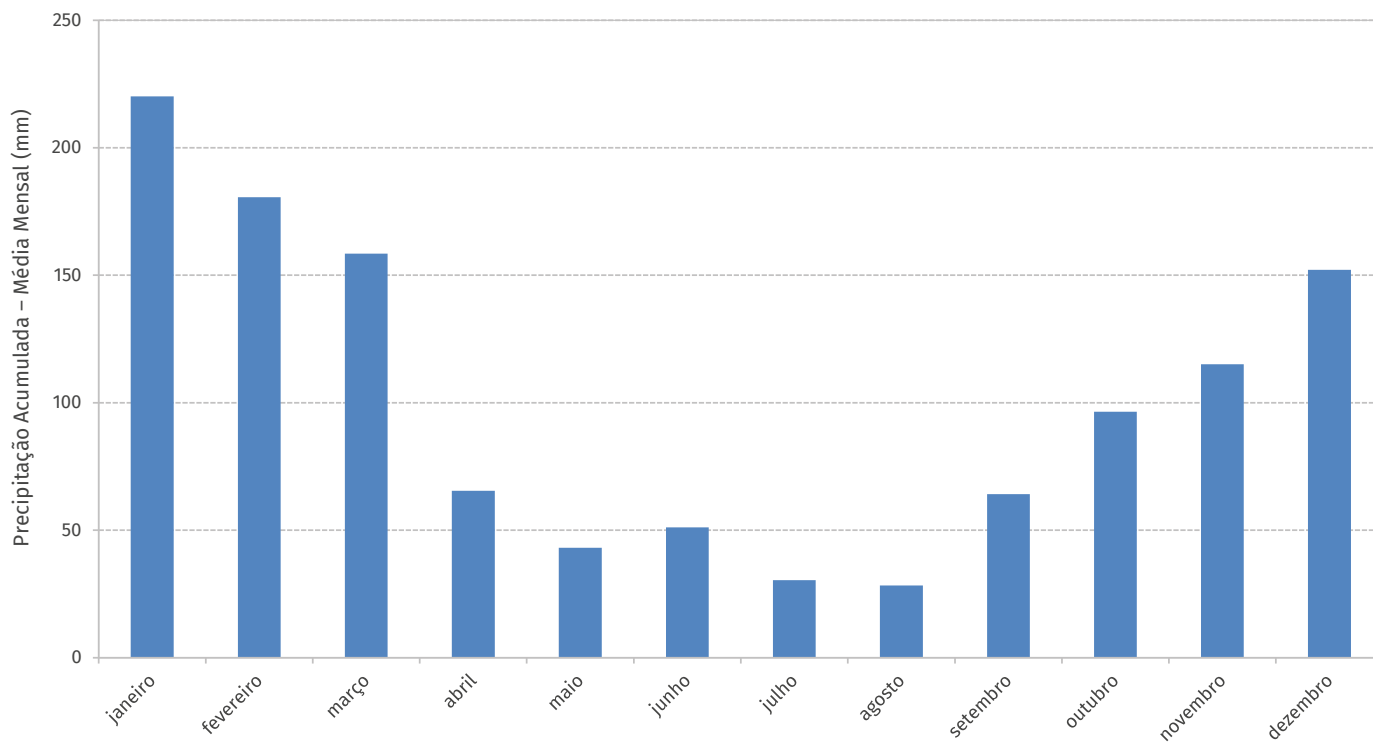


FIGURA 2.33 Precipitação média mensal no Posto 6 – Rio Tietê – Ponte do Limão



2.5 RELEVO

Entre os principais fatores que interferem no comportamento hidráulico e hidrológico de uma bacia hidrográfica, o estudo do relevo é de extrema importância, uma vez que influencia a velocidade do escoamento superficial, determinada pela declividade do terreno. Além disso, o relevo é fundamental para a delimitação das áreas de inundação pelo modelo matemático.

O córrego Carandiru apresenta declividade média de 0,011 m/m, e o córrego Tenente Rocha, de 0,011 m/m, declividades essas estimadas a partir dos perfis longitudinais dos córregos de suas bacias correspondentes (**FIGURA 2.34**).

A área das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha é caracterizada por

planícies aluviais nas áreas de várzea e por altas colinas na margem direita do Rio Tietê (de 760 m a 790 m). São raros os níveis intermediários e os níveis de terraços fluviais; na maioria dos casos, passa-se diretamente dos terrenos aluviais da planície rasa para as encostas das colinas e dos outeiros. Desse modo, as porções baixas das bacias podem sofrer inundações e alagamento, e as porções situadas nas cabeceiras são atingidas por um intenso e característico processo erosivo, que pode ser intensificado pela ocupação humana¹¹.

O mapa hipsométrico com as elevações das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha é apresentado na **FIGURA 2.35**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC).

11. AB'SABER, A. N. Súmula geomorfológica do Planalto Paulistano. In: **Aspectos geológicos e geotécnicos da bacia de São Paulo**. São Paulo: ABGE/SBG, 1980, p. 33-36.

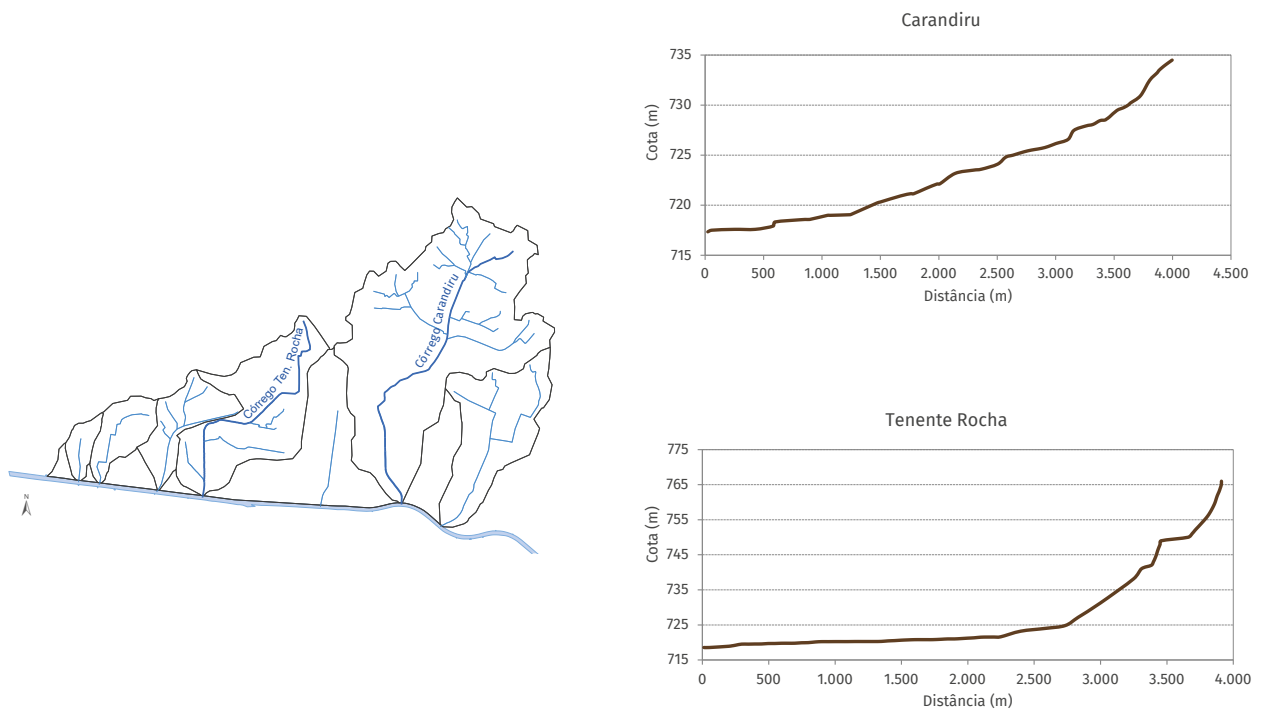


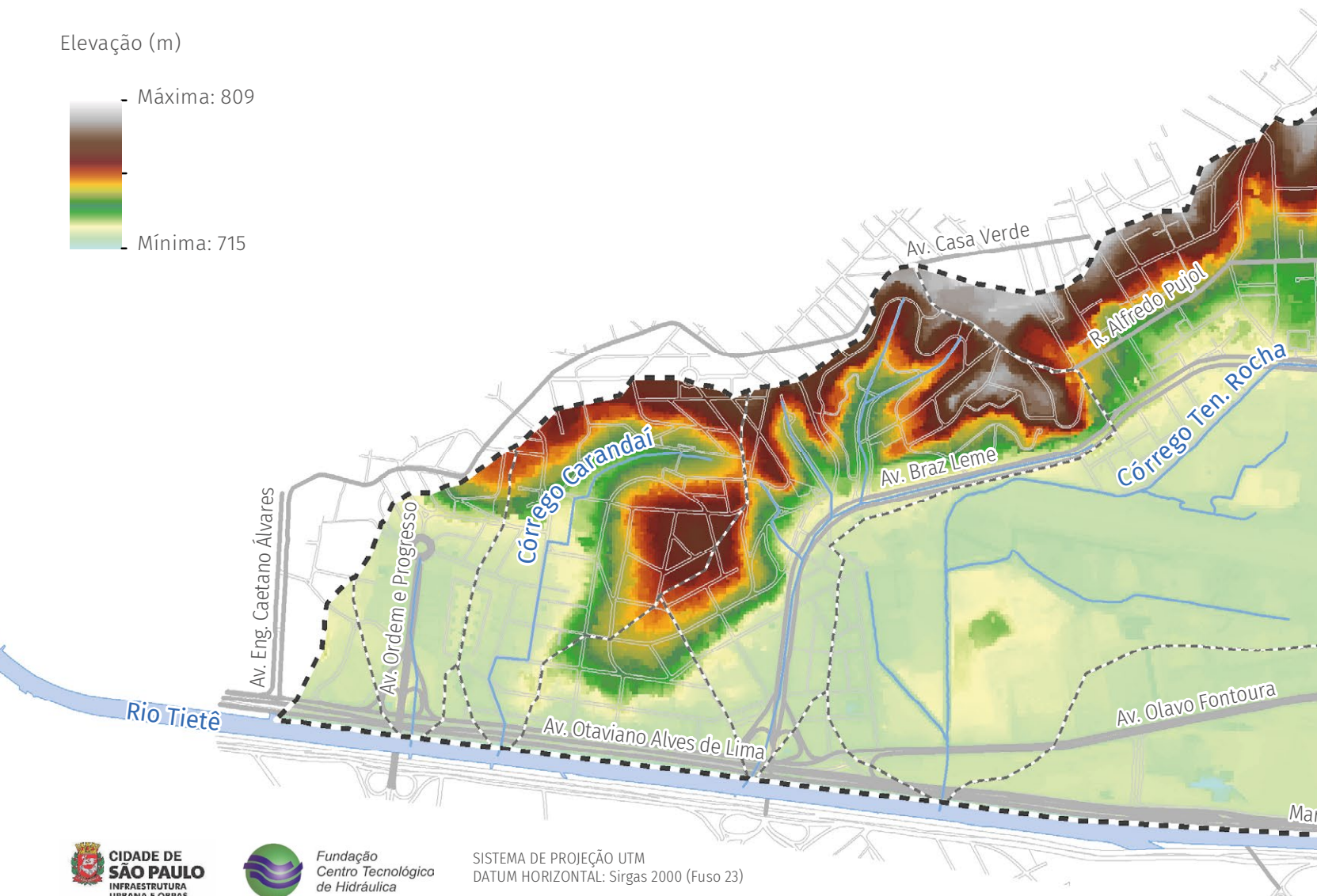
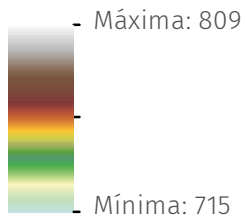
FIGURA 2.34 Perfil longitudinal das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha

FIGURA 2.35 Mapa hipsométrico das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

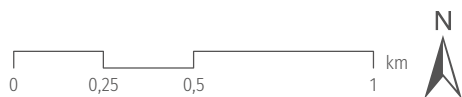
- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

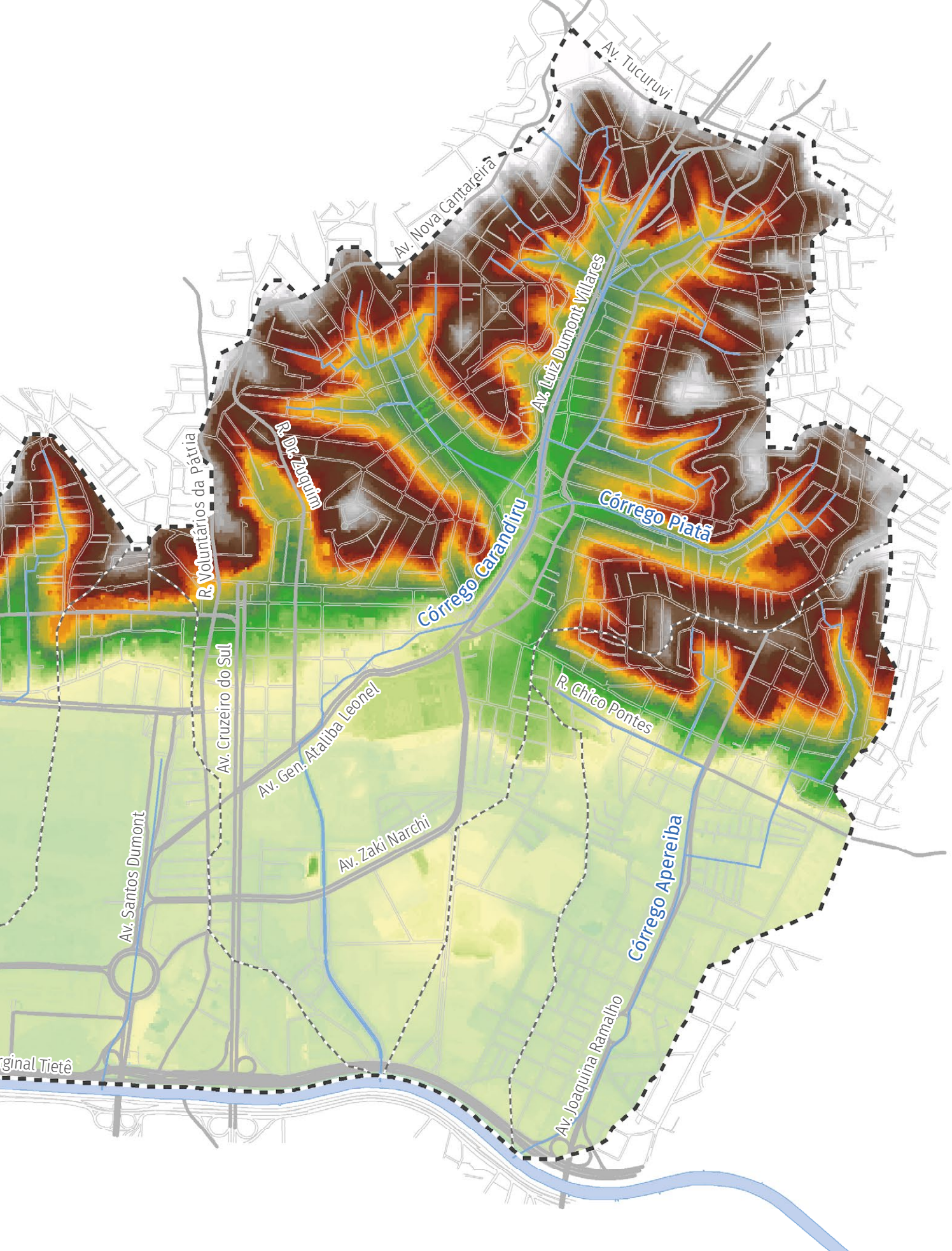
Elevação (m)



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





2.6 CARTA GEOTÉCNICA

A carta geotécnica traz importantes informações sobre as características do meio físico, como solos e rochas. Essas características, combinadas à forma de ocupação, possibilitam a interpretação do meio físico e a avaliação das potencialidades e das limitações ao uso e à ocupação do solo. Dessa forma, trata-se de um instrumento para o planejamento territorial e a gestão de riscos, sendo obrigatório nos municípios que apresentam áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos e hidrológicos correlatos, conforme a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC – Lei Federal nº 12.608/2012).

A caracterização das bacias hidrográficas estudadas nos cadernos tem como base a classificação em Unidades Geotécnicas (UGs), apresentada na Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização do Município de São Paulo (CGAU-MSP), aprovada pelo Decreto nº 63.423/2024. Esse documento atualiza a carta geotécnica publicada em 1994 (CG-MSP) e abrange a totalidade do território municipal, ampliando também o alcance territorial de suas aplicações, tanto na zona urbana quanto na zona rural, conforme a definição do Plano Diretor Estratégico

– PDE (Lei nº 16.050/2014, alterada pela Lei nº 17.975/2023).

Tais aplicações incluem o macrozoneamento do território municipal, o zoneamento do uso e da ocupação do solo, as obras e intervenções, os empreendimentos, o aproveitamento de agregados para a construção civil, entre outros. Esses usos auxiliam o município na prevenção e mitigação de riscos decorrentes das mudanças climáticas, no planejamento e desenvolvimento urbano, nas obras de infraestrutura, na habitação, no meio ambiente e na defesa civil.

Na compartimentação do território em UGs, a atualização da CGAU-MSP/2024 considera a identificação de processos geodinâmicos e hidrológicos naturais e/ou antropogênicos também adotada no documento anterior. A nova classificação também incorpora o conceito de suscetibilidade a esses processos e a seus fatores de indução e/ou deflagração, como pluviometria, uso e ocupação do solo, infraestrutura, mineração, entre outros.

A **FIGURA 2.36** apresenta a carta geotécnica da área das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e suas unidades geológicas. Destaca-se nesse mapa a predominância de: sedimentos terciários nas regiões de montante das bacias do córrego Carandiru e dos córregos Tenente Rocha e Apereiba; terra mole nas áreas de

contribuição direta e próximas à confluência desses córregos com o Rio Tietê; e planícies aluviais nas porções intermediárias dessas bacias.

O córrego Carandaí é composto majoritariamente por xisto micáceo na porção montante da bacia. Destaca-se também a presença de granitoides em parte de sua cabeceira e na bacia do córrego Braz Leme. Com uma estruturação em placas (minerais micáceos) que pode favorecer processos de escorregamento, dependendo da direção do corte realizado no terreno, o xisto micáceo, quando exposto, apresenta elevado potencial de erosão tanto em cortes como em aterros¹².

Os sedimentos terciários predominantes são compostos, em grande parte, por argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados. Cobrindo esses sedimentos, há uma camada relativamente espessa de solo argiloso laterizado e vermelho, tecnicamente denominado argila porosa.

As planícies aluviais se caracterizam por serem áreas de fundo de vale com baixa declividade (menos de 5%) e por terem solos arenosos e argilosos de espessura variável mais um lençol freático superficial. Essas são áreas propensas a recalques, que podem danificar pavimentos, redes de infraestrutura ou mesmo edificações, além de serem mais sujeitas à inundação.




Já o maciço misto apresenta solo superficial de textura argilosa a argilo-siltosa com espessura de 1,0 m a 1,5 m. O solo de alteração tem espessura de dezenas de metros e textura de silto-arenosa a arenosa, sendo proveniente em sua grande maioria de rochas magmáticas. São bastante suscetíveis à erosão acelerada, ao escorregamento de terra e à queda de blocos, especialmente em declividades superiores a 25%.

Os granitoides raramente são encontrados na superfície do terreno na forma de rocha, a não ser como blocos matacões ou isolados ou, então, em cortes profundos em rodovias ou em pedreiras.








12. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). Secretaria Municipal do Planejamento. **Relatório final do GT de detalhamento da Carta Geotécnica do Município de São Paulo**. São Paulo, 1994.

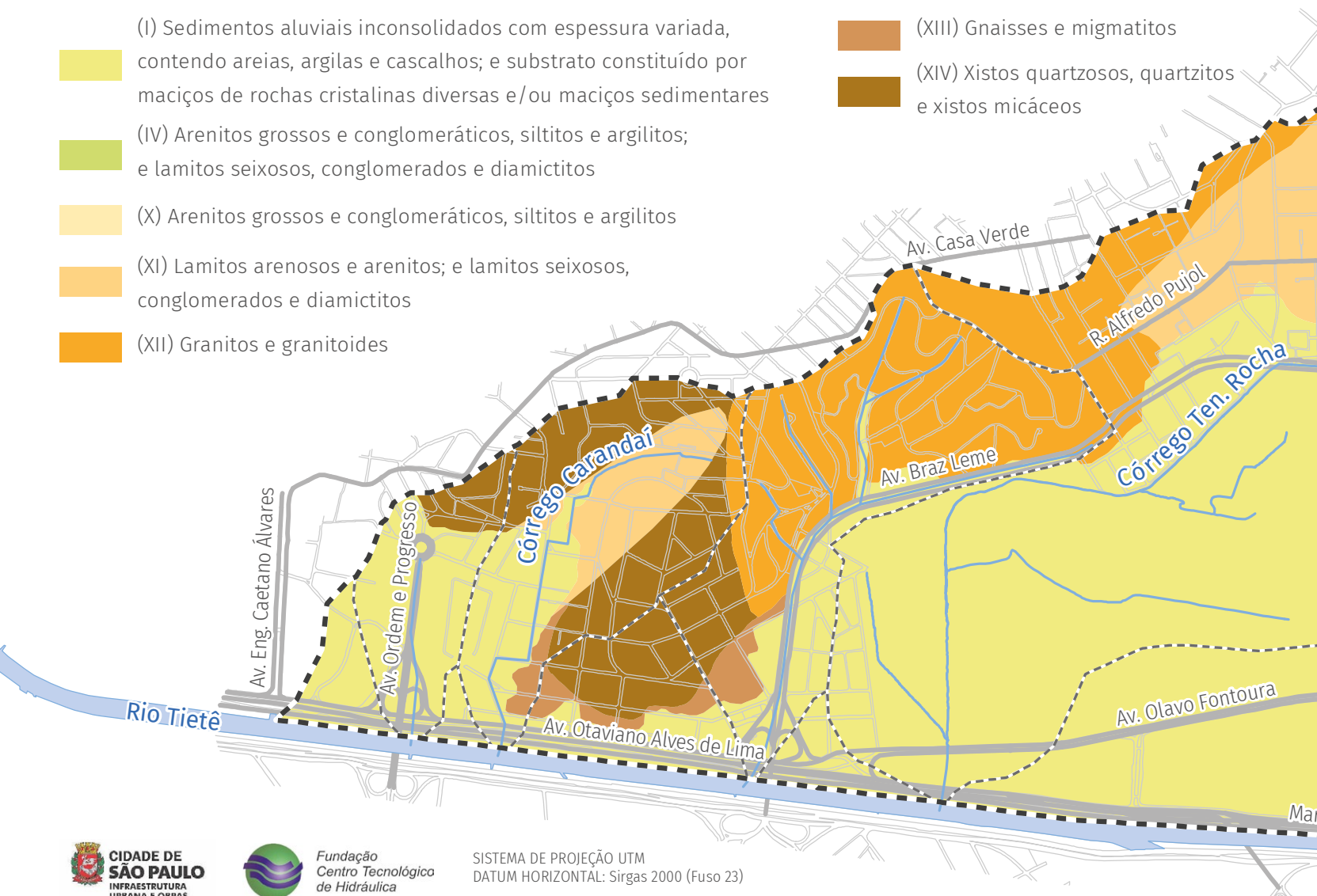
FIGURA 2.36 Carta geotécnica da área das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

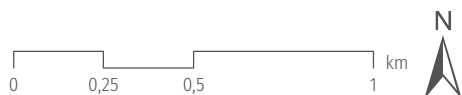
Carta geotécnica (Unidade Geotécnica – UG): característica geológica

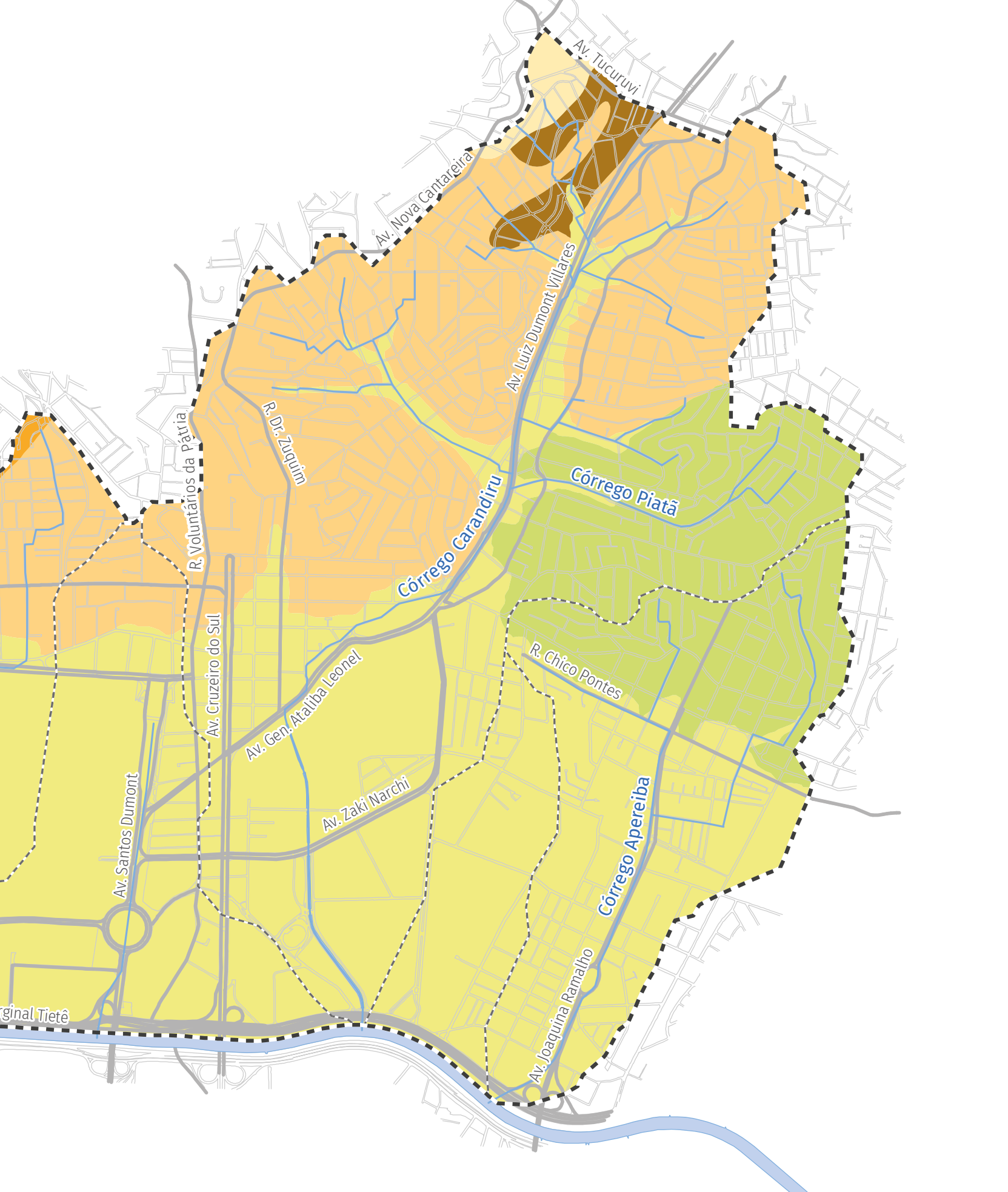
-  (I) Sedimentos aluviais inconsolidados com espessura variada, contendo areias, argilas e cascalhos; e substrato constituído por maciços de rochas cristalinas diversas e/ou maciços sedimentares
-  (IV) Arenitos grossos e conglomeráticos, siltitos e argilitos; e lamitos seixosos, conglomerados e diamictitos
-  (X) Arenitos grossos e conglomeráticos, siltitos e argilitos
-  (XI) Lamitos arenosos e arenitos; e lamitos seixosos, conglomerados e diamictitos
-  (XII) Granitos e granitoides
-  (XIII) Gnaisses e migmatitos
-  (XIV) Xistos quartzosos, quartzitos e xistos micáceos



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024), Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024), e Carta Geotécnica do Município de São Paulo (2024)





2.7 USO DO SOLO

A caracterização do uso do solo das bacias em estudo foi atualizada partindo-se da base de Uso do Solo Predominante nos Distritos do Município de São Paulo, em escala 1:30.000, elaborado pela Secretaria Municipal de Finanças e Desenvolvimento Econômico (SF, 2013), hoje Secretaria Municipal da Fazenda.

Essa atualização se deu por meio de fotointerpretação de imagens aéreas recentes disponíveis. No processo de atualização, a escala adotada foi de 1:5.000, com o objetivo de aumentar os detalhes nas áreas de interesse.

A **TABELA 2.1** indica os usos observados nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, com suas respectivas porcentagens em relação à área total das bacias. O mapa dos usos predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.37**.

O mapeamento do uso do solo foi utilizado para o ajuste dos parâmetros referentes à estimativa do escoamento superficial direto pelo modelo matemático empregado.




Os parques e as áreas verdes existentes ou propostas nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha são apresentados no mapa da **FIGURA 2.38**.

TABELA 2.1 Usos do solo registrados nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha






Usos do solo	Área (km ²)	Área das bacias (%)
Residencial horizontal médio alto padrão	4,46	23,9
Pavimento	4,07	21,8
Equipamento urbano	2,48	13,3
Comércio e serviços	2,46	13,2
Espaços abertos	1,83	9,8
Residencial vertical médio alto padrão	1,17	6,3
Residencial, comércio e serviços	0,71	3,8
Indústria e armazém	0,59	3,1
Comércio, serviços, indústria e armazém	0,37	2,0
Residencial, indústria e armazém	0,27	1,4
Residencial horizontal baixo padrão	0,14	0,7
Residencial vertical baixo padrão	0,13	0,7
Total	18,67	100,0

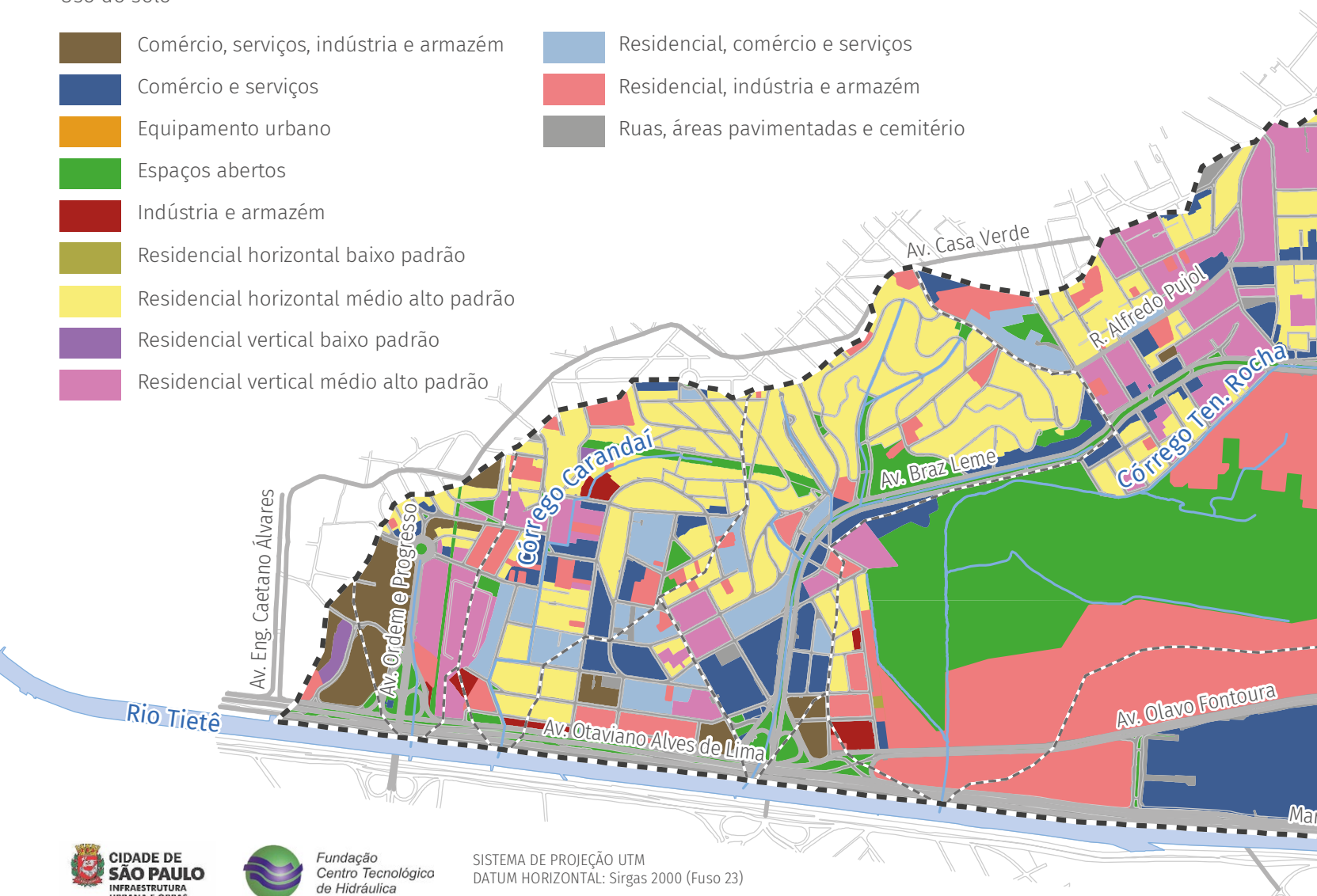
FIGURA 2.37 Mapeamento do uso do solo nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

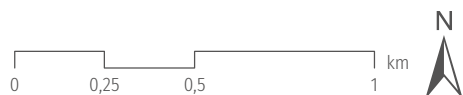
Uso do solo

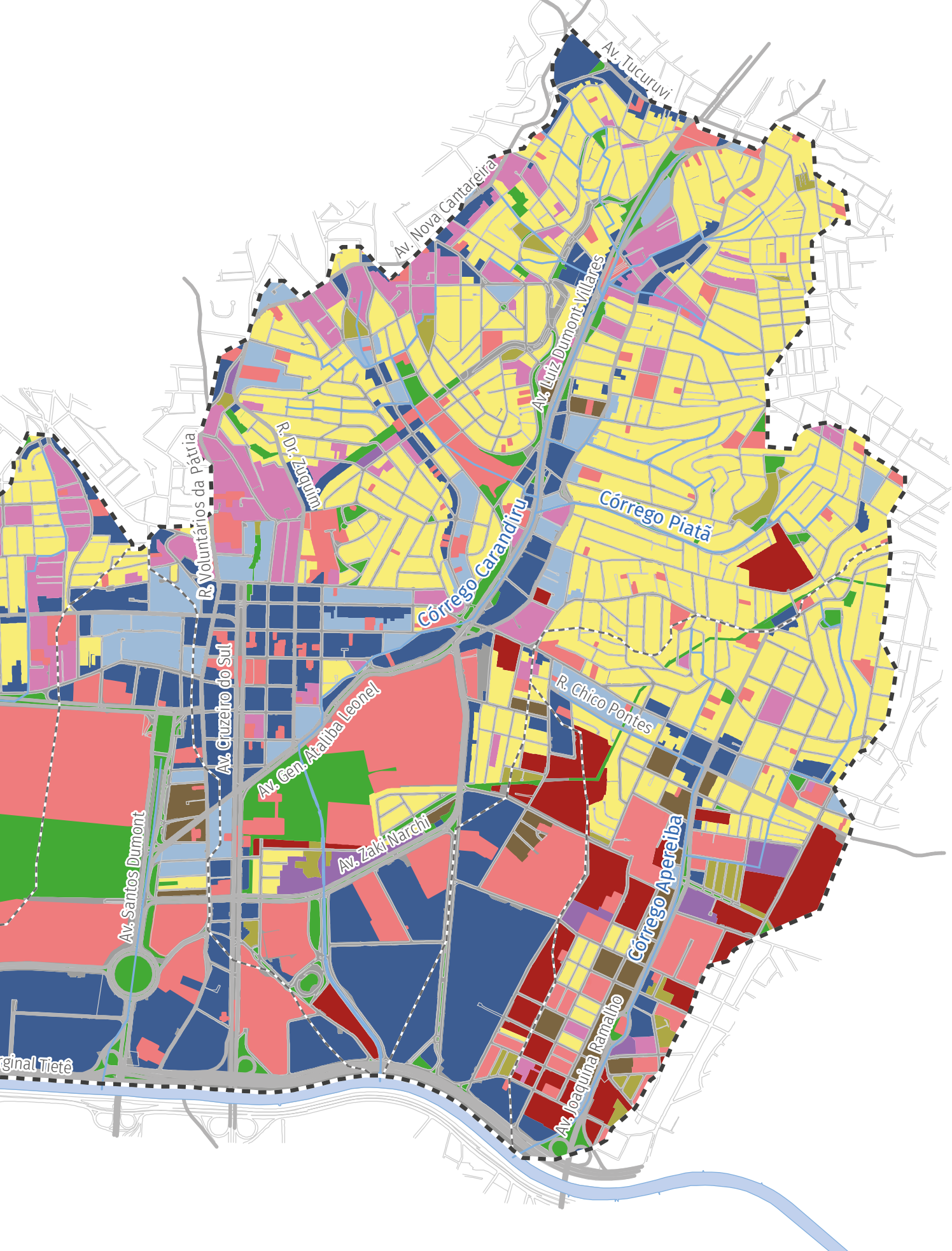
- | | | | |
|--|--|---|--------------------------------------|
|  | Comércio, serviços, indústria e armazém |  | Residencial, comércio e serviços |
|  | Comércio e serviços |  | Residencial, indústria e armazém |
|  | Equipamento urbano |  | Ruas, áreas pavimentadas e cemitério |
|  | Espaços abertos | | |
|  | Indústria e armazém | | |
|  | Residencial horizontal baixo padrão | | |
|  | Residencial horizontal médio alto padrão | | |
|  | Residencial vertical baixo padrão | | |
|  | Residencial vertical médio alto padrão | | |



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

Av. Luz Dumont-Villares

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zbiquim

Córrego Carandiru

Córrego Piatã

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Santos Dumont

Av. Zaki Narchi




Córrego Apereiba

Original Tietê



Av. Joaquina Ramalho

FIGURA 2.38 Parques e áreas verdes nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê



Convenção

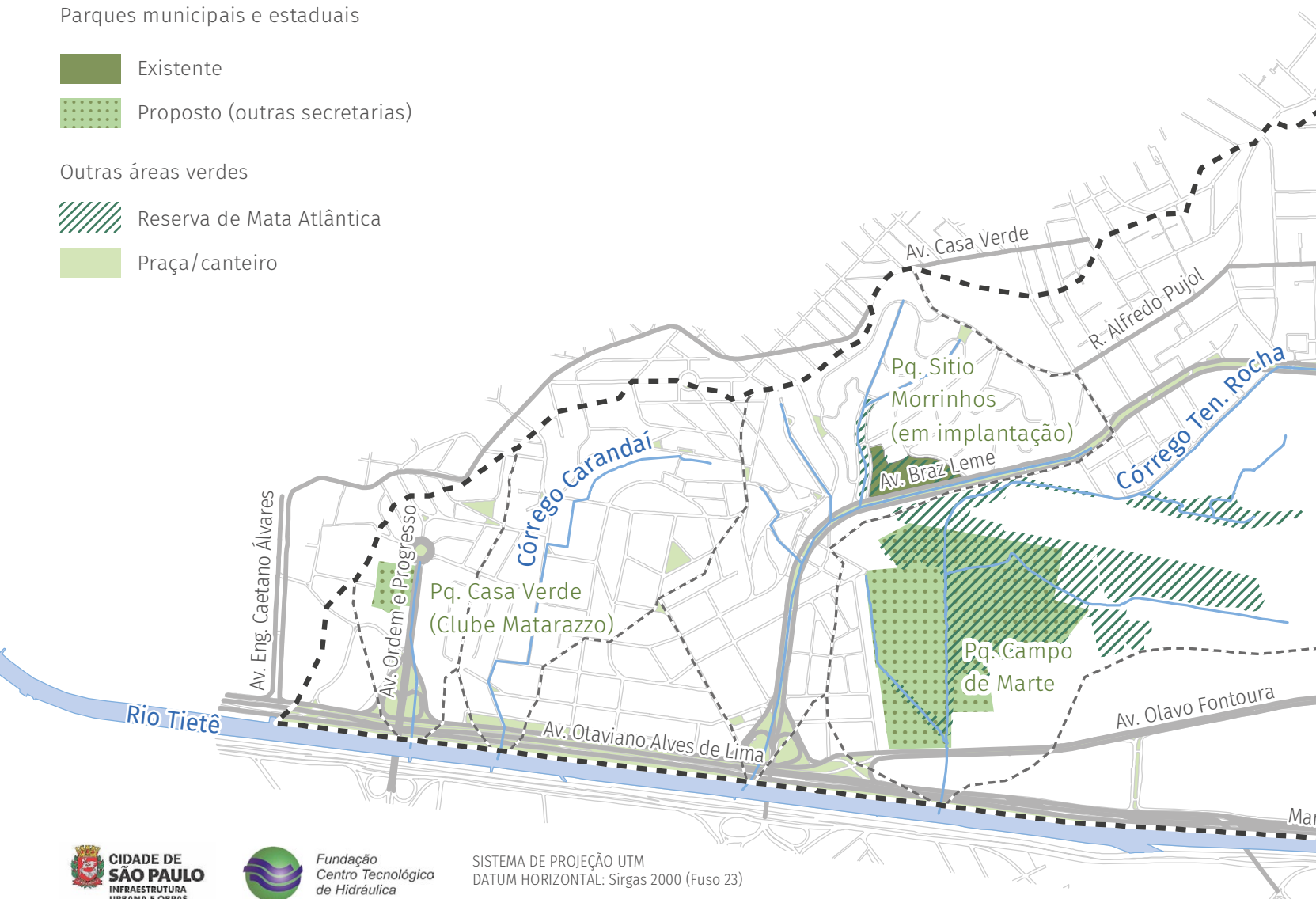
-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Parques municipais e estaduais

-  Existente
-  Proposto (outras secretarias)

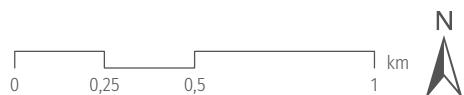
Outras áreas verdes

-  Reserva de Mata Atlântica
-  Praça/canteiro



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024),
Plano Diretor Estratégico (2014) e Lei de Parcelamento,
Uso e Ocupação do Solo (2016)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

R. Voluntários da Pátria

R. D. Zuquim

Av. Luiz Dumont-Villares

Córrego Carandiru

Córrego Piatã

Av. Cruzzeiro do Sul

Pq. da Juventude
(D. Paulo Evaristo Arns)

R. Chico Pontes

Av. Gen. Ataliba Leonel

Av. Zaki Narchi

Av. Santos Dumont

Córrego Apereiba

Av. Joaquina Ramalho

ginal Tietê

2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha se insere no contexto do Plano Regional das subprefeituras da Casa Verde-Cachoeirinha, de Santana-Tucuruvi e da Vila Maria-Vila Guilherme.

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; pelos Planos Regionais Estratégicos; pelos Planos de Bairros; pelos planos setoriais de políticas urbano-ambientais; e pelas demais normas correlatas.

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

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

- **Territórios de transformação:** objetivavam 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. (Formados 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. (Formados 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. (Formados pelas zonas: ZEPEC | ZEP | ZEPAM | ZPDS | ZER | ZPR).

As bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha estão inseridas nas macroáreas de qualificação da urbanização e de estruturação metropolitana, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 2.39**.

Além disso, o zoneamento das bacias é classificado conforme indica a **FIGURA 2.40**.

A **TABELA 2.2** traz a área correspondente a cada zona de uso e ocupação nas bacias.

A Lei do Zoneamento Urbano criou a quota ambiental (QA), com o objetivo de promover a qualificação do território, em especial, a melhoria da retenção e infiltração da água nos lotes, a melhoria do microclima e a ampliação da vegetação.

Segundo o artigo 74 da Lei nº 16.402/2016, a QA corresponde a um conjunto de regras de ocupação dos lotes, objetivando qualificá-los ambientalmente, tendo como referência uma medida da eficácia ambiental para cada lote, expressa por um índice que agrega os indicadores Cobertura Vegetal (V) e Drenagem (D).

A lei estabelece, em seu Art. 76, que, nos processos de licenciamento de edificações novas ou de reformas com alteração de área construída superior a 20%, será exigida uma pontuação mínima de QA, em função da localização e do tamanho do lote, conforme Quadro 3A da referida lei. O segundo parágrafo do mesmo artigo cita que lotes com área total menor ou igual a 500 m² estão isentos de aplicação da QA.

O Art. 79 adverte que, em lotes com área total superior a 500 m², nos quais incidem as disposições da QA, é obrigatória a instalação de reservação de controle de escoamento

superficial, independentemente da adoção de outros mecanismos de controle do escoamento superficial que impliquem reservação e/ou infiltração e/ou percolação.

Cabe ressaltar que todos os lotes deverão atender às taxas de permeabilidade mínima estabelecidas para cada Perímetro de Qualificação Ambiental, conforme o Quadro 3A da lei (Art. 81).

Para fins de aplicação da QA, o território do Município de São Paulo fica dividido em Perímetros de Qualificação Ambiental (PA), que expressam a situação ambiental e o potencial de transformação de cada perímetro.

Os PAs foram definidos a partir do estabelecimento de áreas homogêneas em relação aos problemas de inundação, de microclima e de qualidade ecossistêmica, assim como o poder de transformação em relação à vegetação e à drenagem.

Cada perímetro possui uma nota relativa à vegetação e outra à drenagem, sendo tanto maior quanto pior a situação existente do perímetro. A nota relacionada ao potencial de transformação possui escala inversa, ou seja, nota menor quanto menor seu potencial de transformação. Após a somatória das notas, obteve-se que perímetros com baixo desempenho ambiental e alto potencial de transformação teriam exigências maiores em termos de QA, assim como perímetros com alto desempenho ambiental e baixo

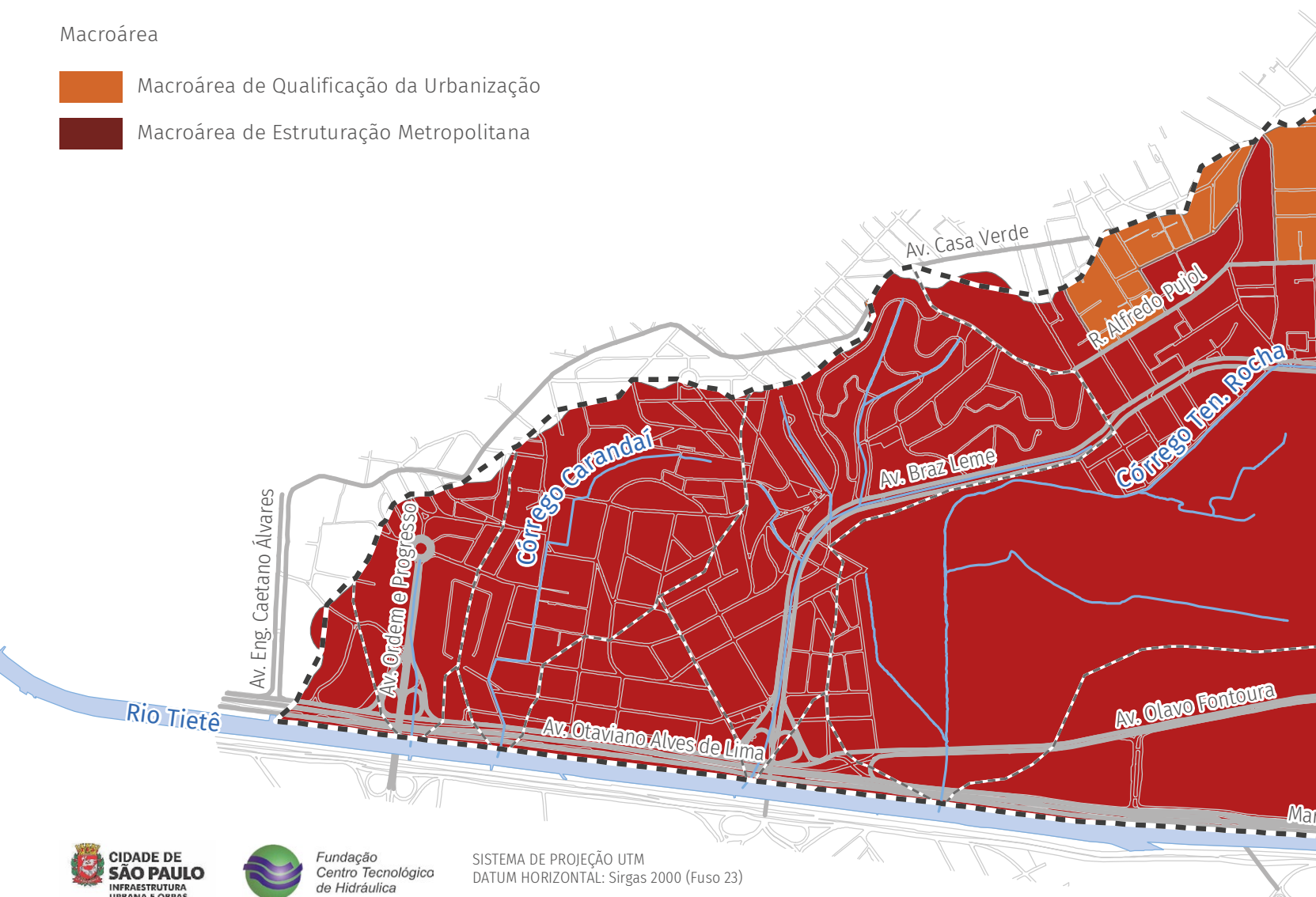
FIGURA 2.39 Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

Macroárea

- Macroárea de Qualificação da Urbanização
- Macroárea de Estruturação Metropolitana



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Plano Diretor Estratégico (2014)

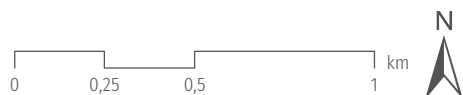





















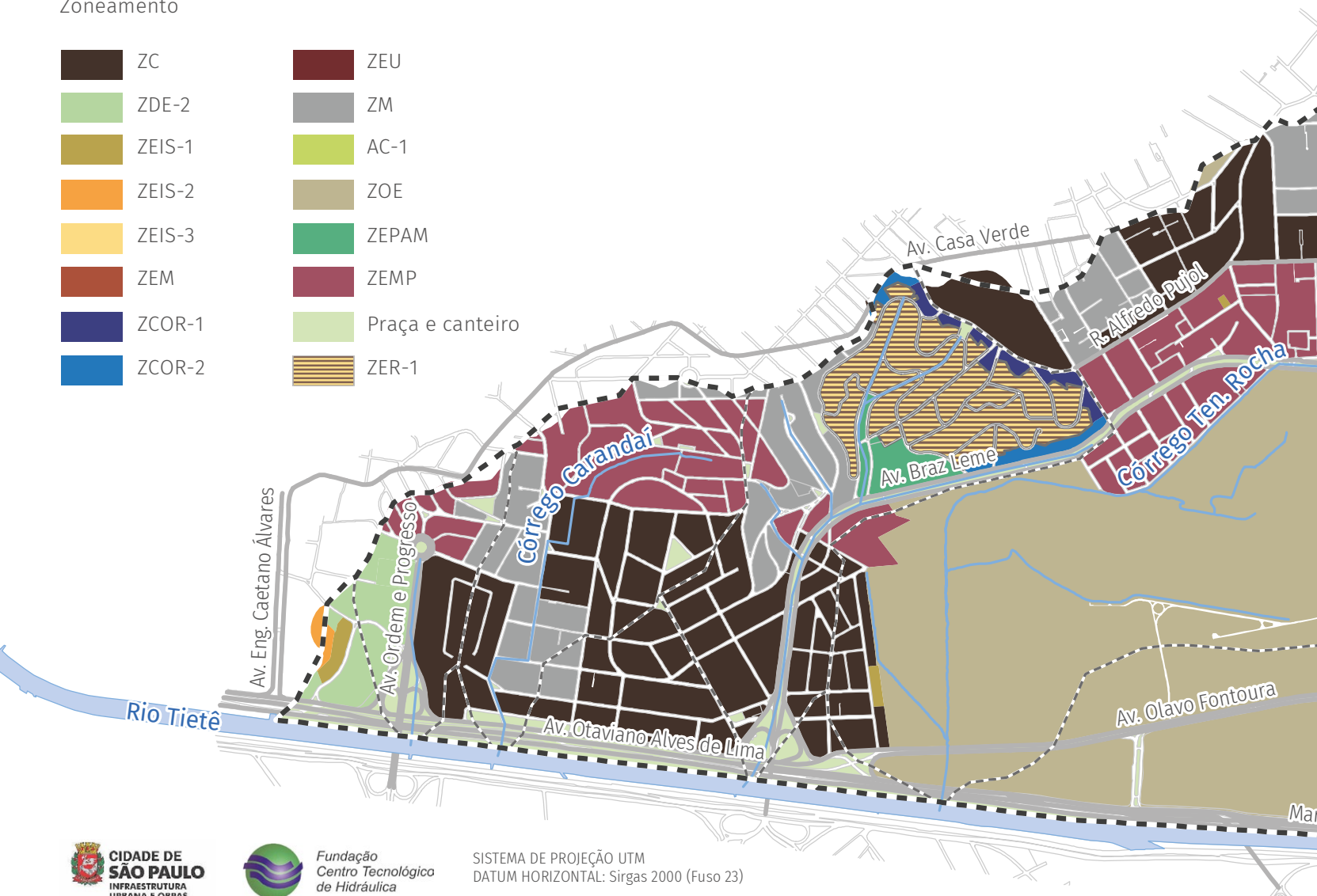
FIGURA 2.40 Zoneamento urbano nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

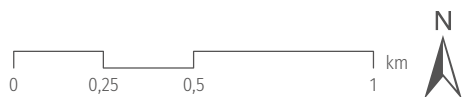
Zoneamento

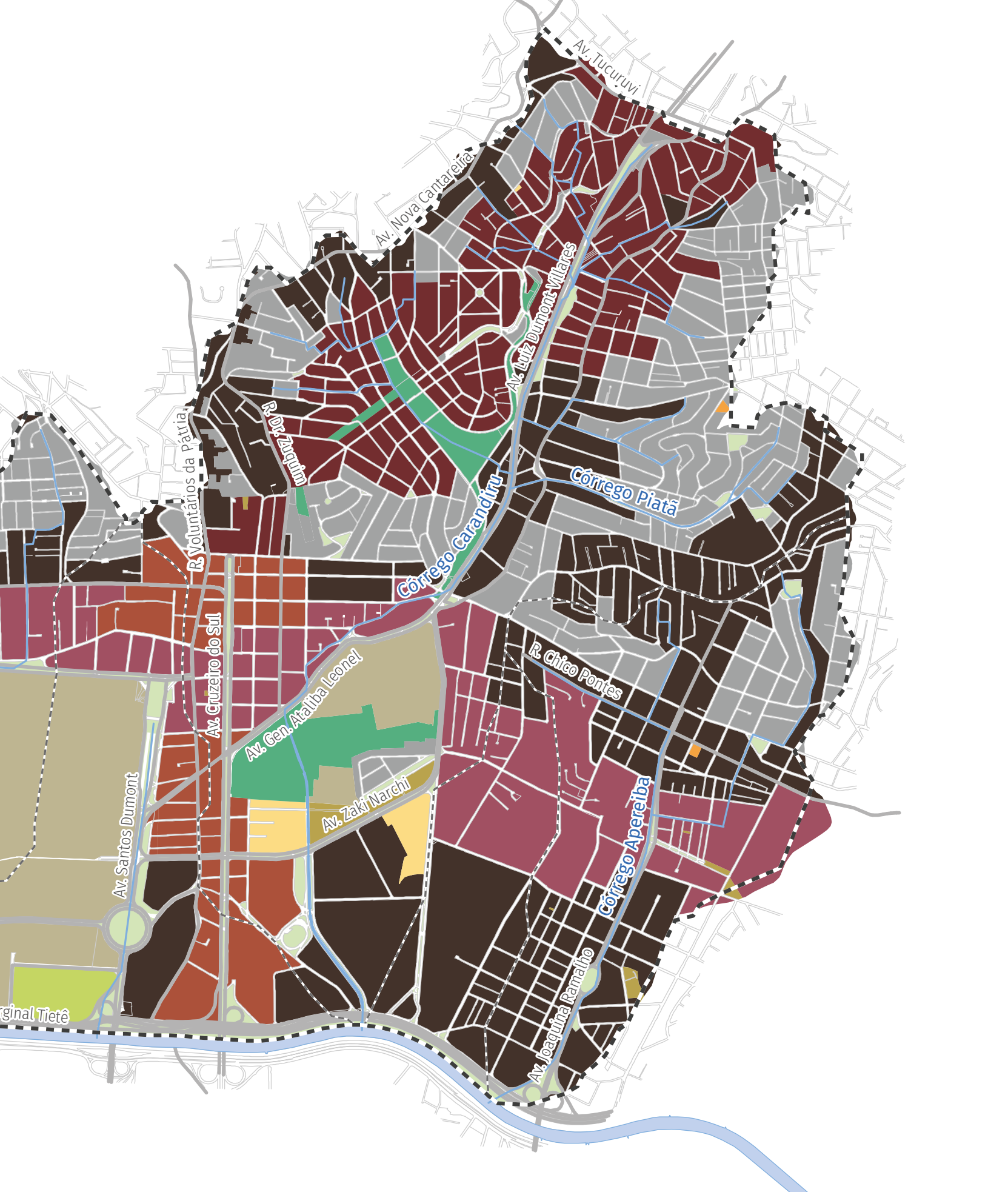
- | | | | |
|--|--------|---|------------------|
|  | ZC |  | ZEU |
|  | ZDE-2 |  | ZM |
|  | ZEIS-1 |  | AC-1 |
|  | ZEIS-2 |  | ZOE |
|  | ZEIS-3 |  | ZEPAM |
|  | ZEM |  | ZEMP |
|  | ZCOR-1 |  | Praça e canteiro |
|  | ZCOR-2 |  | ZER-1 |



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zbiquim

Av. Luiz Dumont-Villares

Córrego Carandiru

Córrego Piaçã

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Santos Dumont

Av. Zaki Narchi

Córrego Apereiba

Original Tietê

Av. Joaquina Ramalho

TABELA 2.2 Descrição das zonas de uso e ocupação do solo nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Zonas	Sigla	Área das bacias (%)
Zona Centralidade	ZC	28,2
Zona Mista	ZM	16,8
Zona de Ocupação Especial	ZOE	16,6
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana	ZEMP	13,4
Zona Eixo de Estruturação e Transformação Urbana	ZEU	9,1
Praças e canteiros	PracaCant	4,5
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana	ZEM	4,1
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	2,3
Zona Exclusivamente Residencial 1	ZER-1	1,7
Zona de Desenvolvimento Econômico 2	ZDE-2	1,0
Clubes Esportivos Sociais	AC-1	0,6
Zona Especial de Interesse Social 3	ZEIS-3	0,6
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	0,5
Zona Especial de Interesse Social 2	ZEIS-2	0,2
Zona Corredor 1	ZCOR-1	0,2
Zona Corredor 2	ZCOR-2	0,2

potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA¹³.

Foram delimitados treze perímetros de qualificação ambiental, sendo o PA 13 correspondente às macroáreas de contenção urbana e uso sustentável e de preservação dos ecossistemas naturais. Esse perímetro tem como diretriz impedir a expansão urbana e promover a preservação ambiental e os usos sustentáveis dos recursos naturais, inclusive com atividades agrícolas e produção de alimentos.

Na área das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, estão incluídos os PAs 1 e 8. Foram atribuídas para essas áreas taxas de permeabilidade mínima em função do tamanho dos lotes, se menor ou igual a 500 m² ou se maior que 500 m², conforme os valores da **TABELA 2.3**, que apresenta a taxa de permeabilidade mínima permitida em cada PA.

A **FIGURA 2.41** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, e a **FIGURA 2.42** mostra o mapeamento da taxa de permeabilidade mínima estabelecida por perímetro ambiental e por zonas específicas.

O zoneamento urbano das bacias em estudo indica que as zonas ZEPAM, ZCOR e ZER, pertencentes a elas, devem obedecer às taxas de permeabilidade mínima estabelecidas para essas zonas, e não pelo perímetro ambiental.

Cabe ressaltar que o mapa de permeabilidade mínima foi utilizado para a obtenção das taxas de impermeabilização máxima permitida por lei, empregadas nos cenários propositivos deste estudo. Essa análise é apresentada mais adiante, juntamente com a comparação da situação atual de impermeabilização das bacias.

13. CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde31052016-141005/pt-br.php>. Acesso em: 18. set. 2018.

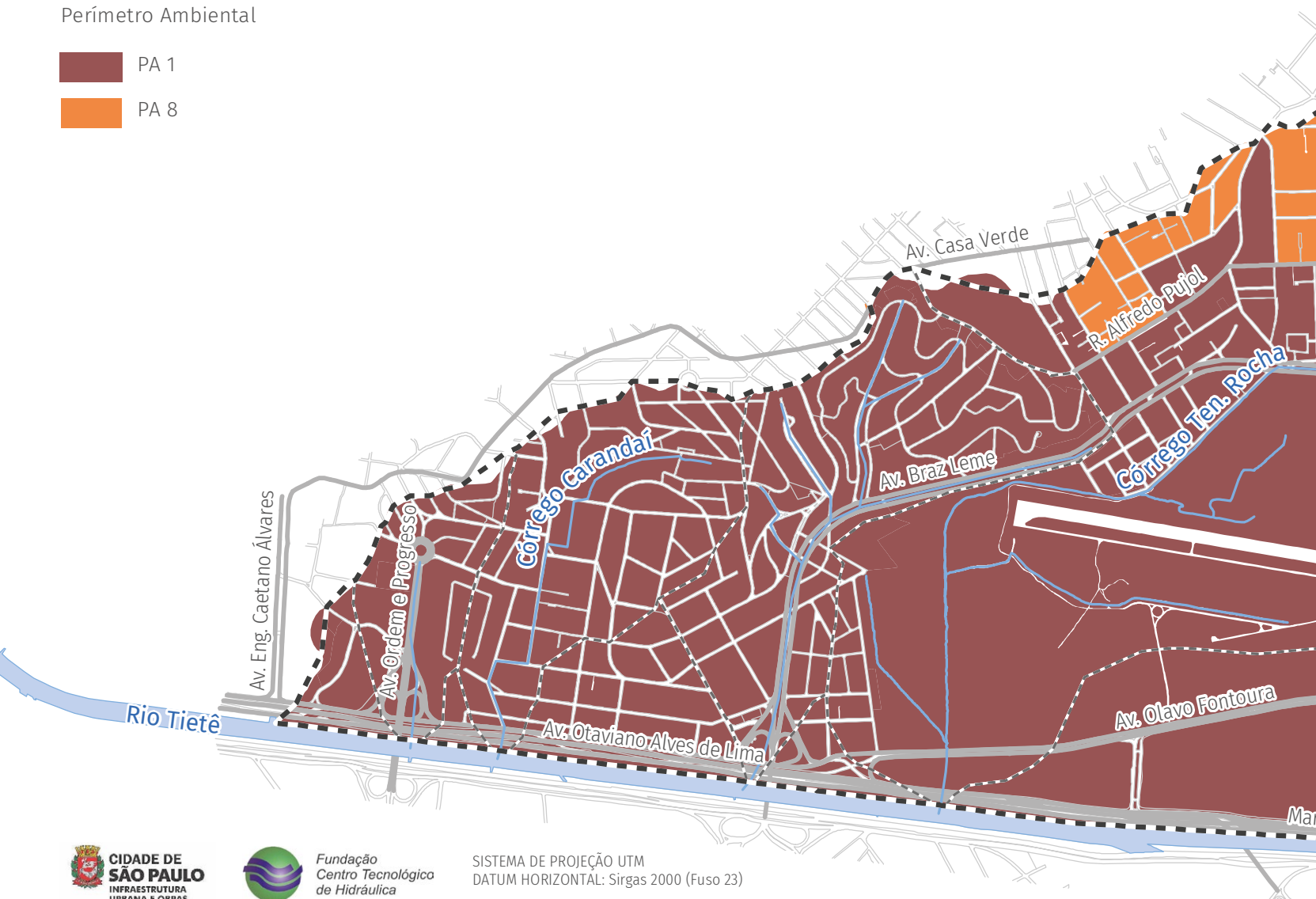
FIGURA 2.41 Perímetro de qualificação ambiental nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

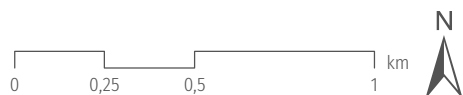
Perímetro Ambiental

- PA 1
- PA 8



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)



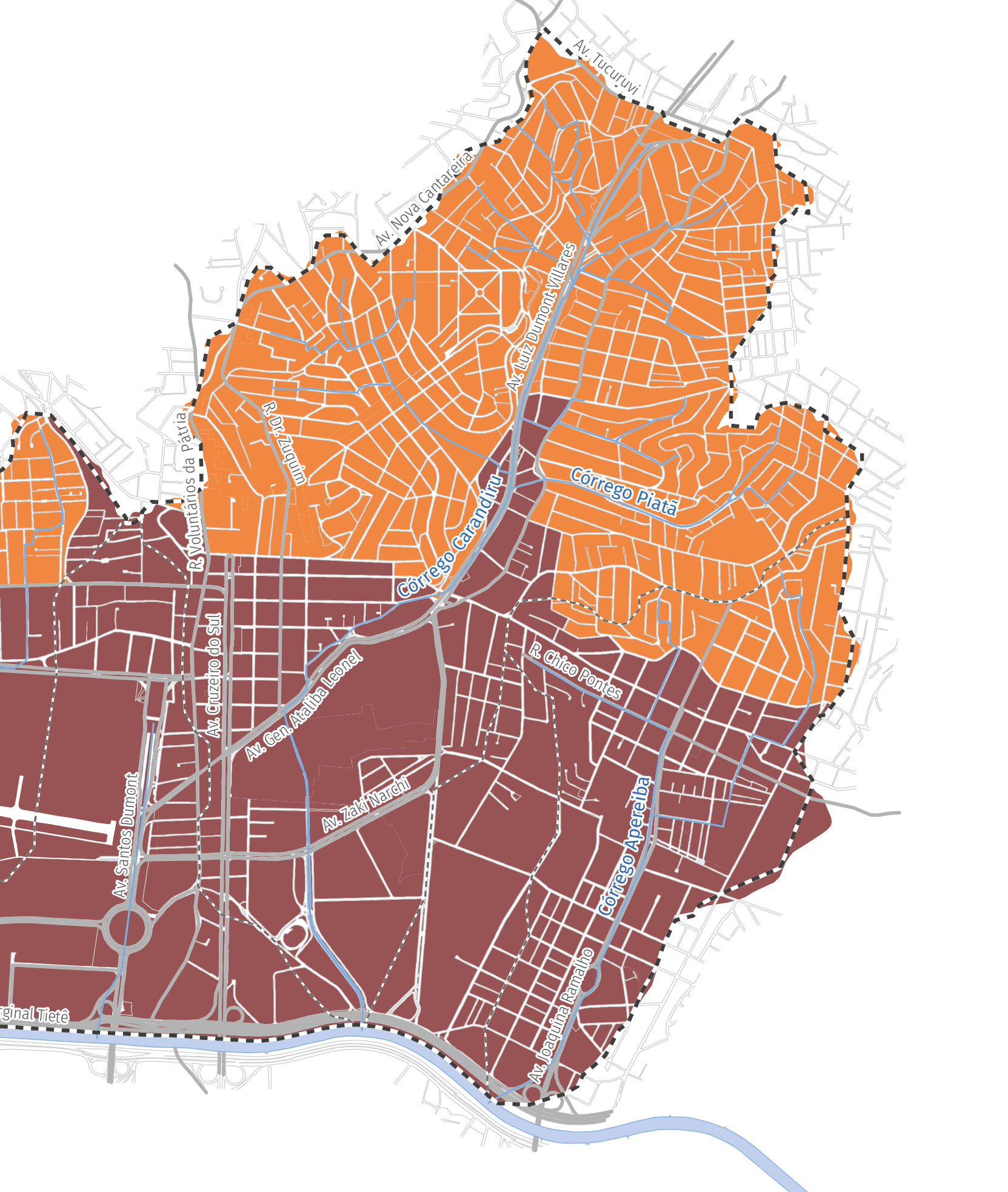


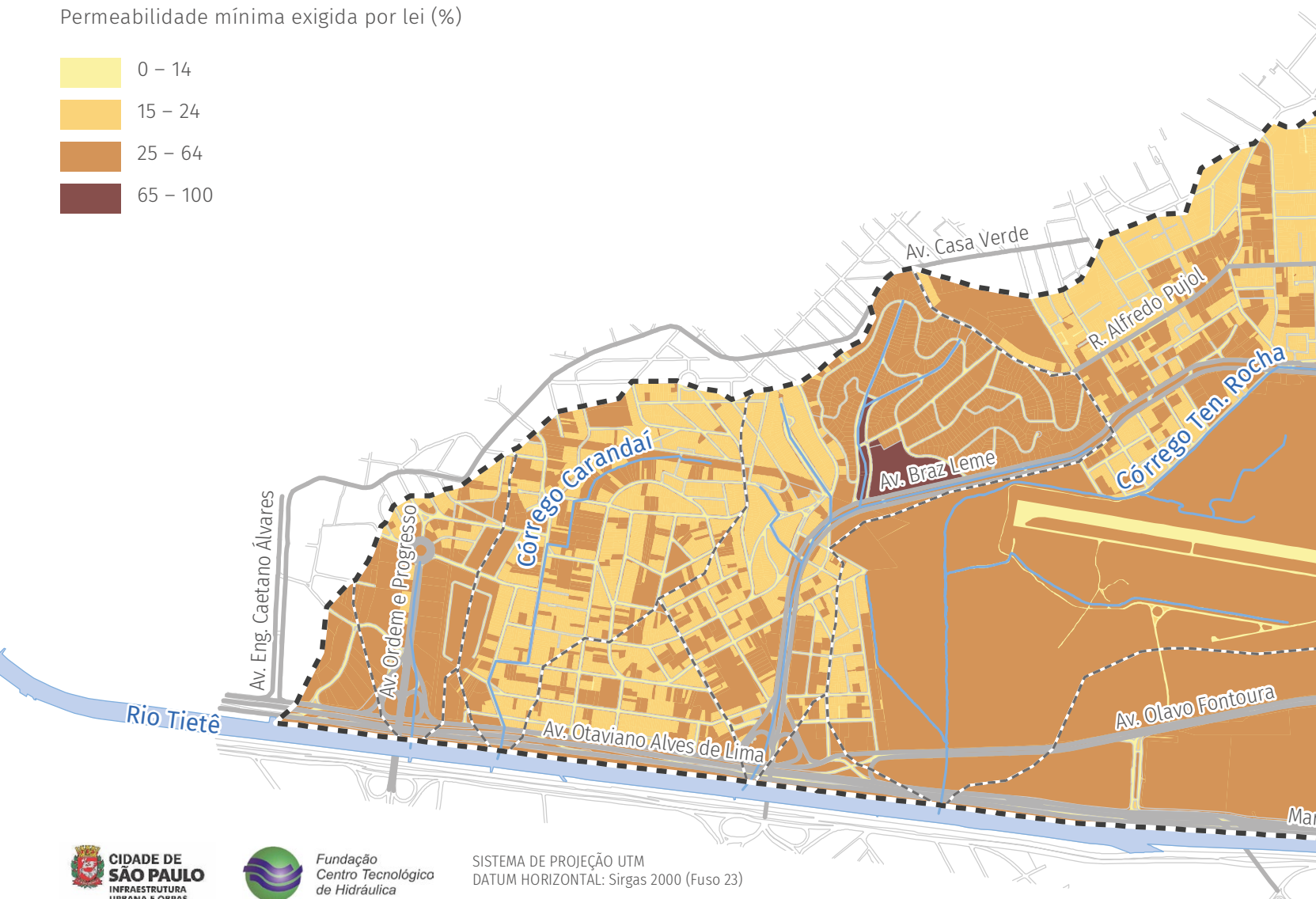
FIGURA 2.42 Taxa de permeabilidade mínima nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

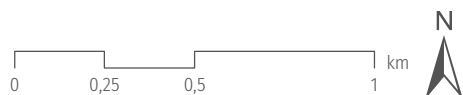
Permeabilidade mínima exigida por lei (%)

- 0 – 14
- 15 – 24
- 25 – 64
- 65 – 100



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)



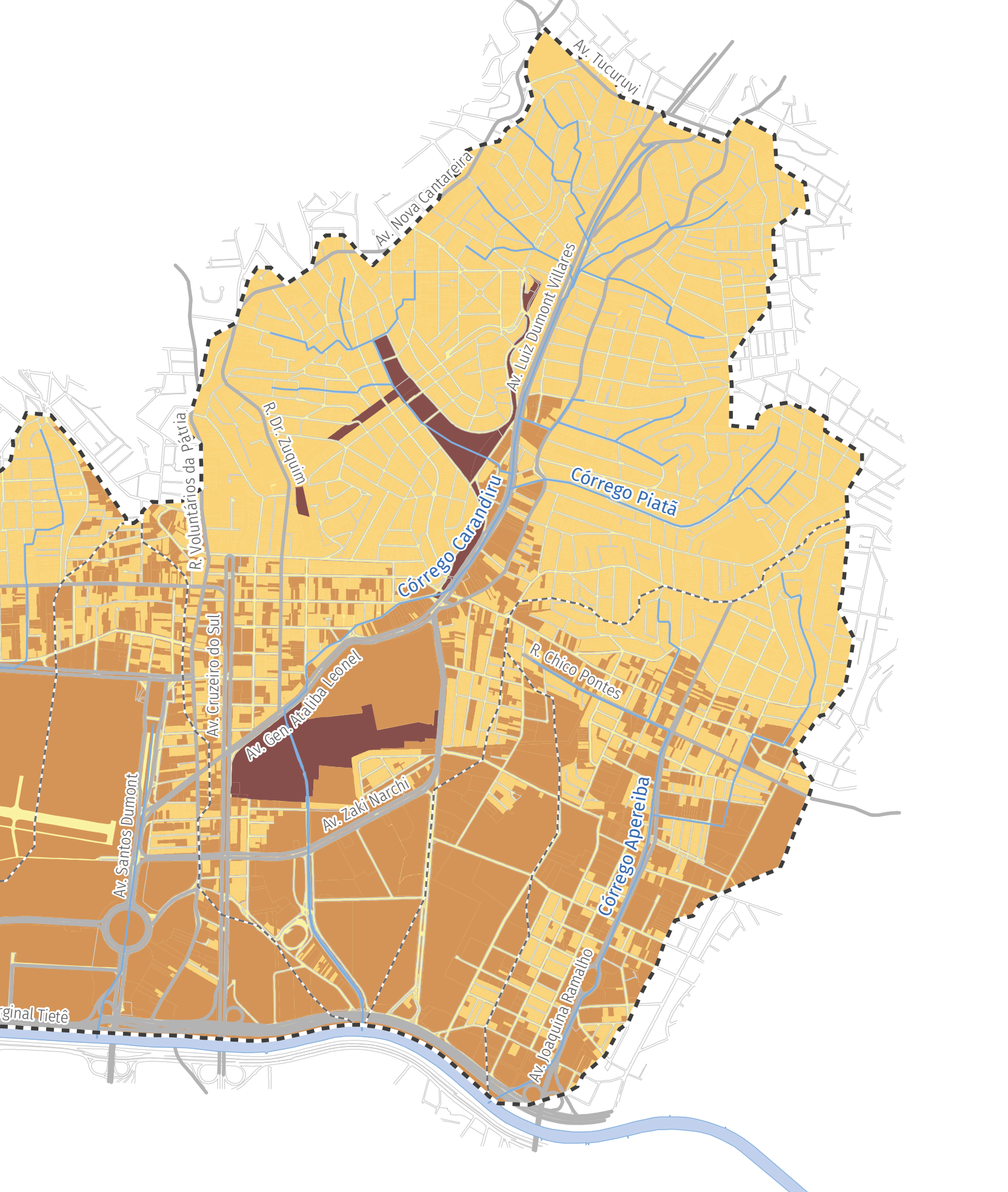


TABELA 2.3 Taxa de permeabilidade mínima nos perímetros de qualificação ambiental (Quadro 3A – Quota Ambiental)		
Perímetro de qualificação ambiental	Taxa de permeabilidade ^(a)	
	Lote ≤ 500 m ²	Lote > 500 m ²
PA1	0,15	0,25
PA2	0,15	0,25
PA3	0,15	0,25
PA4	0,15	0,25
PA5	0,15	0,25
PA6	0,15	0,20
PA7	0,15	0,20
PA8	0,15	0,20
PA9	0,10	0,15
PA10	0,20	0,25
PA11	0,20	0,30
PA12	0,20	0,30
PA13 ^(b)	NA	NA

(a) Nos lotes inseridos em ZEPAM, ZPDSr, ZPDS, ZCOR, ZPR e ZER, deverão ser aplicadas as seguintes taxas de permeabilidade mínima: 0,90, 0,70, 0,50, 0,30, 0,30 e 0,30, respectivamente, independentemente do tamanho do lote;

(b) O PA 13 corresponde às Macroáreas de Contenção Urbana e Uso Sustentável e de Preservação dos Ecossistemas Naturais, nas quais não se aplicam as exigências da Quota Ambiental.

Fonte: adaptado do Quadro 3A – anexo integrante da Lei nº 16.402/2016.

2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.43** apresenta a densidade populacional das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, onde residem 194 mil habitantes (IBGE, 2022).

Foram adotadas cinco classes de densidade demográfica (habitantes/hectare) para as bacias, conforme segue: < 15 – muito baixa; de 16 a 50 – baixa; de 51 a 150 – média; de 151 a 350 – alta; e > 350 – muito alta (Moreira, 2019)¹⁴.

2.9.2 ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IPVS

O IPVS foi criado pelo Governo do Estado de São Paulo para auxiliar na identificação dos locais prioritários, com segmentos populacionais mais frágeis, para a formulação e implementação de políticas públicas.

Na formulação do índice, assume-se o conceito de que a vulnerabilidade de um indivíduo, família ou grupo social refere-se a sua maior ou menor capacidade de

controlar os fatos que afetam seu bem-estar. Considera que a vulnerabilidade relacionada à pobreza não se limita à privação de renda, mas também à composição familiar, às condições de saúde e acesso aos serviços médicos, ao acesso e à qualidade do sistema educacional, à possibilidade de obter trabalho com qualidade e remuneração adequadas, à existência de garantias legais e políticas etc.

O índice também considera que a segregação espacial é um fenômeno presente nos centros urbanos paulistas e que contribui decisivamente para a permanência dos padrões de desigualdade social, em termos de infraestrutura, segurança e disponibilidade de espaços públicos, entre outros, que influenciam os níveis de bem-estar de pessoas e famílias.

A inclusão da renda domiciliar *per capita* no IPVS possibilitou a operacionalização da dimensão da vulnerabilidade relacionada à insuficiência de renda, que constitui um dos elementos determinantes da pobreza.

A localização das moradias também implica importantes variações em relação às oportunidades econômicas e sociais, e pode conduzir a processos de exclusão. Em

14. MOREIRA, L. M. P. S. Níveis de densidade populacional: uma proposta de classificação para Goiânia-GO, aplicação no Setor Central. In: **Anais XVIII Enanpur 2019**. Natal, 2019.

muitos casos, o local de residência pode significar uma barreira de acesso aos serviços (educação, saúde, transportes etc.) e ao mercado de trabalho, além de não permitir o acesso a redes sociais válidas que incrementam esse acesso. Nesse sentido, incorporou-se explicitamente aos grupos do IPVS a situação de aglomerado subnormal, que indica se o setor censitário se caracteriza como favela. Da mesma forma, a diferenciação da situação urbana ou rural de setores censitários de baixa renda propicia a identificação de situações igualmente vulneráveis, mas que demandam políticas públicas distintas.

O IPVS consiste em uma tipologia de situações de exposição à vulnerabilidade, agregando aos indicadores de renda outros referentes ao ciclo de vida familiar e à escolaridade, no espaço intraurbano, como aglomerado subnormal (favela) e sua localização (urbana ou rural). Assim sendo,

o IPVS é composto por dois fatores, o socioeconômico e o demográfico. Ao fator socioeconômico estão associadas as variáveis: renda domiciliar *per capita*, proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* de até meio salário-mínimo, proporção de domicílios com renda domiciliar *per capita* de até um quarto do salário-mínimo, rendimento médio da mulher responsável pelo domicílio e proporção de pessoas responsáveis alfabetizadas. Ao fator demográfico estão associadas as variáveis: proporção de pessoas responsáveis de 10 a 29 anos, proporção de mulheres responsáveis de 10 a 29 anos, idade média das pessoas responsáveis e proporção de crianças de 0 a 5 anos de idade.




A **TABELA 2.4** indica a classificação dos grupos do IPVS 2010 para as bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha. Na **FIGURA 2.44** é apresentado o mapa desse índice nas bacias.

TABELA 2.4 Grupos do IPVS nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê






Grupo	IPVS 2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)
0	Não classificado	–	–	–	3,7
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	6,9
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	83,1
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	4,9
4	Vulnerabilidade média	Baixa	Famílias adultas e idosas	Urbanos não especiais e subnormais	0,4
5	Vulnerabilidade alta	Baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Urbanos não especiais	0,9
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	0,01
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	–

FIGURA 2.43 Densidade demográfica das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

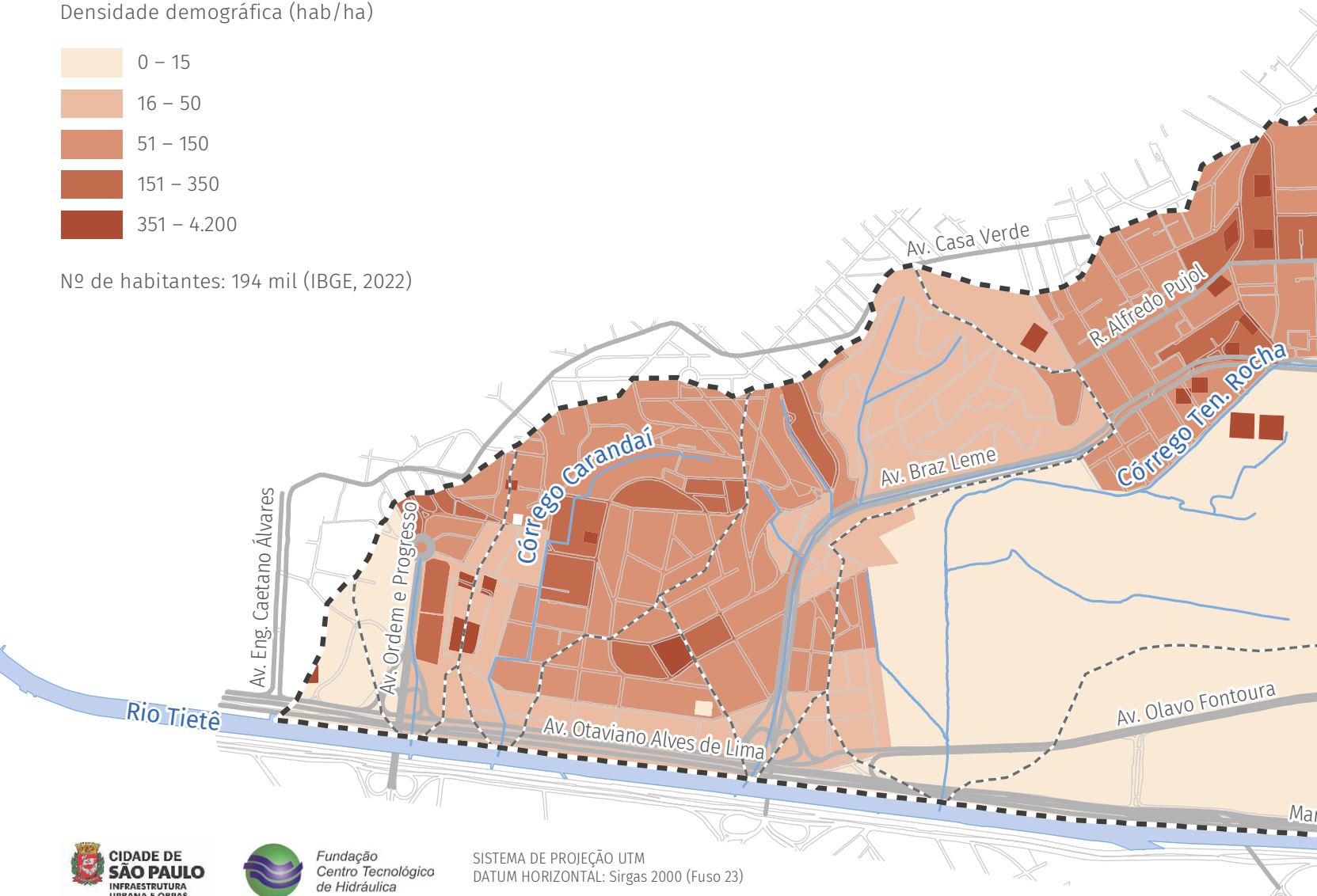
Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Densidade demográfica (hab/ha)

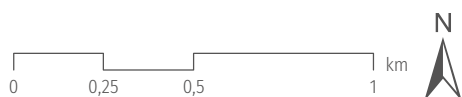
-  0 – 15
-  16 – 50
-  51 – 150
-  151 – 350
-  351 – 4.200

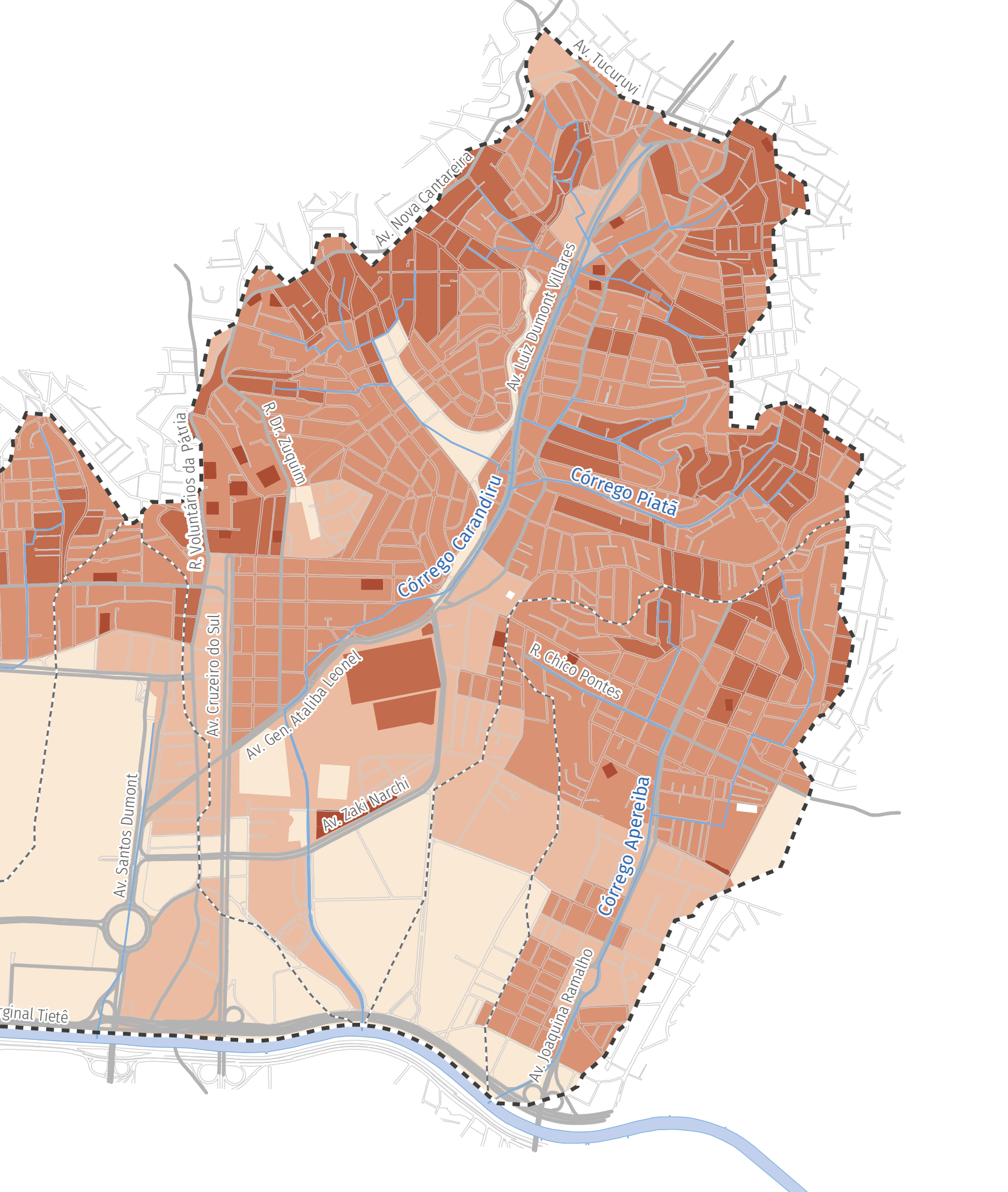
Nº de habitantes: 194 mil (IBGE, 2022)



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Censo Demográfico - IBGE (2022)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zuquim

Av. Luz Dumont Villares

Córrego Carandiru

Córrego Piata

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Zaki Narchi

Córrego Apereiba




Av. Santos Dumont

Av. Joaquina Ramalho








ginal Tietê

FIGURA 2.44 Índice Paulista de Vulnerabilidade Social das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)

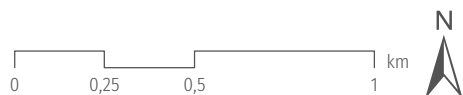
-  Baixíssima vulnerabilidade
-  Vulnerabilidade muito baixa
-  Vulnerabilidade baixa
-  Vulnerabilidade média
-  Vulnerabilidade alta
-  Vulnerabilidade muito alta
-  Não classificados*

*Setores sem população residente ou com menos de 50 domicílios particulares permanentes



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024),
Censo Demográfico - IBGE (2022) e SEADE (2010)





2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha se dá pelas subprefeituras da Casa Verde-Cachoeirinha, de Santana-Tucuruvi e da Vila Maria-Vila Guilherme.

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

A **FIGURA 2.45** indica a divisão territorial administrativa das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê.

2.11 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O sistema de esgotamento sanitário é composto pelos sistemas necessários ao afastamento e tratamento dos efluentes sanitários, incluindo as infraestruturas e instalações de coleta, desde as ligações

prediais, o afastamento, o tratamento e a disposição final de esgotos¹⁵.

É de extrema importância a articulação do planejamento da drenagem urbana com o Plano Diretor de Esgotos e outras ações dos serviços de esgotos no Município de São Paulo, tendo em vista a gestão integrada das águas urbanas.

As interferências existentes entre as redes de esgoto e de águas pluviais são aspectos importantes a serem considerados no planejamento e no projeto dessas redes. Assim, destacam-se:

- Os lançamentos irregulares de esgoto doméstico no sistema de drenagem, o que resulta no agravamento da degradação dos rios e córregos do município.
- A sobreposição e os cruzamentos das redes, pois, usualmente, as redes de drenagem e de esgoto estão localizadas nos fundos de vale, o que confere grandes desafios aos projetos de ambas as redes.

A **FIGURA 2.46** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes e previstos nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha.

15. Art. 209 da Lei nº 16.050/2014.

2.12 SISTEMA VIÁRIO

Historicamente, a implantação de avenidas em fundos de vale iniciou-se com o Plano de Avenidas, projeto de sistema viário estrutural proposto para a capital paulista por Francisco Prestes Maia e João Florence de Ulhoa Cintra nas décadas de 1920 e 1930.

A partir da década de 1970, o aumento do número de intervenções dessa natureza foi associado ao Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que liberou recursos federais para obras de saneamento básico. O Planasa tinha como objetivo a construção de estruturas de saneamento, o que incluiu a canalização de rios e córregos. Essas obras foram aproveitadas para a implantação de vias ao longo dos rios e córregos.

Nas bacias em estudo, essa política pode ser verificada na implantação das avenidas Luiz Dumont Villares e General Ataliba Leonel, sobre a galeria fechada do Carandiru, e da Avenida Joaquina Ramalho, sobre a canalização do córrego Apereiba.

Os transtornos causados a essas avenidas durante os eventos de inundação são recorrentes, causando impactos no desenvolvimento urbano, econômico e social do município.

A Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito (SMT) classifica o sistema viário do município de acordo com o art. 60 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB): I – via de trânsito rápido (VTR); II – via arterial; III – via coletora; IV – via de pedestres; e V – via local. A hierarquia viária é estabelecida na ordem decrescente dessa classificação.

Assim, para o planejamento do sistema de drenagem urbana nos cadernos de Bacia Hidrográfica, foi levantada a classificação viária disponibilizada pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET). Foram consideradas as vias mais importantes: as de trânsito rápido (VTR), que resguardam a importância funcional das conexões de longa distância e da fluidez; e as arteriais, com predominância de trânsito de passagem e onde estão localizados os corredores estruturais de transporte coletivo.

A área das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha é estruturada de acordo com os seguintes eixos viários: Avenida Luiz Dumont Villares, desde a Avenida Tucuruvi até sua bifurcação com a Avenida General Ataliba Leonel; e Avenida General Ataliba Leonel até a Avenida Cruzeiro do Sul, onde mais ao sul está a confluência com o Rio Tietê. Além dessas vias, pode-se citar a Avenida Ordem e Progresso, com o afluente córrego Ordem

e Progresso; a Rua dos Machados, com o afluente córrego Apereiba; e as avenidas Braz Leme e Olavo Fontoura, na bacia do córrego Tenente Rocha.

A **FIGURA 2.47** apresenta o sistema viário estrutural das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha.



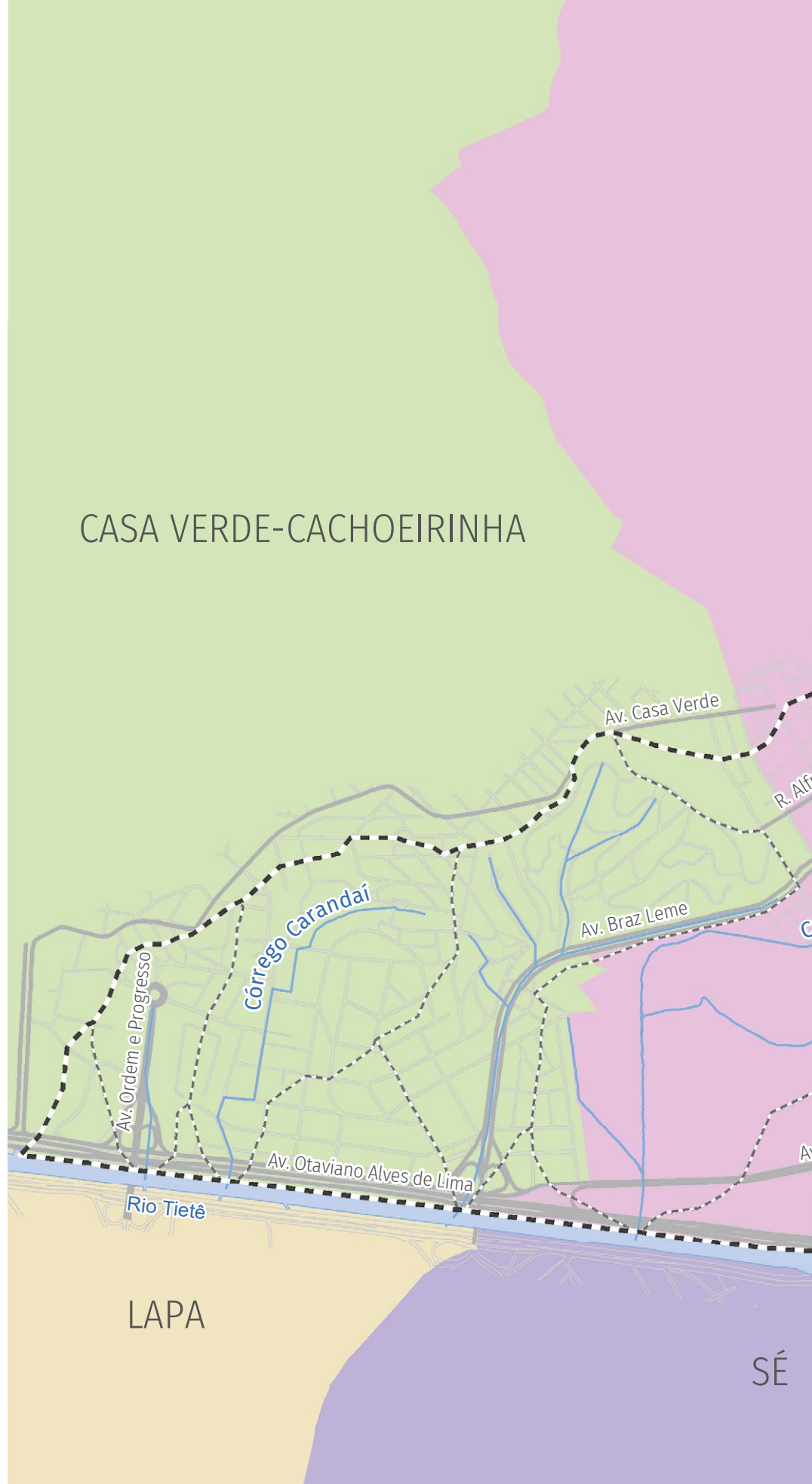
Foto aérea da região do Pq. da Juventude (foto: FCTH)

FIGURA 2.45 Divisão territorial administrativa das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

CASA VERDE-CACHOEIRINHA

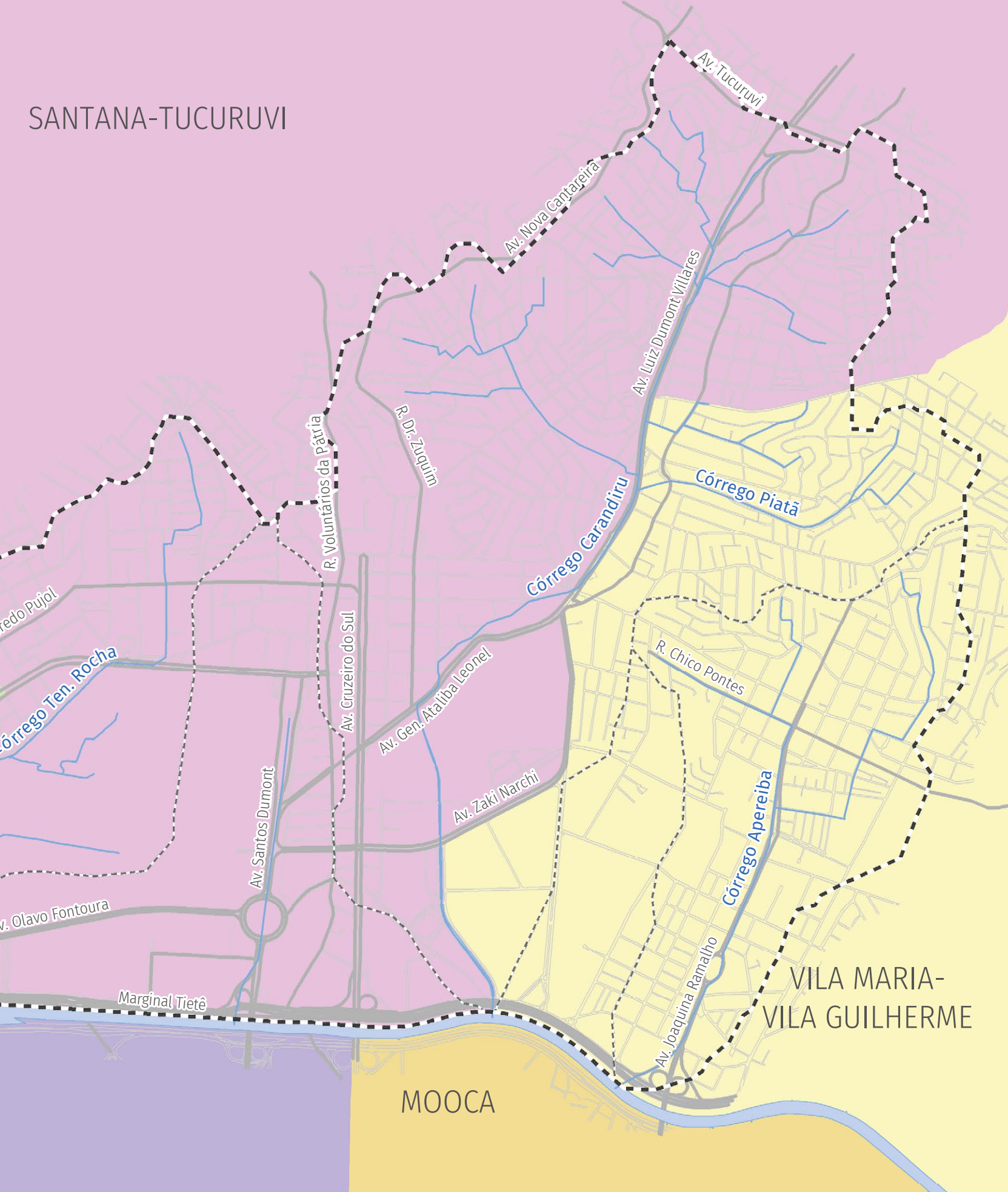


SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



SANTANA-TUCURUVI






VILA MARIA-
VILA GUILHERME




MOOCA

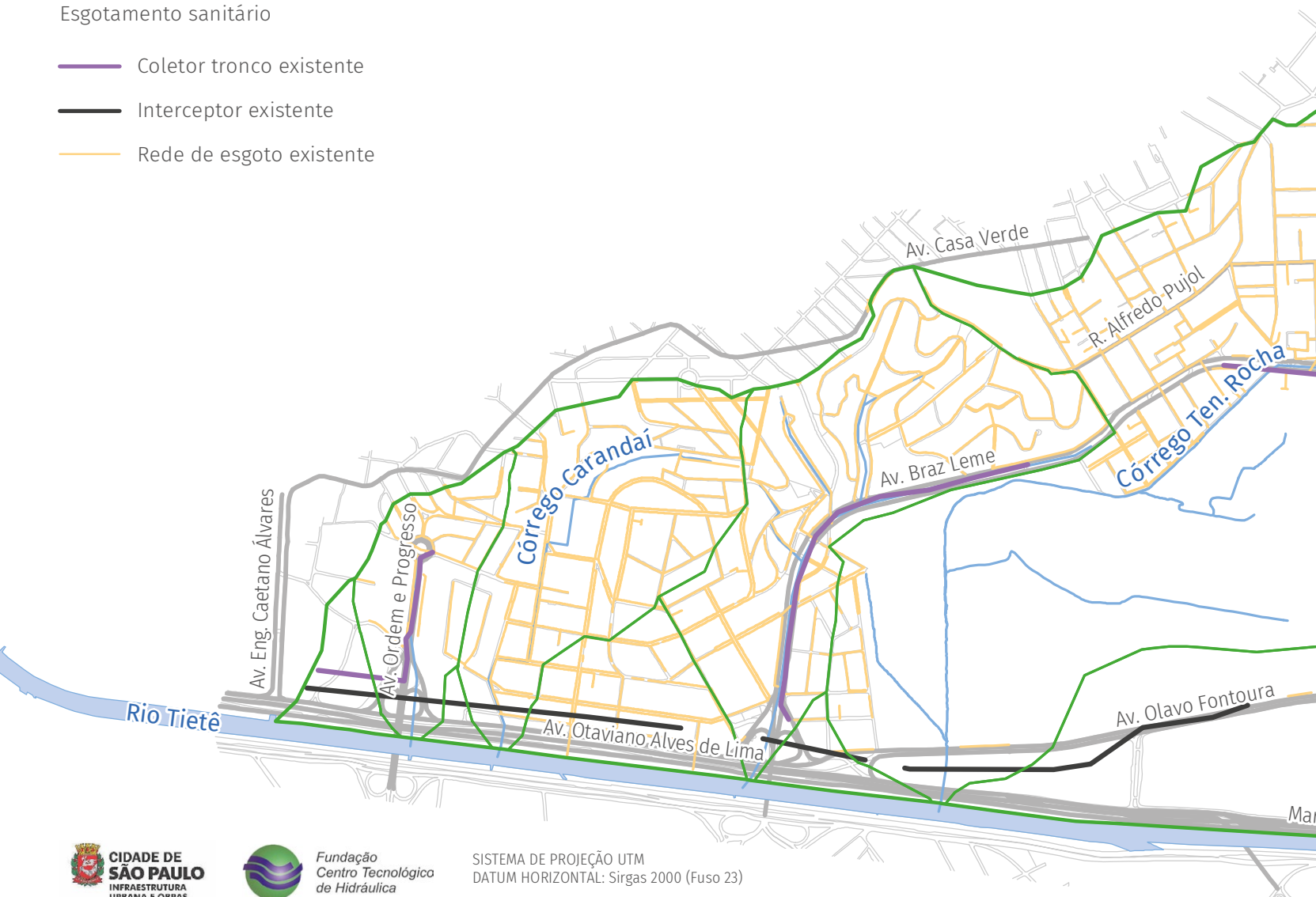
FIGURA 2.46 Sistema de esgotamento sanitário das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

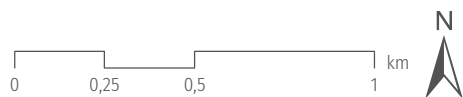
Esgotamento sanitário

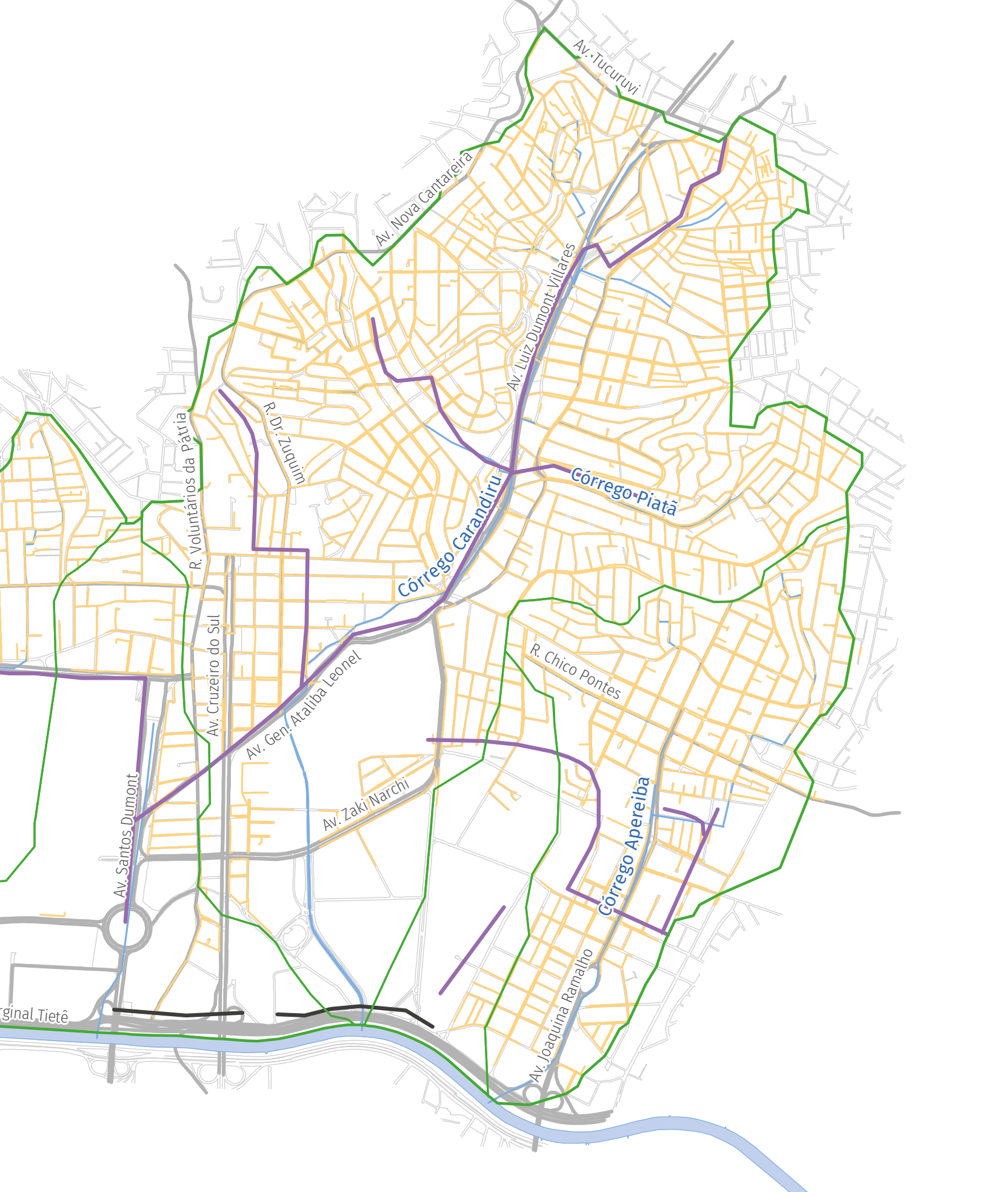
-  Coletor tronco existente
-  Interceptor existente
-  Rede de esgoto existente



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
e Plano Diretor Estratégico (2014)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zuquim

Av. Luiz Dumont-Villares

Córrego Carandiru

Córrego Piatã

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Santos Dumont

Av. Zaki Narchi




Córrego Apereiba

Av. Joaquina Ramalho



Original Tietê

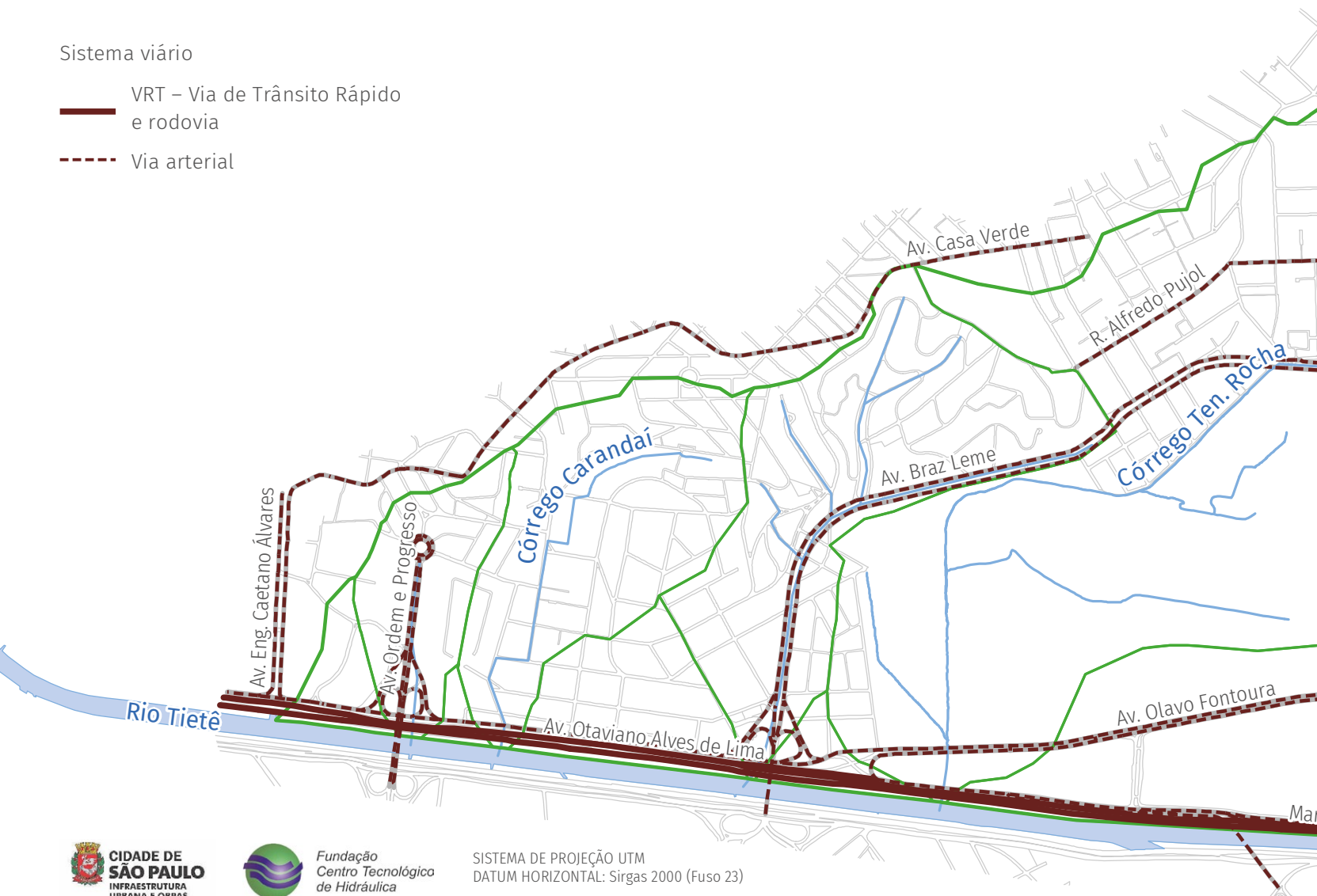
FIGURA 2.47 Sistema viário das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

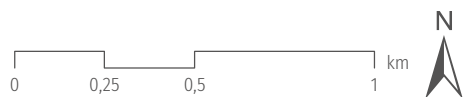
Sistema viário

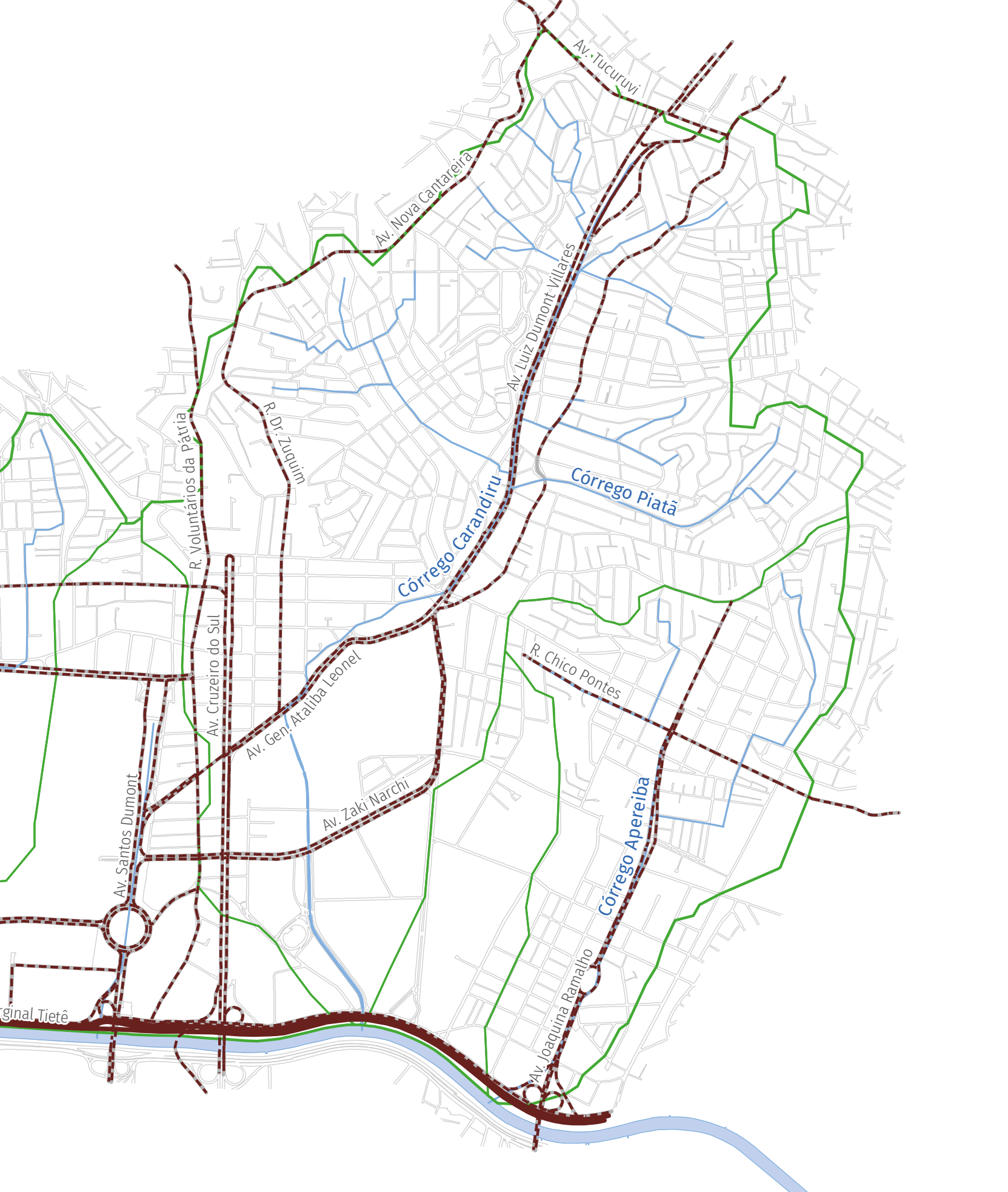
-  VRT – Via de Trânsito Rápido e rodovia
-  Via arterial



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024)
e CET (2019)





Critérios para o estudo

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

Os componentes principais do ciclo são: as precipitações, a infiltração da água no solo, o escoamento básico subterrâneo, a evaporação ou 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 regime de precipitação: sua magnitude, o risco de ocorrência e 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 onda de cheia. Além disso, as características fisiográficas da bacia, como área drenada, declividade, forma e o grau de intervenções no sistema de drenagem natural, canais, galerias, reservatórios de detenção etc., condicionam a velocidade com que a água escoar em

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 nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica e, também, pelo cálculo 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 a impermeabilização atual e a impermeabilização máxima permitida segundo a atual LPUOS.

Para a 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, originalmente desenvolvida pelo Soil Conservation Service. O modelo utiliza o método de Saint-Venant para a análise hidrodinâmica do escoamento nas galerias e nos canais.

3.1 CHUVA DE PROJETO

A chuva de projeto consiste em um evento crítico de precipitação construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva e em parâmetros de resposta das bacias hidrográficas. Essas características estatísticas e esses parâmetros são considerados através de dois elementos básicos:

- Tr – período de retorno da precipitação de projeto;
- tc – duração crítica do evento (min).

As precipitações de projeto são determinadas a partir de relações intensidade-duração-frequência (IDF) das bacias em estudo.

A IDF fornece 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 para a região das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha foram estimadas através da equação IDF para a cidade de São Paulo (Equação 1), ajustada para o posto do Observatório IAG (Martinez e Piteri, 2015)¹⁰.

10. MARTINEZ; PITERI, 2015 *apud* DAEE. **Precipitações Intensas do Estado de São Paulo**. São Paulo: DAEE/CTH, 2016.

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

válida para $10 \leq t \leq 1440$ min, onde:

$$A = 32,77$$

$$B = 20$$

$$C = -0,878$$

$$D = 16,1$$

$$E = 30$$

$$F = -0,9306$$

$$G = -0,4692$$

$$H = -0,8474$$

t_d é a duração da chuva, em minutos;

Tr é o período de retorno da chuva, em anos;

$i_{t_d, Tr}$ é a intensidade da chuva, em mm/min, para a duração t_d (min) e período de retorno Tr (em anos).

A tormenta de projeto frequentemente utilizada em projetos hidrológicos para bacias urbanas muito pequenas possui intensidade constante. Tal hipótese se fundamenta no fato de que a causa crítica das enchentes é a curta duração ou a 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. Neste estudo, adotou-se a duração de chuva crítica de 1 hora.

Desse modo, foram calculadas as precipitações para diferentes períodos de retorno e duração da chuva de 1 hora, que são apresentadas na **TABELA 3.1**.

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

Em razão da grande variabilidade temporal e espacial da precipitação, a distribuição temporal é comumente representada por distribuições empíricas. Algumas das mais utilizadas são: distribuição de blocos alternados (Tucci *et al.*, 1995)¹¹, em que a precipitação é desagregada em passos de tempo discriminados pela duração total, os blocos de altura de chuva em cada passo são rearranjados de forma que a maior altura de precipitação seja colocada no centro de duração, e os blocos seguintes são posicionados de forma decrescente e alternados (direita e esquerda) do bloco central; e distribuição de Huff (Huff, 1967)¹², em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação é classificada em quartis e determina-se,

11. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.

12. HUFF, F. A. Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. **Water Resources Research**, v. 3, n. 4, p. 1007-1019, 1967.

TABELA 3.1 Precipitações calculadas para diferentes períodos de retorno

Duração (min)	Precipitação (mm)				
	Tr 2 anos	Tr 5 anos	Tr 10 anos	Tr 25 anos	Tr 100 anos
10	8,4	11,4	13,4	15,9	19,6
20	11,6	15,8	18,5	22,0	27,1
30	9,7	13,1	15,4	18,3	22,5
40	6,7	9,1	10,7	12,7	15,7
50	2,3	3,1	3,7	4,3	5,4
60	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6
Precipitação total acumulada	39,5	53,5	62,8	74,5	91,9

para cada quartil, as curvas de probabilidade de excedência da precipitação sobre uma precipitação adimensional.

Devido ao comportamento estocástico da precipitação, levanta-se a hipótese de que a distribuição temporal típica deve ter dependência com a região e/ou o clima local, gênese do processo ou mesmo sazonalidade. Dessa maneira, realizou-se um estudo para a determinação da distribuição temporal típica da precipitação no Município de São Paulo, que foi dividido em cinco regiões, de acordo com os grandes setores hídricos: Tietê – Norte; Tietê – Leste; Tietê – Centro; Pinheiros; e mananciais e áreas de proteção. Para cada uma das áreas de interesse, foram utilizados os postos telemétricos nos respectivos domínios. A **TABELA 3.2** mostra a

quantidade de postos analisados para cada um dos setores.

A determinação das distribuições foi efetuada em quatro etapas: separação de eventos; classificação de eventos quanto à duração; cálculo das porcentagens de cada passo de tempo; e cálculo das médias de porcentagens para cada passo de tempo. Tratando-se das bacias em estudo, localizadas no setor hídrico Tietê – Norte, foram analisados 1.435 eventos com duração de até 1 hora.

A **FIGURA 3.1** apresenta o hietograma de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos, discriminados em 10 minutos, levando em consideração a distribuição temporal da chuva, descrita anteriormente.

TABELA 3.2 Número de postos telemétricos analisados em cada setor hídrico

Setor	Número de postos	Mapa dos setores
Pinheiros	46	<p>Setor hídrico</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tietê - Norte ■ Tietê - Leste ■ Tietê - Centro ■ Pinheiros ■ Mananciais e áreas de proteção <p> Município de São Paulo Bacia hidrográfica </p>
Tietê - Centro	36	
Tietê - Leste	29	
Tietê - Norte	21	
Mananciais	11	

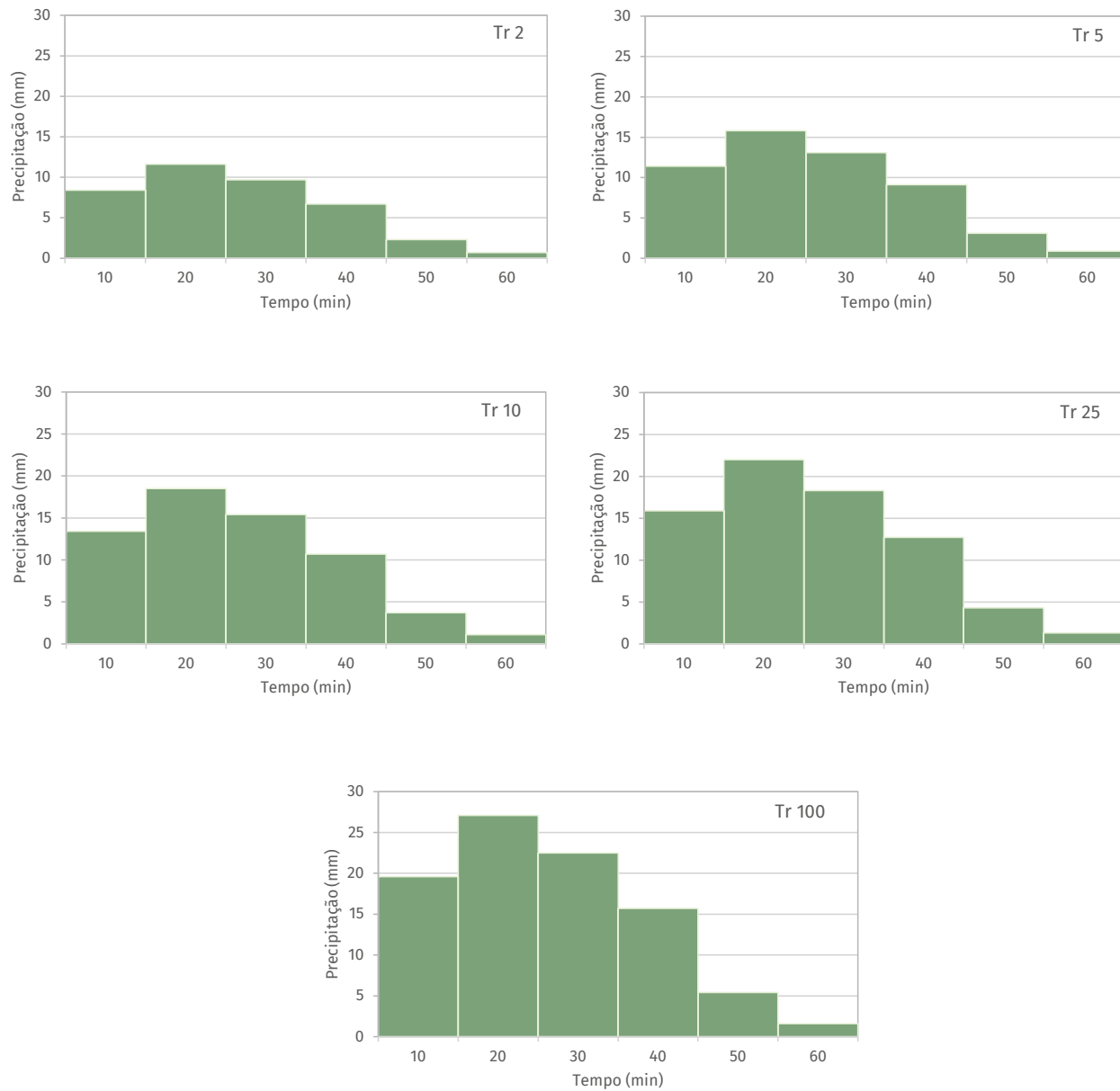


FIGURA 3.1 Hietogramas de projeto para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos

3.2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, as bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha foram divididas em 56 sub-bacias, obedecendo à contribuição dos afluentes principais. A **TABELA 3.3** indica as principais características físicas de cada sub-bacia.

No mapa da **FIGURA 3.2** é apresentada a divisão de sub-bacias empregada no modelo hidrológico-hidráulico adotado.

TABELA 3.3 Principais características físicas das sub-bacias




Sub-bacia	Área (km ²)	Declividade média da sub-bacia (%)	Comprimento do talvegue (m)	Sub-bacia	Área (km ²)	Declividade média da sub-bacia (%)	Comprimento do talvegue (m)
ACD-01	0,1	7,0	498	CAR-10	0,2	21,3	612
ACD-02	0,0	6,2	280	CAR-11	0,3	19,9	830
ACD-03	0,3	10,9	611	CAR-12	0,3	18,2	706
ACD-04	0,1	6,9	787	CAR-13	0,1	13,4	535
ACD-05	0,3	14,6	627	CAR-14	0,7	20,8	1770
ACD-06	0,5	3,9	790	CAR-15	0,3	24,8	1594
ACD-07	0,5	4,1	1052	CAR-16	0,2	13,1	1594
ACD-08	0,7	5,7	815	CAR-17	0,8	14,8	1567
ACD-09	0,4	7,0	687	CAR-18	1,0	8,1	1330
ACD-10	0,8	5,0	990	CAR-19	1,0	6,2	1370
AP-01	0,4	13,5	1541	CRA-01	0,3	19,0	578
AP-02	0,5	13,7	1090	CRA-02	0,1	17,8	465
AP-03	0,6	15,5	1530	CRA-03	0,3	11,0	853
AP-04	0,5	5,3	974	CRA-04	0,1	8,0	305
AP-05	0,4	5,2	980	OP-01	0,1	12,6	500
BLE-01	0,2	31,8	547	OP-02	0,1	7,4	440
BLE-02	0,3	25,4	869	OP-03	0,1	9,0	560
BLE-03	0,2	24,0	790	TEN-01	0,3	21,6	762
BLE-04	0,3	11,3	910	TEN-02	0,1	11,5	430
CAR-01	0,4	21,6	1020	TEN-03	0,3	18,5	860
CAR-02	0,5	22,3	1073	TEN-04	0,4	19,3	974
CAR-03	0,3	22,2	753	TEN-05	0,2	7,3	744
CAR-04	0,2	22,1	943	TEN-06	0,2	4,7	879
CAR-05	0,3	20,1	830	TEN-07	0,8	8,8	1990
CAR-06	0,2	15,7	550	TEN-08	0,1	9,0	250
CAR-07	0,4	18,5	918	TEN-09	0,2	8,4	721
CAR-08	0,2	21,8	565	TEN-10	0,1	5,4	456
CAR-09	0,1	20,7	525	TEN-11	0,2	5,8	740

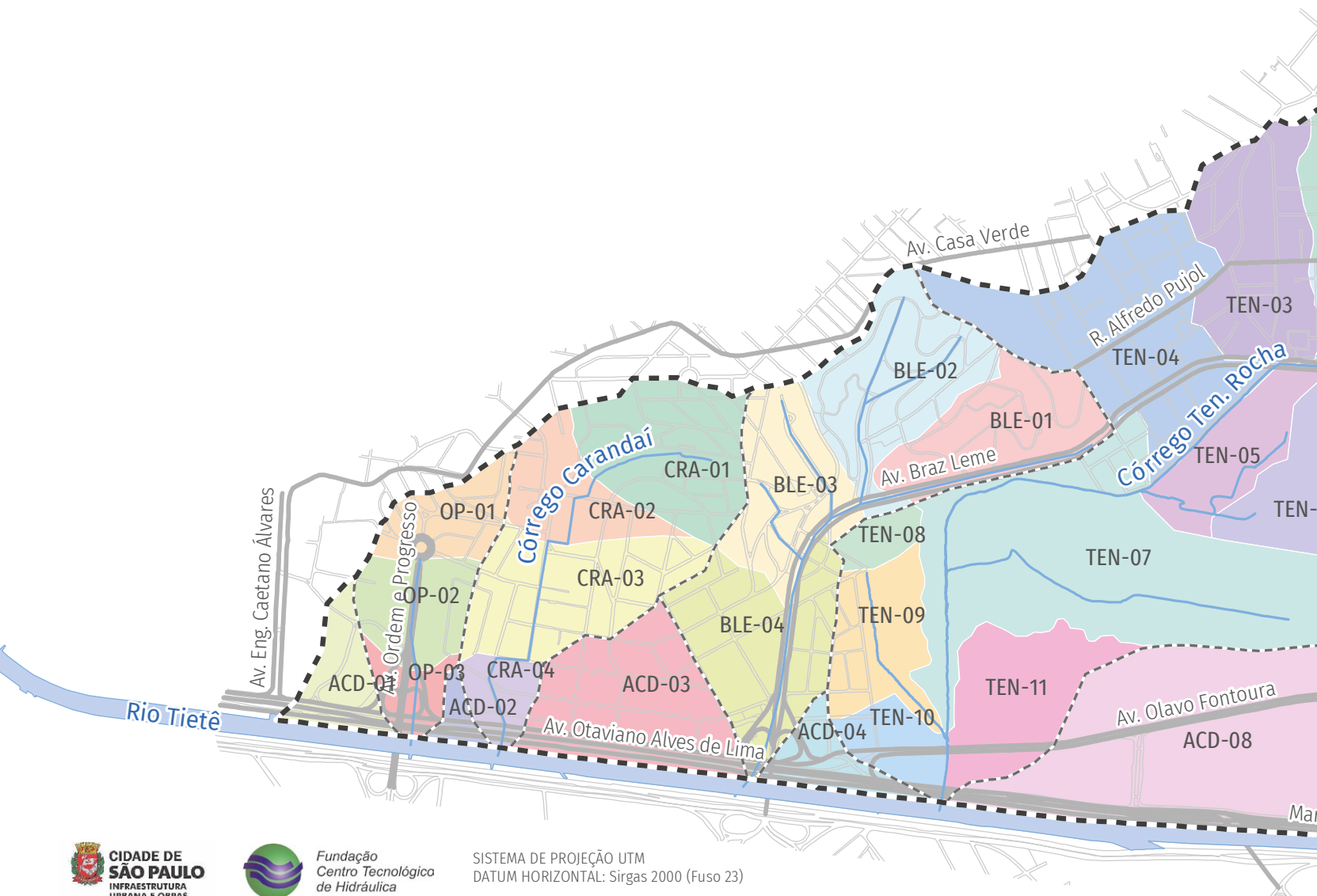


Foto aérea da região de cabeceira do córrego Carandá nas imediações da R. Angélico Bessone (foto: FCTH)

FIGURA 3.2 Divisão em sub-bacias da área de drenagem dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê para fins de modelação matemática

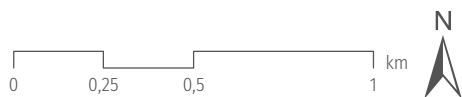
Convenção

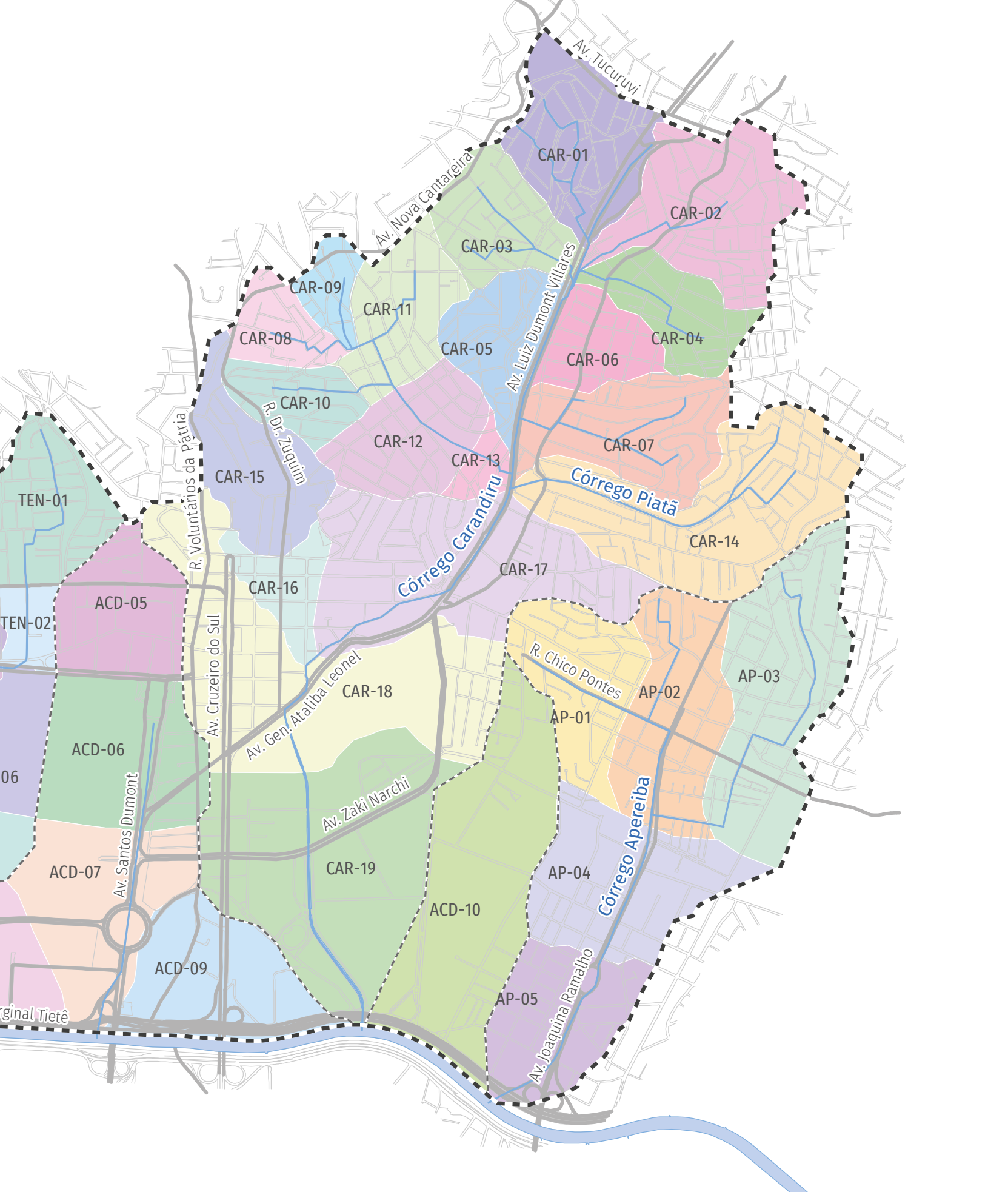
-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





3.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DAS BACIAS

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo¹³. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado nas bacias.

Para essa avaliação, foram selecionadas quadras com tipologias de uso do solo homogêneas e analisadas todas as tipologias de solo presentes nas bacias em estudo. A imagem aérea de cada quadra foi segmentada em três classes: os espaços abertos, que compreendem as áreas livres e as áreas verdes das bacias; as áreas edificadas, que incluem as edificações e as áreas pavimentadas; e uma categoria denominada “outros”, que engloba as áreas restantes, normalmente localizadas nas bordas de edificações e terrenos. Para cada uma das classes, foram adotados valores médios de impermeabilidade, conforme apresentado na **TABELA 3.4**.

A impermeabilização resultante para cada tipologia de uso do solo nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, por sua vez, é apresentada na **TABELA 3.5**.

TABELA 3.4 Valor médio de impermeabilidade adotado na segmentação das imagens

Classe	% Impermeável adotada
Espaços abertos	15
Áreas edificadas	95
Outros	80

TABELA 3.5 Impermeabilização resultante por tipologia de uso do solo

Uso do solo	% Impermeável
Pavimento	94,8
Comércio e serviços	94,5
Residencial horizontal baixo padrão	94,1
Residencial horizontal médio alto padrão	93,2
Residencial, comércio e serviços	93,1
Residencial vertical baixo padrão	92,5
Comércio, serviços, indústria e armazém	92,2
Residencial, indústria e armazém	90,9
Indústria e armazém	90,0
Residencial vertical médio alto padrão	87,2
Equipamento urbano	76,1
Espaços abertos	30,6

Assim, os valores de impermeabilização atual das bacias dos córregos Carandiru e

¹³. Como base dessa análise, foram utilizadas as ortofotos de alta resolução do Mapa Digital da Cidade (2017).

Tenente Rocha foram obtidos considerando as tipologias de uso do solo e as respectivas porcentagens de área impermeável. A **FIGURA 3.3** ilustra a impermeabilização atual das bacias.

A metodologia adotada para a estimativa da impermeabilização máxima permitida para as bacias partiu dos 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 valores da taxa de permeabilidade para cada perímetro de qualificação ambiental foram apresentados na **TABELA 2.3**. Assim, respeitando os valores exigidos, a taxa de impermeabilização máxima foi obtida através da normalização com a taxa de permeabilidade.

O resultado desse estudo gerou o mapa de impermeabilização máxima permitida, apresentado na **FIGURA 3.4**.

A **TABELA 3.6** indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia dos córregos Candiru e Tenente Rocha, para a condição atual e a máxima permitida por lei.

No total das 56 sub-bacias, 47 delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior que a máxima permitida, quatro estão com indicativo de valor de impermeabilidade muito inferior e outras três têm impermeabilidades muito próximas do valor máximo permitido por lei.

Quando analisado o valor médio de área impermeável existente, observa-se que a variação possível entre os valores atuais e permitidos é significativa. A impermeabilização atual é de 84,7%, e a permitida, de 80,5%. Analisando esse resultado hidrologicamente, tem-se que os valores estimados podem produzir alterações pouco significativas nos hidrogramas.

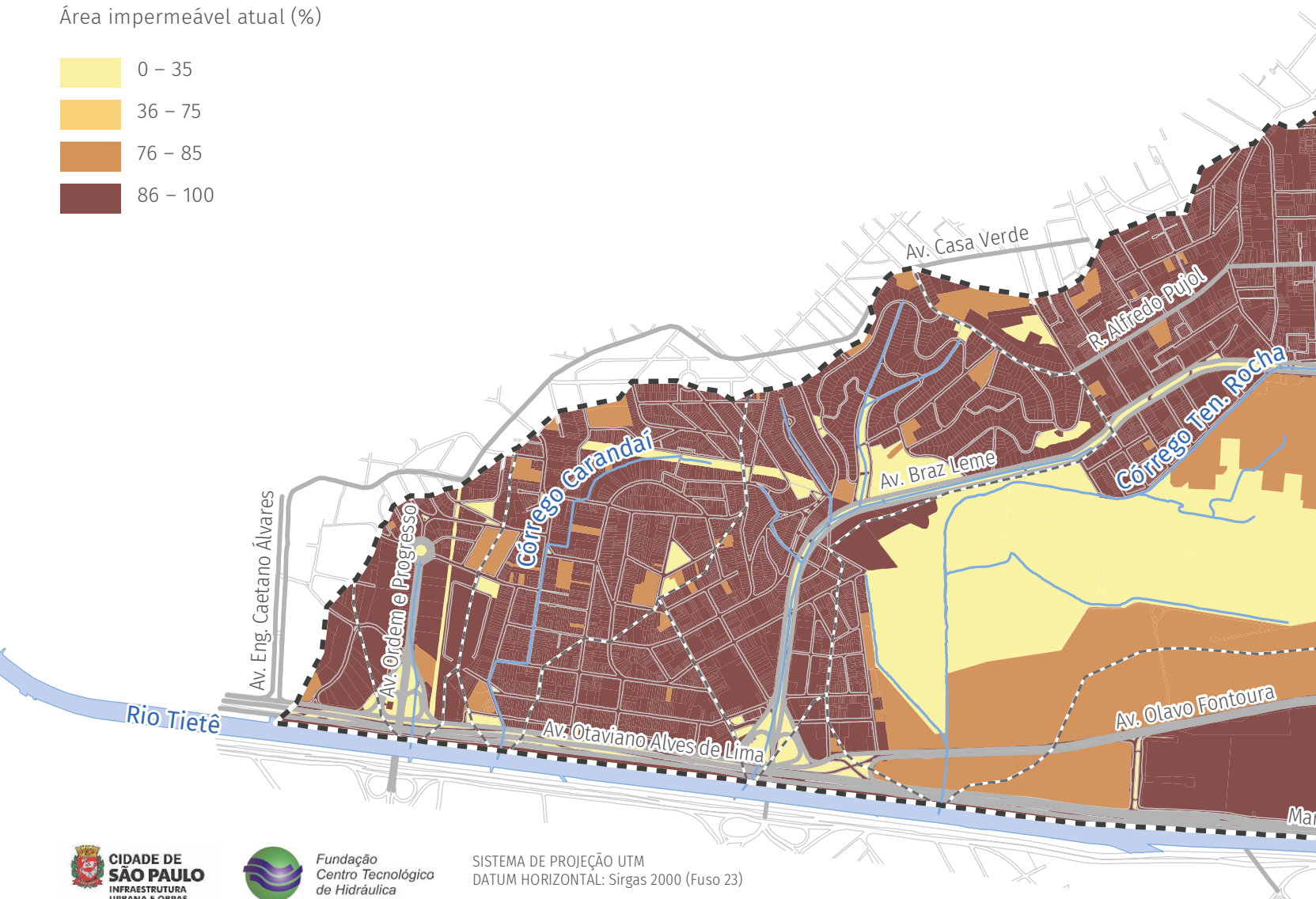
FIGURA 3.3 Impermeabilização atual das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

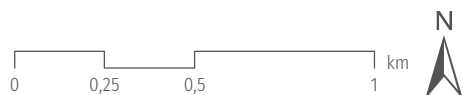
Área impermeável atual (%)

- 0 – 35
- 36 – 75
- 76 – 85
- 86 – 100



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024) e
Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zaquim

Av. Luz Dumont Villares

Córrego Carandiru

Córrego Piata

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Santos Dumont

Av. Zaki Narchi




Córrego Apereiba

Av. Joaquina Ramalho





Original Tietê

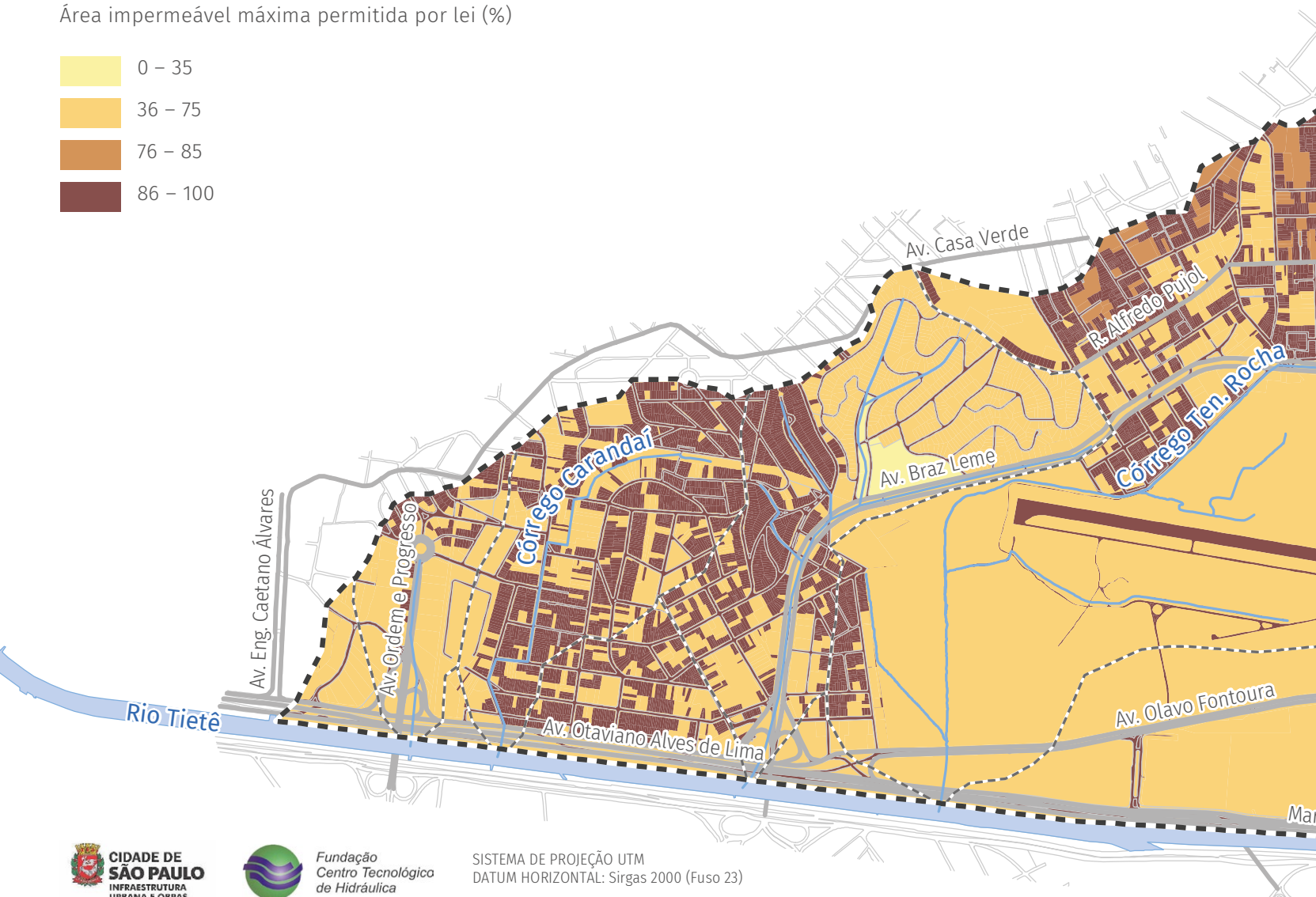
FIGURA 3.4 Impermeabilização máxima permitida das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

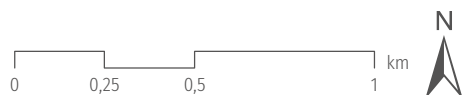
Área impermeável máxima permitida por lei (%)

-  0 – 35
-  36 – 75
-  76 – 85
-  86 – 100



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zuquim

Av. Luiz Dumont Villares

Córrego Carandiru

Córrego Piata

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

Av. Santos Dumont

Av. Zaki Nardchi

Córrego Apereiba

Av. Joaquina Ramalho

Original Tietê

TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei

Sub-bacia	Área impermeável (%)		Sub-bacia	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida		Atual	Máxima permitida
ACD-01	88,5	79,4	CAR-10	92,1	85,3
ACD-02	85,3	79,5	CAR-11	88,9	81,1
ACD-03	90,4	83,4	CAR-12	88,4	72,5
ACD-04	82,7	83,8	CAR-13	78,0	61,6
ACD-05	91,4	82,2	CAR-14	91,0	85,6
ACD-06	71,5	79,5	CAR-15	86,7	82,3
ACD-07	73,8	79,1	CAR-16	91,3	83,9
ACD-08	86,8	77,8	CAR-17	90,3	83,1
ACD-09	87,1	79,7	CAR-18	81,3	71,9
ACD-10	90,2	78,4	CAR-19	84,9	74,8
AP-01	91,3	82,9	CRA-01	88,7	84,0
AP-02	91,6	83,5	CRA-02	90,7	81,3
AP-03	91,2	83,9	CRA-03	89,0	82,9
AP-04	90,8	80,5	CRA-04	86,4	83,1
AP-05	89,9	81,3	OP-01	86,2	82,3
BLE-01	80,9	64,7	OP-02	87,3	78,6
BLE-02	87,6	71,5	OP-03	74,1	81,8
BLE-03	88,5	85,8	TEN-01	91,7	85,3
BLE-04	89,0	83,0	TEN-02	87,5	81,1
CAR-01	89,5	85,6	TEN-03	90,9	82,7
CAR-02	92,3	85,8	TEN-04	88,3	82,7
CAR-03	90,1	85,2	TEN-05	58,6	76,1
CAR-04	92,4	85,8	TEN-06	57,7	77,1
CAR-05	88,7	81,7	TEN-07	42,5	78,3
CAR-06	90,0	85,6	TEN-08	78,4	77,3

TABELA 3.6 Área impermeável atual e máxima permitida por lei					
Sub-bacia	Área impermeável (%)		Sub-bacia	Área impermeável (%)	
	Atual	Máxima permitida		Atual	Máxima permitida
CAR-07	92,3	85,7	TEN-09	58,8	79,0
CAR-08	91,9	85,2	TEN-10	82,2	79,0
CAR-09	91,5	85,3	TEN-11	70,0	76,0
Média				84,7	80,5

Mapeamento de áreas críticas

Como metodologia para auxiliar a tomada de decisão quanto às ações prioritárias no controle de cheias no Município de São Paulo, foi produzido o mapa de áreas críticas. Esse mapa considera as áreas inundáveis associadas ao risco hidrológico, ao risco de inundação, ao sistema viário estrutural e aos equipamentos urbanos localizados em áreas inundáveis.

4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

Foi realizado o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações a partir da modelagem matemática hidráulica e hidrológica para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 100 anos.

As bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha são altamente suscetíveis às variações de nível do Rio Tietê, principalmente em razão da extensa área de planície aluvial, que cobre mais da metade da área de drenagem e apresenta praticamente a mesma cota em toda a sua extensão; e, também, da altura baixa do desemboque das galerias de

macro drenagem no Rio Tietê, implicando em seu funcionamento com seção parcial ou totalmente ocupada pelo remanso em alguns eventos.

O pré-dimensionamento de medidas de controle de inundações na região próxima às fozes dos córregos, a fim de proteger a área de inundações mais frequentes, pressupõe a adoção de um nível d'água crítico nas fozes, uma vez que esse nível é a variável determinante para a extensão da área a ser protegida e, conseqüentemente, dos volumes a serem reservados.

Para a determinação do nível a ser adotado, cabe a análise dos estudos do PDMAT, do monitoramento pela rede telemétrica e dos resultados obtidos da modelagem hidrológica e hidráulica das bacias. Foram avaliados cenários com níveis registrados no Posto Rio Tietê – Ponte do Limão, da rede telemétrica do SAISP, localizado entre as fozes dos córregos Tenente Rocha e Ordem e Progresso.

Conforme apresentado no PDMAT 3, para o cenário atual, o nível do Rio Tietê atingiria a cota de 723,1 m no Posto Rio Tietê – Ponte do Limão para uma chuva de Tr 100 anos. A condição mais crítica de nível d'água do

mesmo rio registrada historicamente é de 723,5 m, com uma única ocorrência em todo o período de monitoramento, em 1996.

Entretanto, é importante ressaltar que, em 2006, foram concluídas as obras de ampliação da calha do Rio Tietê, com o objetivo de aumentar sua capacidade de escoamento, reduzir a ocorrência de inundações e tornar possível a limpeza e o desassoreamento da calha pelo próprio rio, sem usar a malha viária¹⁴. Desde então, essa cota nunca foi atingida novamente. Por essa razão, esse registro não é utilizado nesta análise.

Ainda segundo o PDMAT 3, construídas as primeiras etapas de obras de algumas das alternativas propostas no referido documento, o Rio Tietê atingiria a cota de 721,9 m no Posto Rio Tietê – Ponte do Limão para uma chuva de Tr 100 anos.

A cota de extravasamento do Rio Tietê no local de monitoramento, de 722 m, foi superada uma única vez desde a conclusão das obras na calha do rio. Nas simulações do modelo hidráulico, níveis d'água inferiores à cota de extravasamento (721,5 m) já foram suficientes para atingir áreas de montante nas bacias dos córregos Apereiba e Ordem e Progresso e outras áreas das bacias dos

14. São Paulo (Estado). Governo do Estado inaugura a nova calha do rio Tietê. **Portal do Governo**, 19 mar. 2006. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/governo-do-estado-inaugura-a-nova-calha-do-rio-tiete>. Acesso em: 12 out. 2024.

córregos Carandiru e Tenente Rocha. Esses mesmos níveis d'água foram responsáveis por uma série de eventos de inundação na área do Campo de Marte.

Frente a essas informações, foi selecionado o evento do histórico que mais se aproxima da condição do Rio Tietê a 721,5 m. Além disso, foi aplicada a variação de nível ao longo do rio em toda a extensão do limite de jusante da Área de Contribuição Direta, obtida a partir da linha-d'água estimada entre os postos Rio Tietê – Ponte da Dutra (P232), Rio Tietê – Anhembi (P1000865) e Rio Tietê – Ponte do Limão (P6).

Os mapas de áreas inundáveis obtidos nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente

Rocha são apresentados na **FIGURA 4.1** e na **FIGURA 4.2**. O primeiro traz as áreas inundáveis para o nível normal do rio Tietê (714,3 m), e o segundo, para o nível crítico (721,5 m).

A regulamentação do uso das áreas inundáveis, conforme já apontado no Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo, componente do Plano Diretor de Drenagem (PDD), pode ocorrer a partir do zoneamento dos fundos de vale, de acordo com o risco hidrológico. Esse zoneamento permite o estabelecimento de regras para o uso e a ocupação das áreas em conformidade com o risco de inundação.

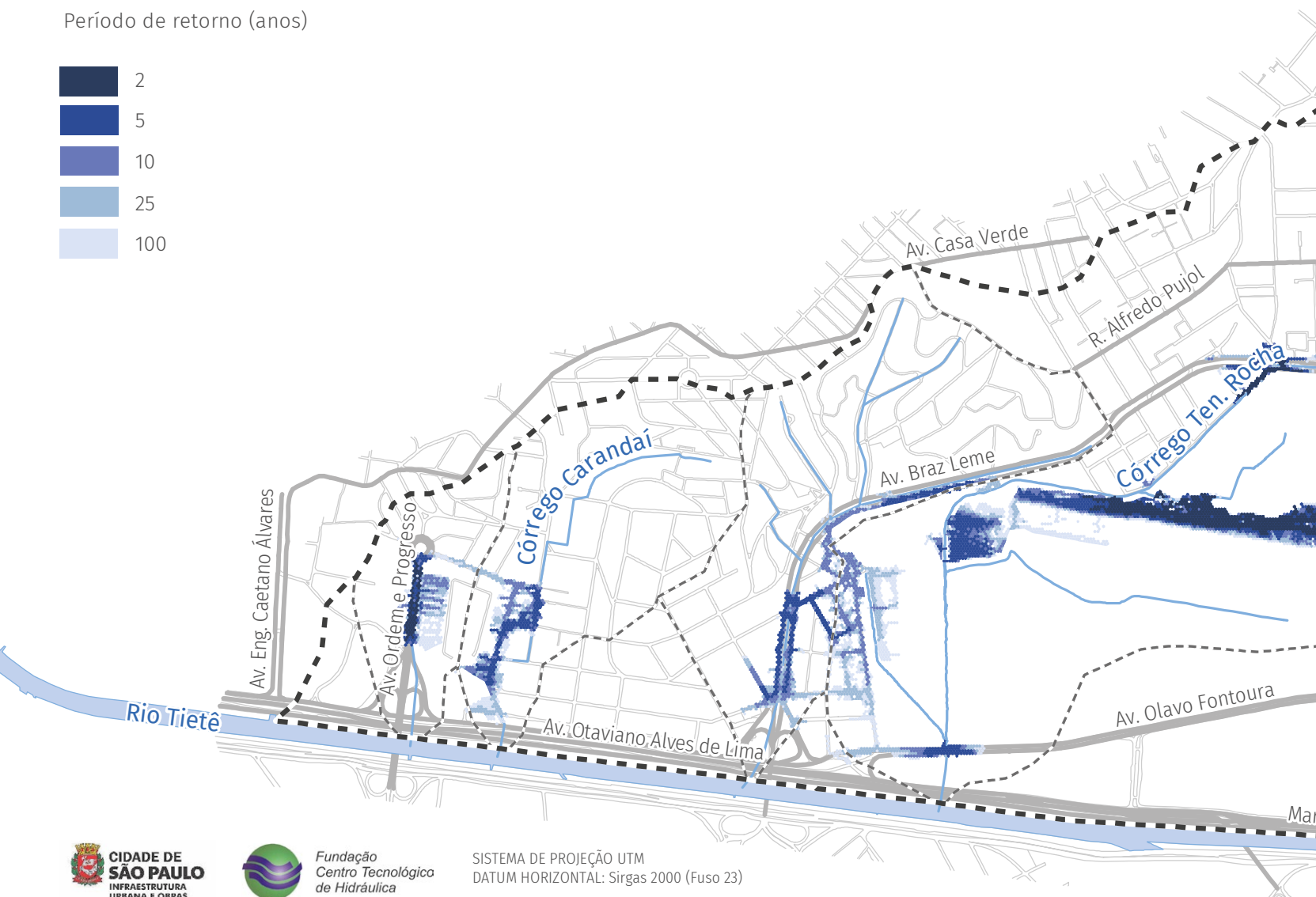
FIGURA 4.1 Mapeamento das áreas inundáveis nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê em nível normal

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

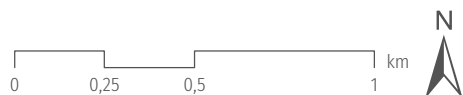
Período de retorno (anos)

- 2
- 5
- 10
- 25
- 100



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



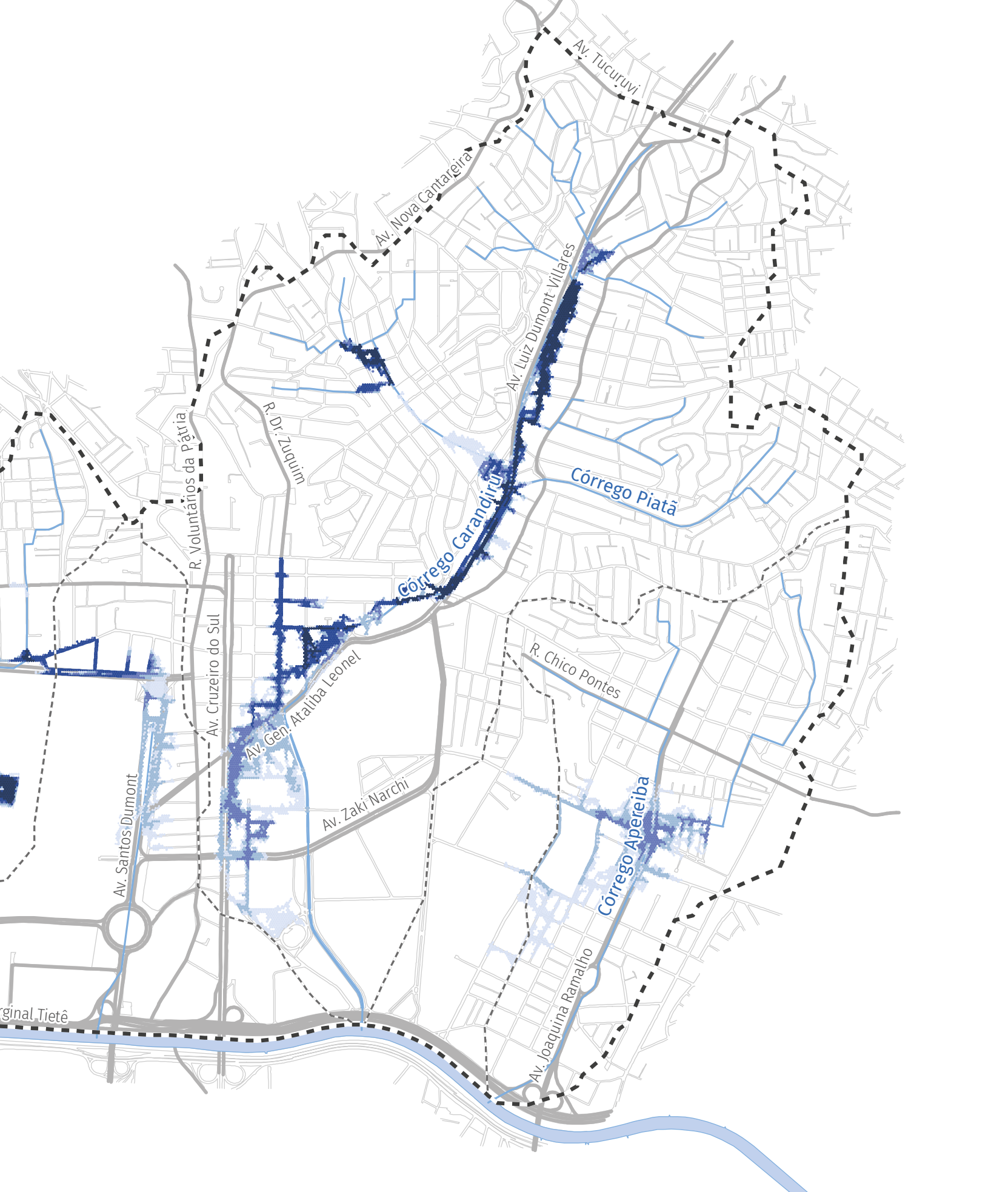


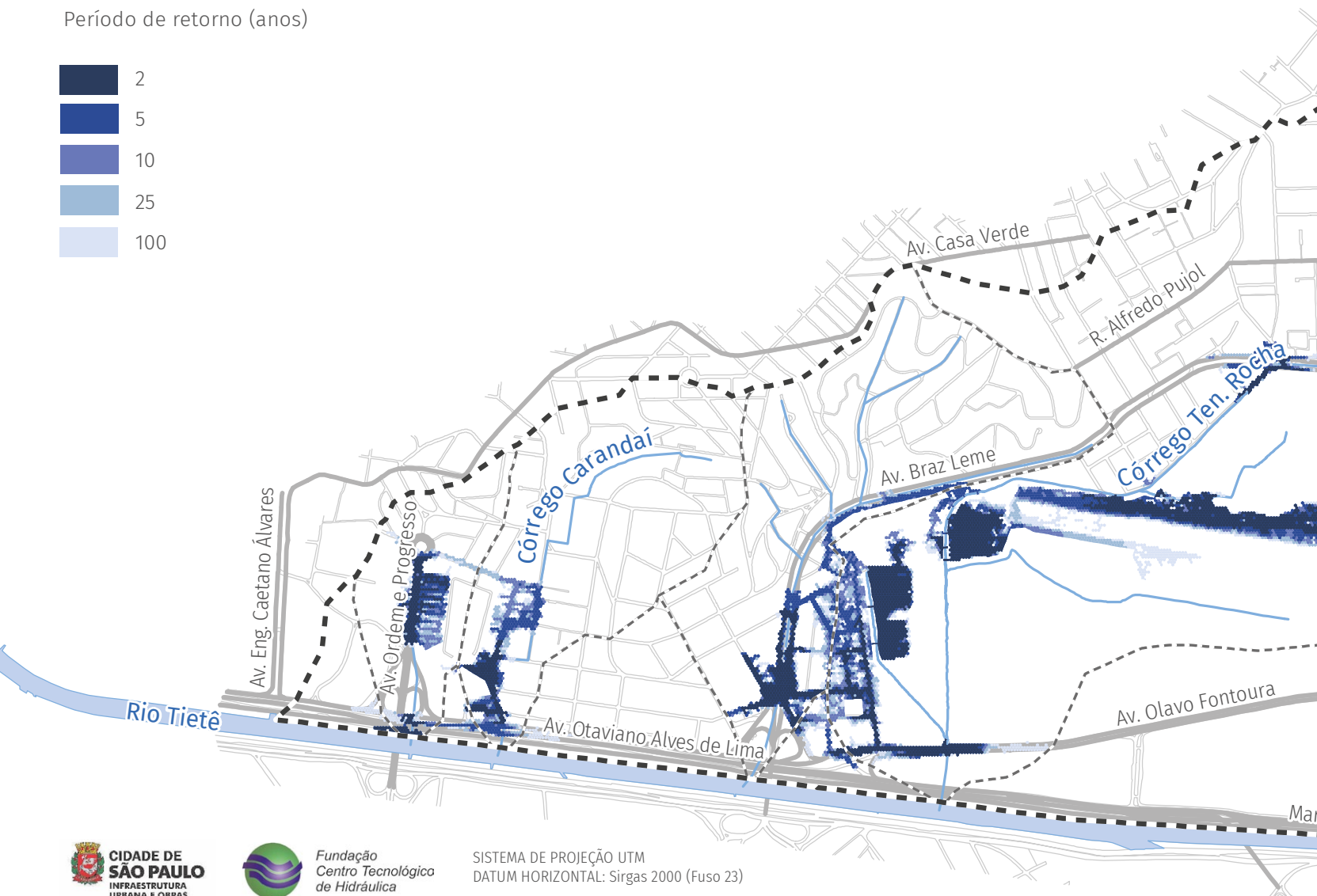
FIGURA 4.2 Mapeamento das áreas inundáveis nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê em nível máximo

Convenção

- Área de drenagem
- Rede de drenagem
- Quadra viária

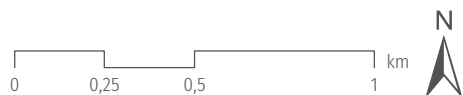
Período de retorno (anos)

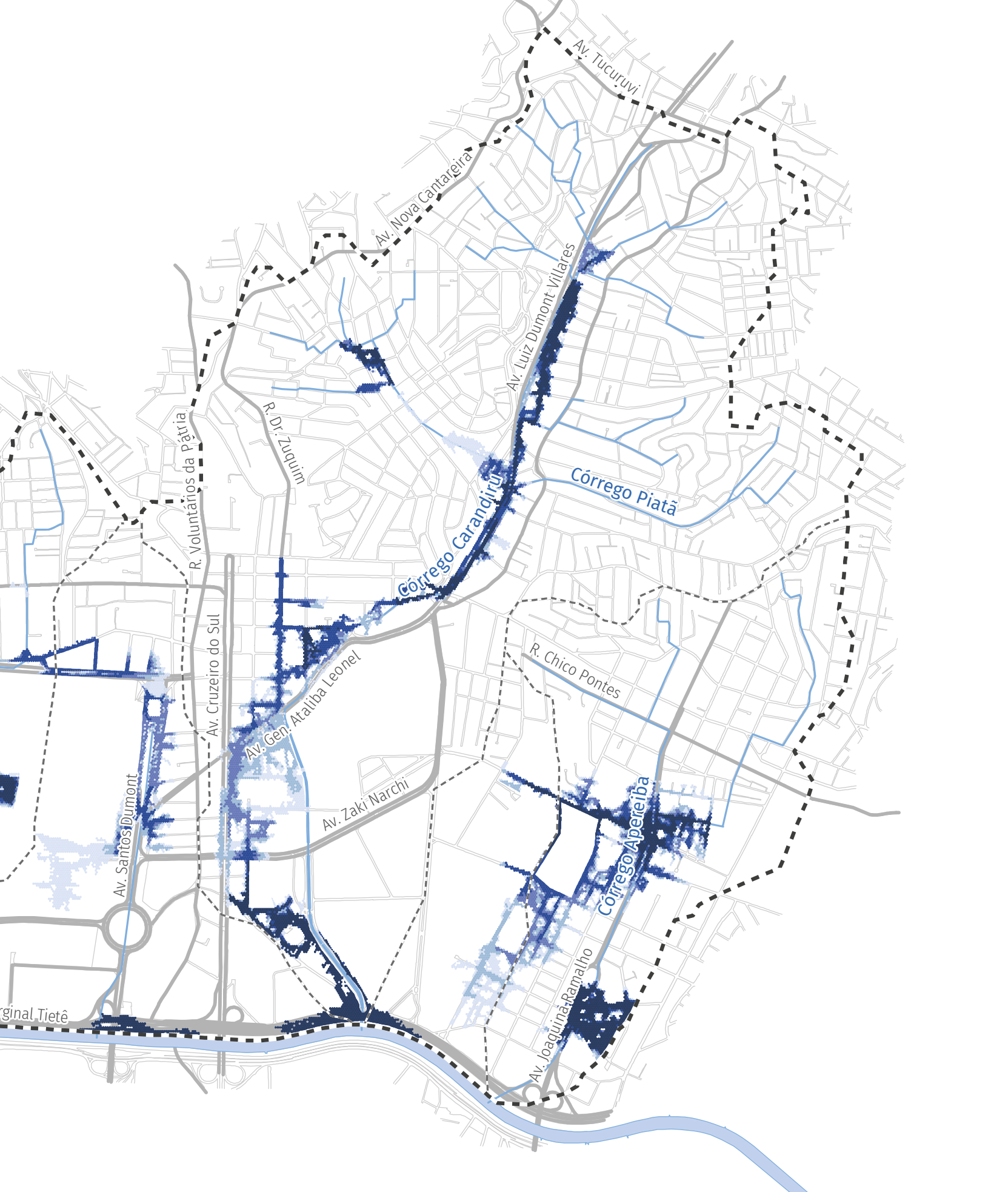
- 2
- 5
- 10
- 25
- 100



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





4.2 ÁREAS CRÍTICAS

O mapa de áreas críticas foi elaborado a partir da sobreposição das áreas sensíveis das bacias próximas aos córregos. Dentre essas áreas, foram considerados os equipamentos urbanos vulneráveis, cortiços e favelas, o sistema viário estrutural e as áreas de risco de inundação.

Em equipamentos urbanos vulneráveis, classificam-se as áreas destinadas às instituições de ensino, tais como escolas, creches e faculdades, e às instituições de serviços de saúde. Essas áreas foram incluídas nas análises por retratarem locais com alta vulnerabilidade em função da grande concentração de pessoas.

A metodologia para definição do risco de inundação é descrita a seguir.

4.2.1 RISCO DE INUNDAÇÃO

O conceito de risco é variável em função do contexto em que ele é aplicado, porém, está associado às perdas, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Podemos definir o risco como a probabilidade de ocorrer

danos ou perdas (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos (UNDP, 2004¹⁵).

A partir desse conceito, foi realizada a estimativa do risco de inundação considerando a combinação de três componentes: a probabilidade de ocorrência de dano, o elemento do risco e a vulnerabilidade (Equação 2).

$$R = H \times P \times V$$

Onde: R é o risco de inundação; H é a probabilidade da ocorrência do evento hidrológico; P indica a componente da população exposta ao risco; e V , a vulnerabilidade.

O produto $H \times P$ indica o perigo de dano causado pelo evento hidrológico. Neste estudo, foram considerados os seguintes valores de H : Tr 2 = 0,5; Tr 5 = 0,2; Tr 10 = 0,1; Tr 25 = 0,04 e Tr 100 = 0,01.

Para a componente populacional P , foi atribuído o valor da densidade populacional, em habitante por quilômetro quadrado, pertencente ao setor censitário e correspondente às áreas contidas nas manchas

15. UNDP (United Nations Development Program). **Reducing disaster risk: a challenge for development**. Nova York: UNDP, 2004.

de inundação geradas em cada período de retorno.

Por fim, a componente de vulnerabilidade *V* foi considerada em função do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS).

Os resultados obtidos pelo cruzamento das três componentes de risco de inundação estão apresentados na **TABELA 4.1**. Os valores encontrados para o risco foram

divididos em quatro classes, conforme pode ser observado na tabela em questão.

A **FIGURA 4.3** apresenta o infográfico com os dados utilizados na estimativa das áreas de risco de inundação.

Em seguida, a **FIGURA 4.4** indica o infográfico com os dados utilizados para a obtenção do mapa de áreas críticas, e o mapa de áreas críticas resultante dessa análise é apresentado na **FIGURA 4.5**.

TABELA 4.1 Grau de risco de inundação		
Grau de risco	Escala*	% da área de risco
Baixo	0 – 0,002	50
Médio	0,002 – 0,01	22
Alto	0,01 – 0,04	25
Muito Alto	0,04 – 1	3

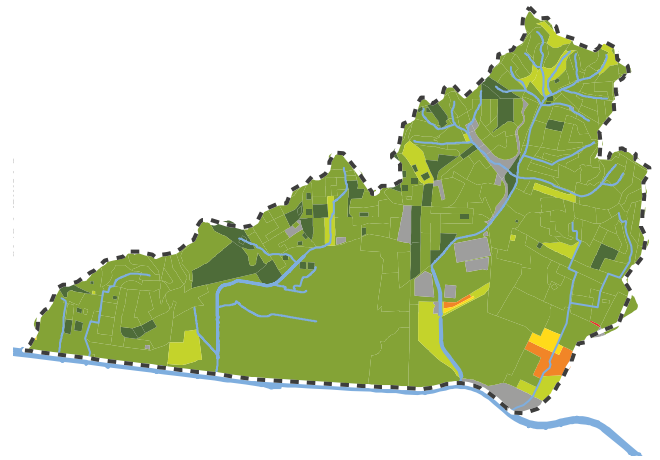
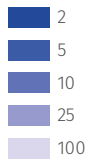
* Essa escala foi adotada em função da análise para o Município de São Paulo.

FIGURA 4.3 Dados utilizados na obtenção do risco de inundação

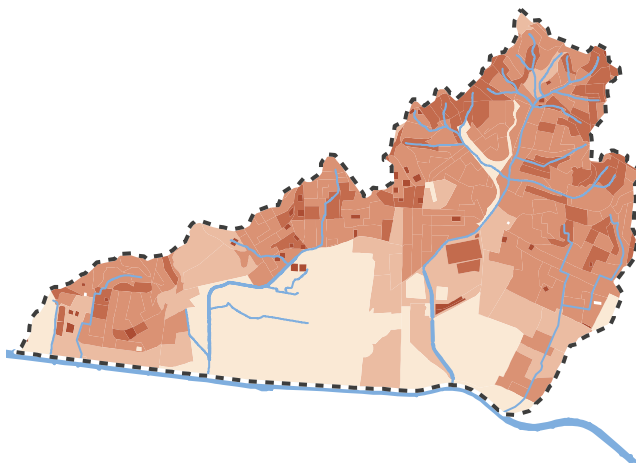
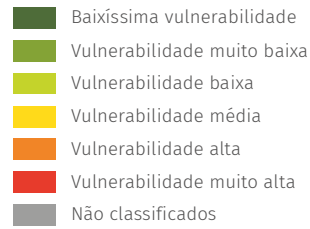
Convenção
- - - Área de drenagem
— Rede de drenagem
□ Quadra viária



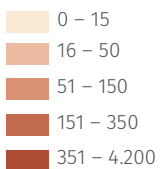
Período de retorno (anos)



Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS)



Densidade demográfica (hab/ha)



Nº de habitantes: 194 mil (IBGE, 2022)

Período de retorno

+

Vulnerabilidade social

+

Densidade demográfica



Risco de inundação

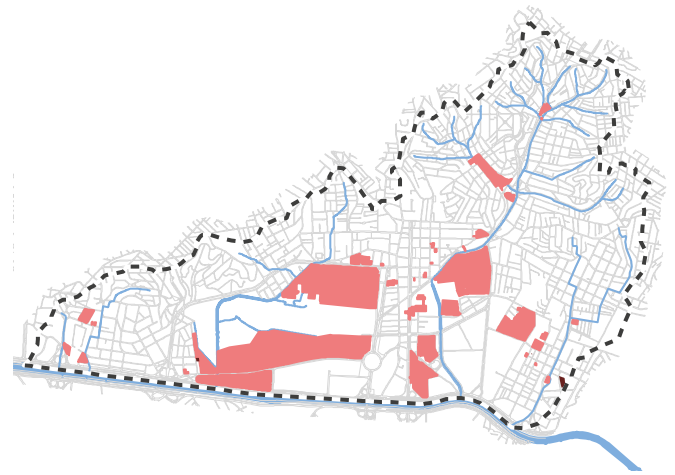
FIGURA 4.4 Dados utilizados na obtenção das áreas críticas

Convenção
- - - Área de drenagem
— Rede de drenagem
□ Quadra viária

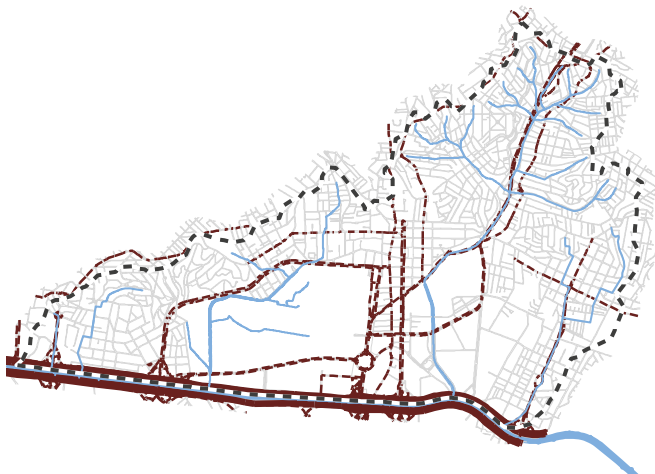


Risco de inundação

■ Baixo
■ Médio
■ Alto
■ Muito alto



■ Equipamento urbano vulnerável
■ Favela



Sistema viário

— VRT – Via de Trânsito Rápido e rodovia
- - - Via arterial

Risco de inundação

+

Equipamento urbano vulnerável
e favela

+




Sistema viário estrutural

▼





Áreas críticas

FIGURA 4.5 Mapa de áreas críticas nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê





Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Área críticas
Risco de inundação (classificação)

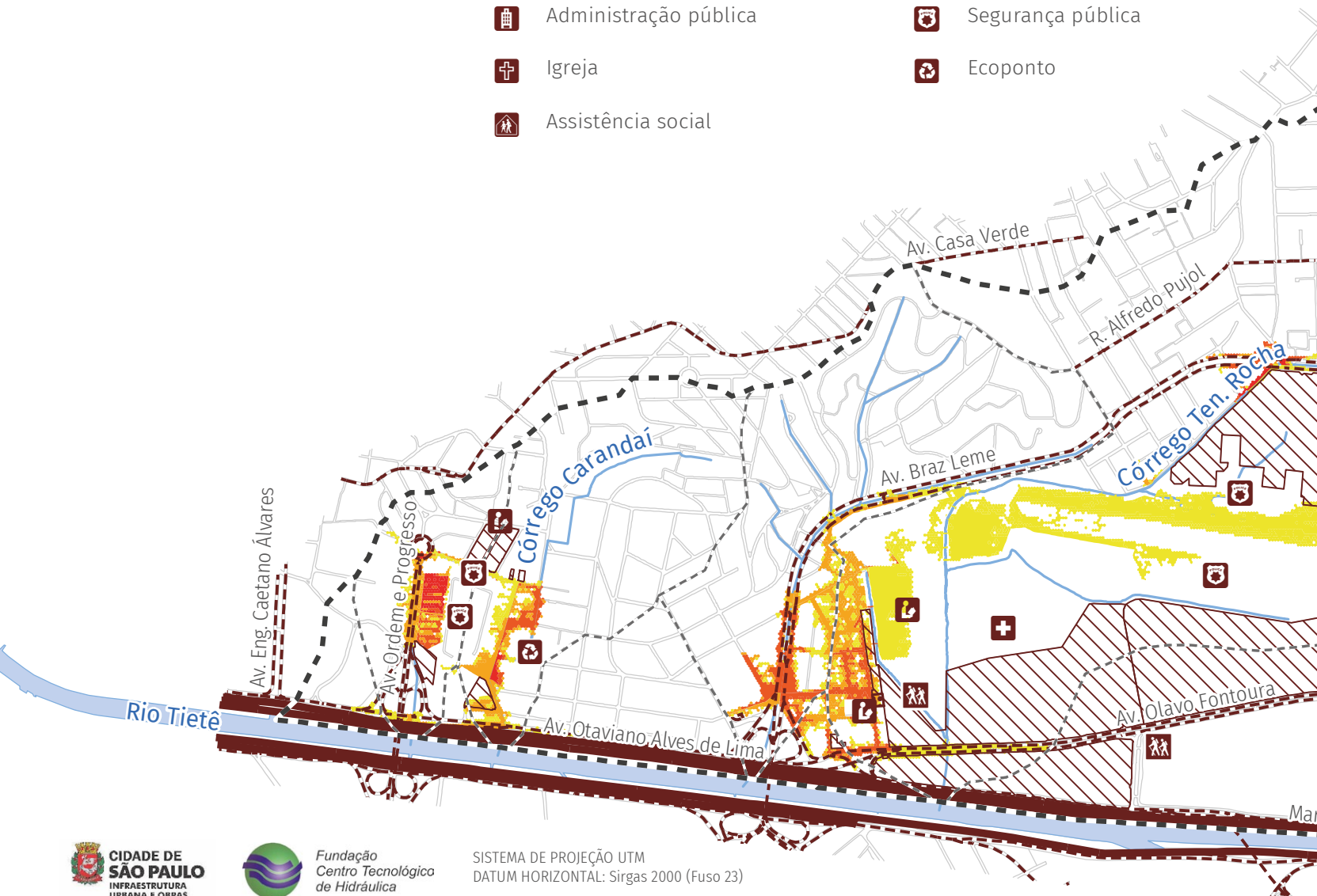
-  Baixo
-  Médio
-  Alto
-  Muito alto

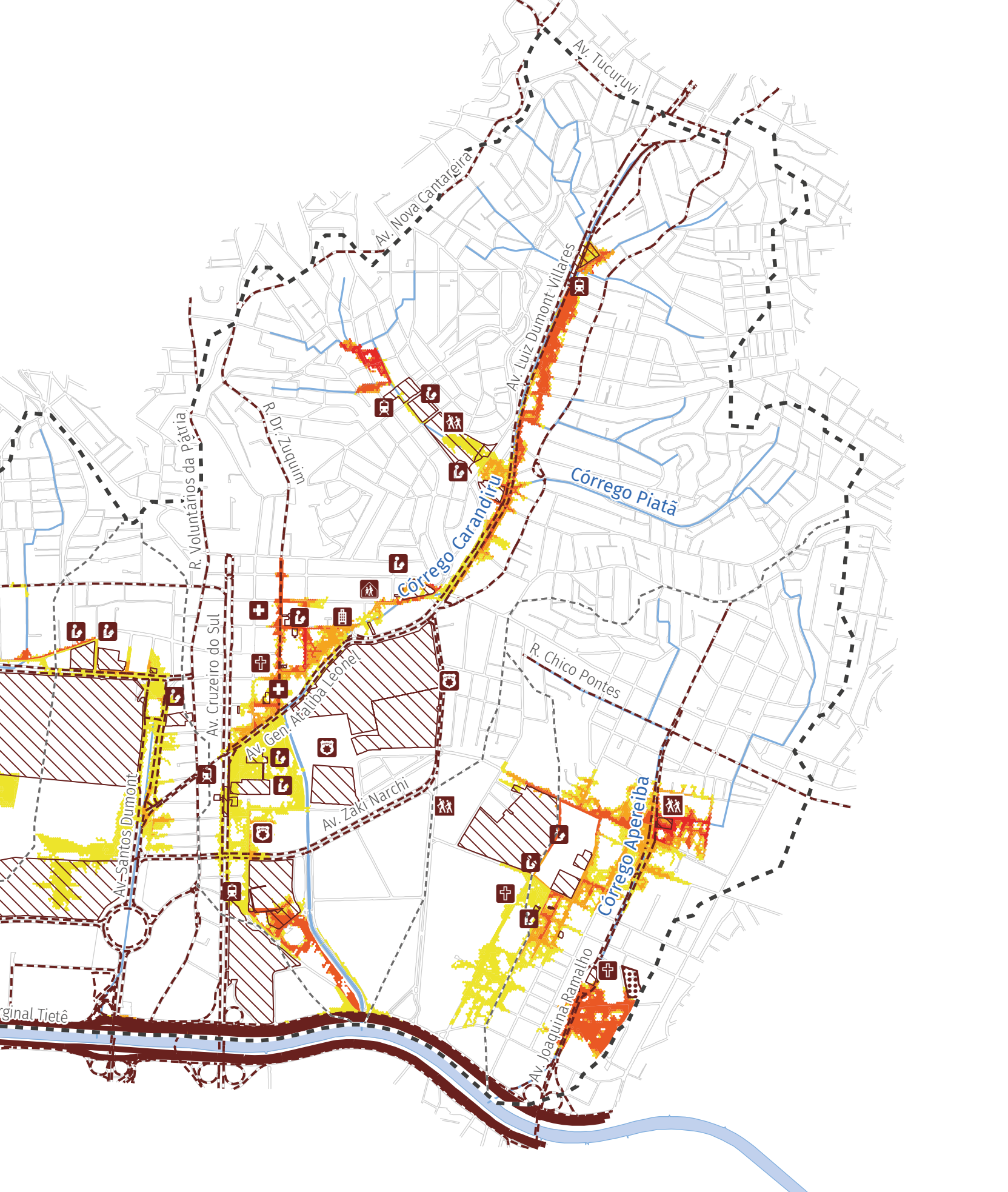
Sistema viário

-  VRT – Via de Trânsito Rápido e rodovia
-  Via arterial
-  Equipamento urbano
-  Favela

Equipamentos urbanos vulneráveis

-  Centro cultural, esportivo ou de lazer
-  Estação metroviária/ferroviária/rodoviária
-  Administração pública
-  Igreja
-  Assistência social
-  Serviço de saúde
-  Unidade de ensino
-  Segurança pública
-  Ecoponto





Estudos e projetos existentes para as bacias




O sistema de macrodrenagem nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha vem sendo desenvolvido, ao longo dos anos, pelo interesse em reduzir os impactos das inundações nos fundos de vale, nos lotes vizinhos aos córregos, nos locais de maior relevância, nos espaços urbanos bastante frequentados pela população e nas vias de tráfego intenso, essenciais para o transporte e o deslocamento de veículos e pessoas.

Os projetos para o controle de cheias nessas bacias têm como principal objetivo a proteção da Avenida Luiz Dumont Villares, próximo à estação Parada Inglesa do Metrô; da Rua Doutor Zuquim; da Avenida Ordem e Progresso, por sob a qual escoa o córrego Ordem e Progresso; e da Rua Heliadora, na qual escoa uma rede afluente do córrego Tenente Rocha.




Destacam-se, assim: o reforço da drenagem a montante da estação Parada Inglesa do Metrô, na Rua Professor Marcondes Domingues (KF2 Engenharia e Consultoria, 2023); a ampliação de galeria na Rua Doutor Zuquim (Proeng, 1995); o reforço de galeria no córrego Ordem e Progresso (Consórcio Mobilidade-SP, 2016); e o reforço da drenagem no trecho das ruas Alfredo Pujol e Heliadora (KF2 Engenharia e Consultoria, 2023).

FIGURA 5.1 Estudos e projetos existentes para as bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha

Convenção

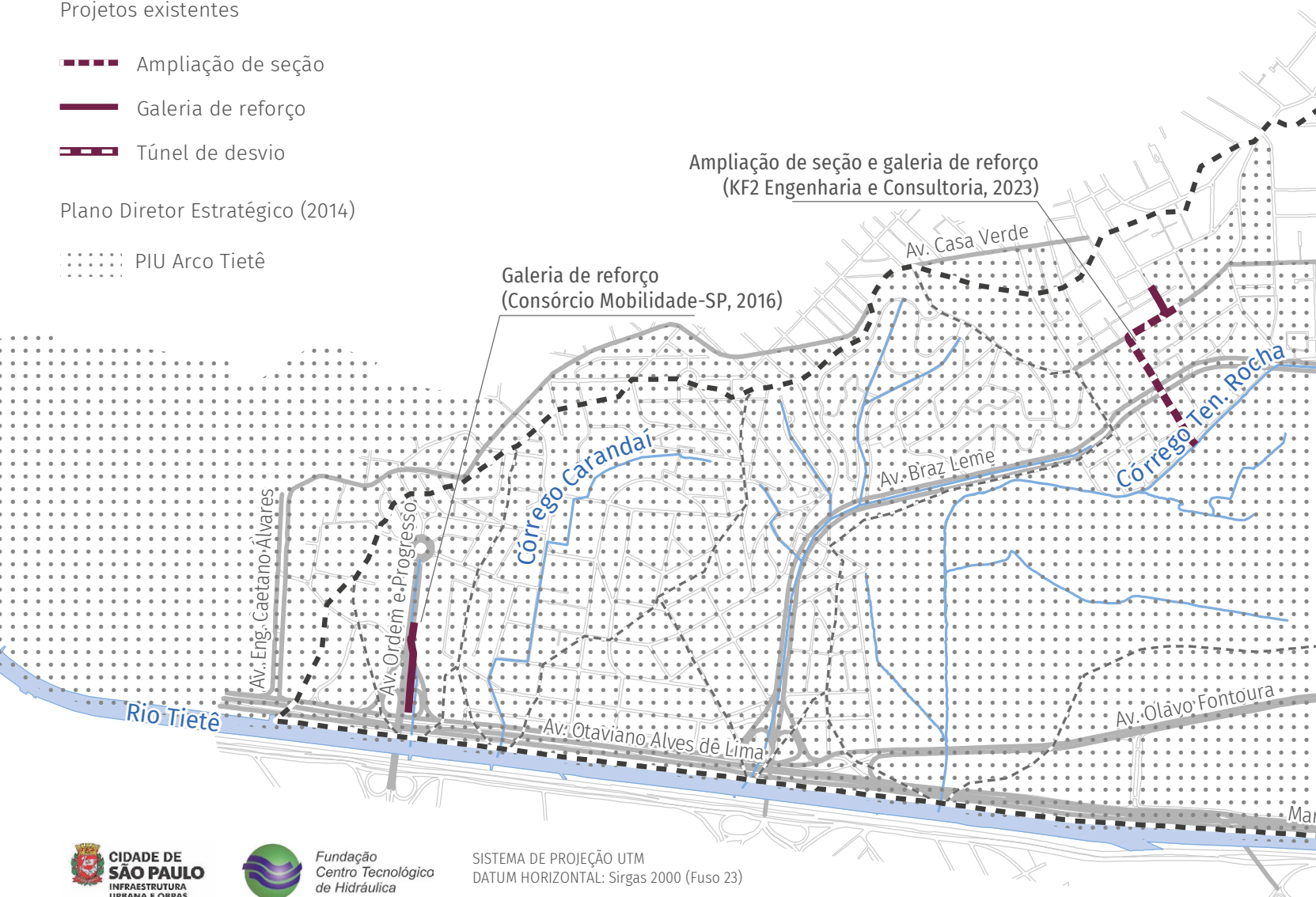
-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

Projetos existentes

-  Ampliação de seção
-  Galeria de reforço
-  Túnel de desvio

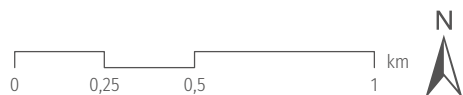
Plano Diretor Estratégico (2014)

-  PIU Arco Tietê



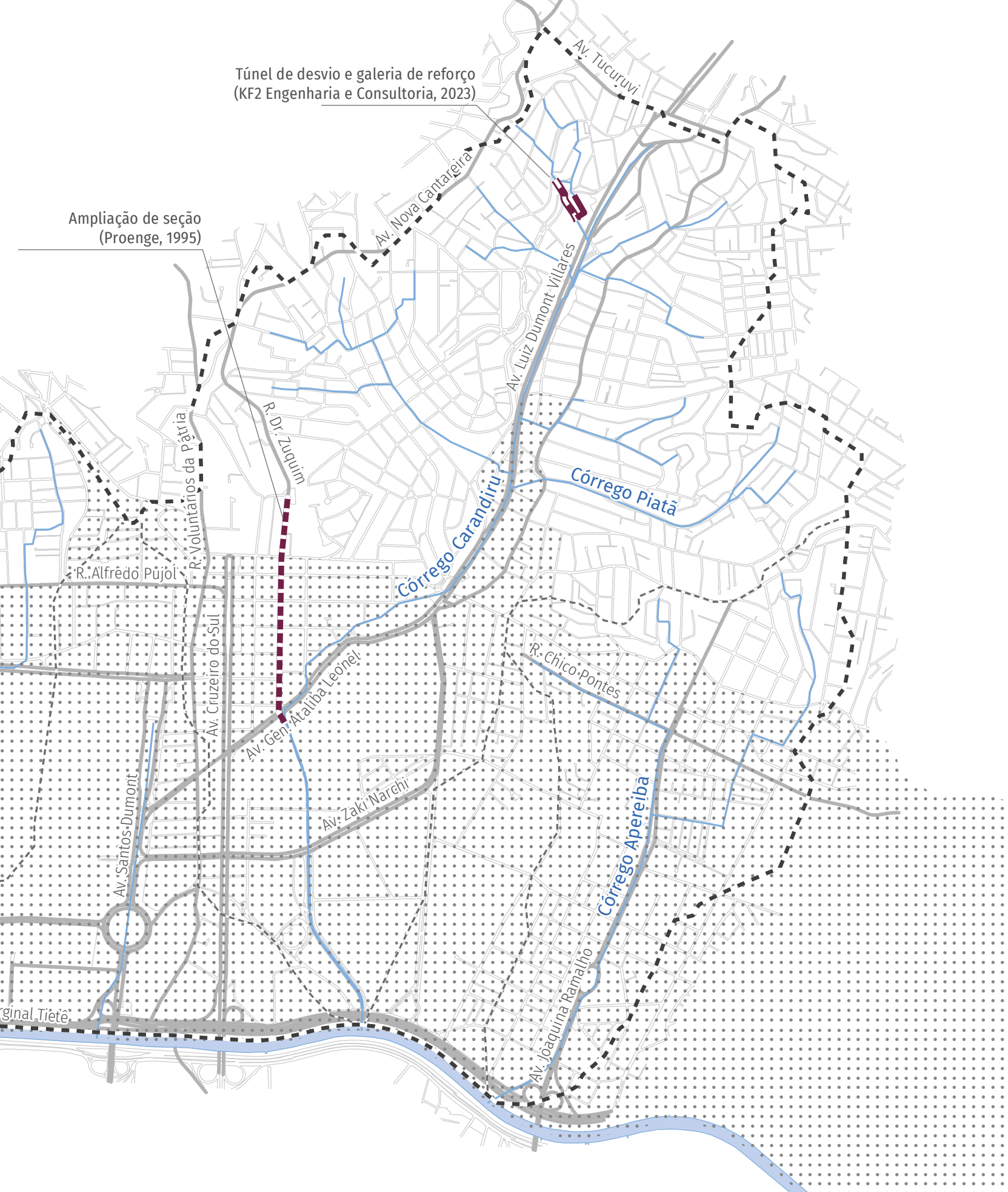
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Plano Diretor Estratégico (2014)



Túnel de desvio e galeria de reforço
(KF2 Engenharia e Consultoria, 2023)

Ampliação de seção
(Proenge, 1995)



Além disso, parte da área das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha está incluída no perímetro do Plano de Intervenção Urbana Arco Tietê (PIU Arco Tietê), no qual são previstas melhoria urbanística dos bairros e implementação de infraestrutura necessária, por meio de intervenções organizadas em cinco eixos temáticos integrados: rede de mobilidade, rede de espaços públicos, rede hídrica, habitação e equipamentos públicos.

1. PIU Arco Tietê

Definido pelo PDE, o Arco Tietê é em um dos recortes da macroárea de estruturação metropolitana, território com grande potencial para transformação e qualificação urbana e onde ocorrem mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo. Nessa macroárea, há os sistemas ferroviário e metroviário, vias estruturais e eixos rodoviários. Os exemplos que podem ser citados são as rodovias Presidente Castelo Branco, Anhanguera, Bandeirantes, Presidente Dutra e Fernão Dias, que conectam diferentes municípios e polos de emprego da Região Metropolitana de São Paulo.

Os arcos de estruturação territorial são uma ferramenta de gestão urbana metropolitana que objetiva mudanças, rumo a uma cidade mais equilibrada dos

pontos de vista urbanístico, ambiental, econômico e social. Isso se dá por meio de alterações na forma de uso do solo nas grandes planícies fluviais e em eixos de articulação metropolitana. Os arcos possuem três elementos estruturantes no processo de formação da cidade: os dois rios principais (Pinheiros e Tietê); a existência de ferrovias; e a presença de antigas regiões industriais, cuja reestruturação permite um novo aproveitamento de áreas para a cidade.

Também está prevista no PDE a elaboração pelo poder público dos Planos de Intervenção Urbana (PIUs), apresentando para esses perímetros propostas urbanísticas, sociais, ambientais, econômico-financeiras e de gestão democrática.

O PIU Arco Tietê abrange um conjunto indicativo de projetos e obras a serem desenvolvidos na área delimitada, com a meta de transformar as diretrizes do PIU em ações concretas. Isso visa assegurar a melhoria urbanística dos bairros e a implementação de infraestrutura necessária para a transformação desejada. As intervenções estão organizadas em cinco eixos temáticos integrados. Para cada eixo temático, foram estabelecidas ferramentas padronizadas, com estimativas preliminares de quantidades e custos de implantação, considerando a

modelagem econômica do PIU¹⁶. Grande parte da área das bacias hidrográficas dos córregos Carandiru e Tenente Rocha está inserida na área do Arco Tietê, dentro dos perímetros Limão/Casa Verde e Santana/Vila Guilherme (**FIGURA 5.2**).

A estratégia de intervenção do PIU Arco Tietê concentra-se nas áreas de planície fluvial, onde o processo de urbanização não foi plenamente concluído. Essas regiões apresentam infraestrutura deficiente e uso monofuncional, como

zonas industriais, áreas públicas pouco aproveitadas e terrenos com grande potencial para desenvolvimento urbano. Entre as intervenções propostas no PIU Arco Tietê (resumidas na **FIGURA 5.3**), destaca-se a implantação de um parque linear na porção de jusante do córrego Carandiru, próximo à confluência deste com o Rio Tietê. Essa intervenção atende às diretrizes de implantação de praças, parques e alamedas e de promoção do saneamento dos córregos¹⁷.

16. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Plano de Intervenção Urbana (PIU) – Arco Tietê Arco Tietê. **Portal gestãourbanaSP**, 2022. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/piu-arco-tiete>. Acesso em: 25 jun. 2024.

17. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Projeto de Intervenção Urbana Anhembi: relatório técnico consolidado. **Portal gestãourbanaSP**, 2018. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/piu-arco-tiete>. Acesso em: 26 jun. 2024.

FIGURA 5.2 Localização do Arco Tietê (fonte: SP Urbanismo)

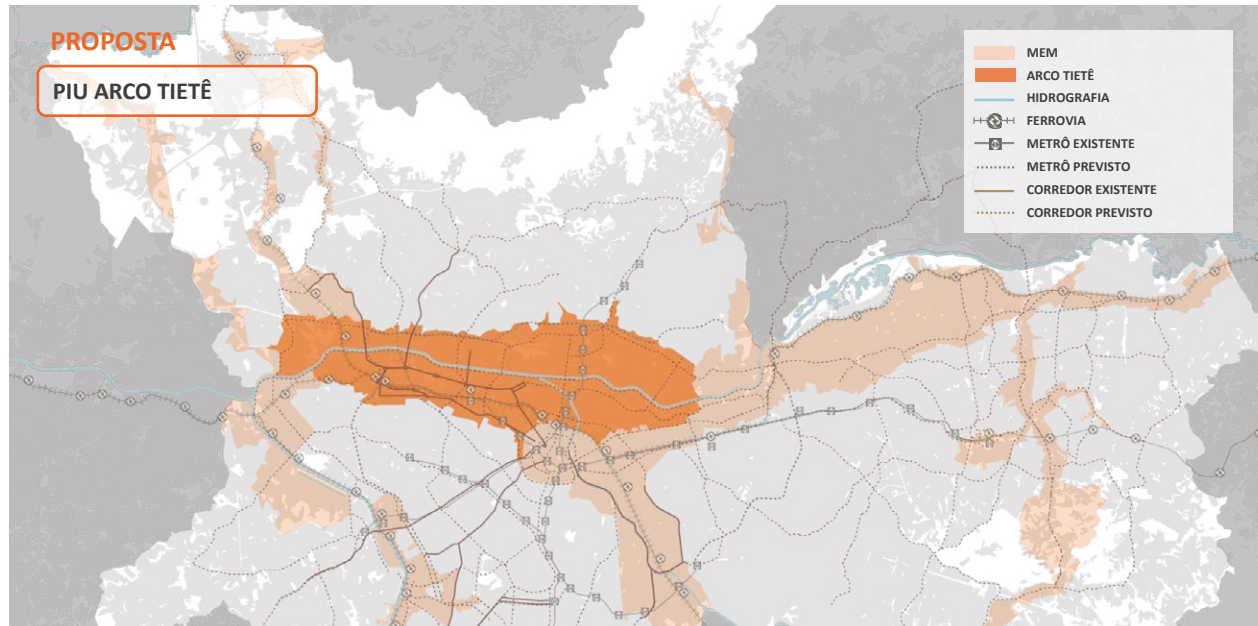
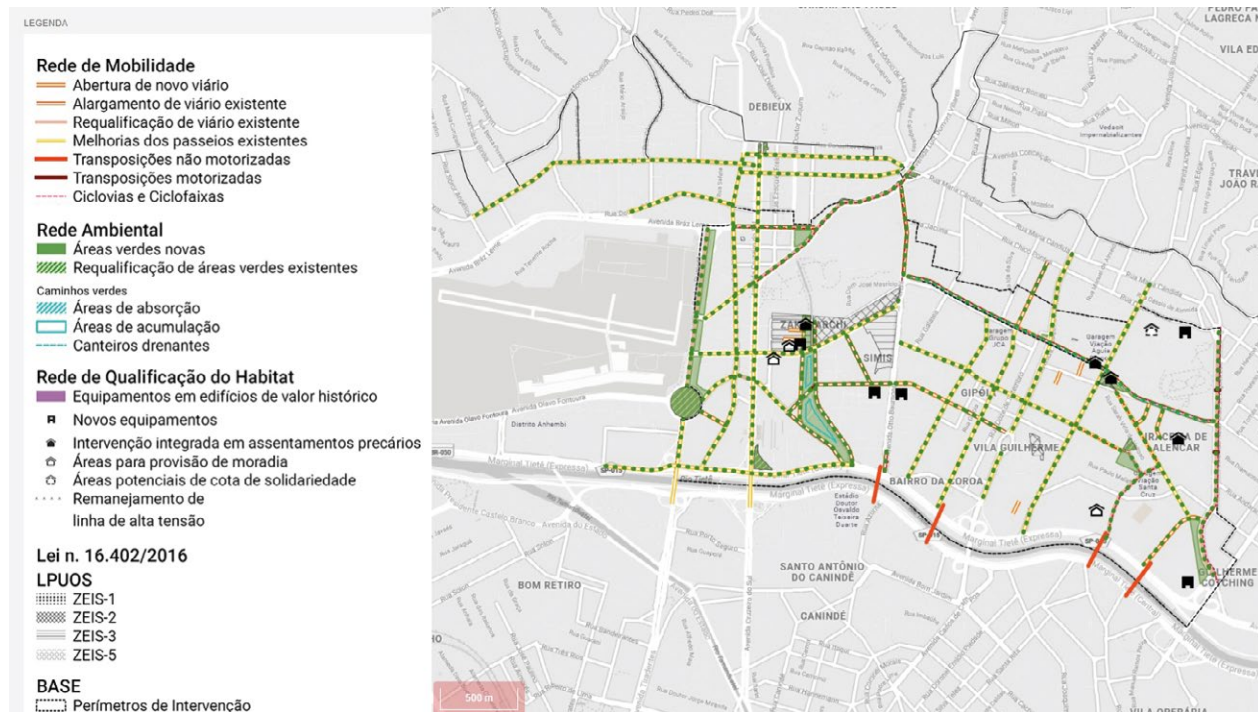


FIGURA 5.3 Mapa-síntese do PIU Arco Tietê na região das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha (fonte: SP Urbanismo)



2. Projeto de reforço de drenagem na bacia do córrego Carandiru, no trecho a montante da estação Parada Inglesa do Metrô

Idealizado pela KF2 Engenharia e Consultoria em 2023, esse projeto propõe um reforço para conduzir as vazões advindas de região a montante da estação Parada

Inglesa do Metrô, desde a Travessa Bemposta até a Avenida Luiz Dumont Villares. O projeto contempla um túnel de desvio, com extensão de 216,8 m, e um reforço da rede atual de um afluente do córrego Carandiru, com 1,0 m de diâmetro na Travessa Bemposta e 1,2 m de diâmetro na Rua Professor Marcondes.

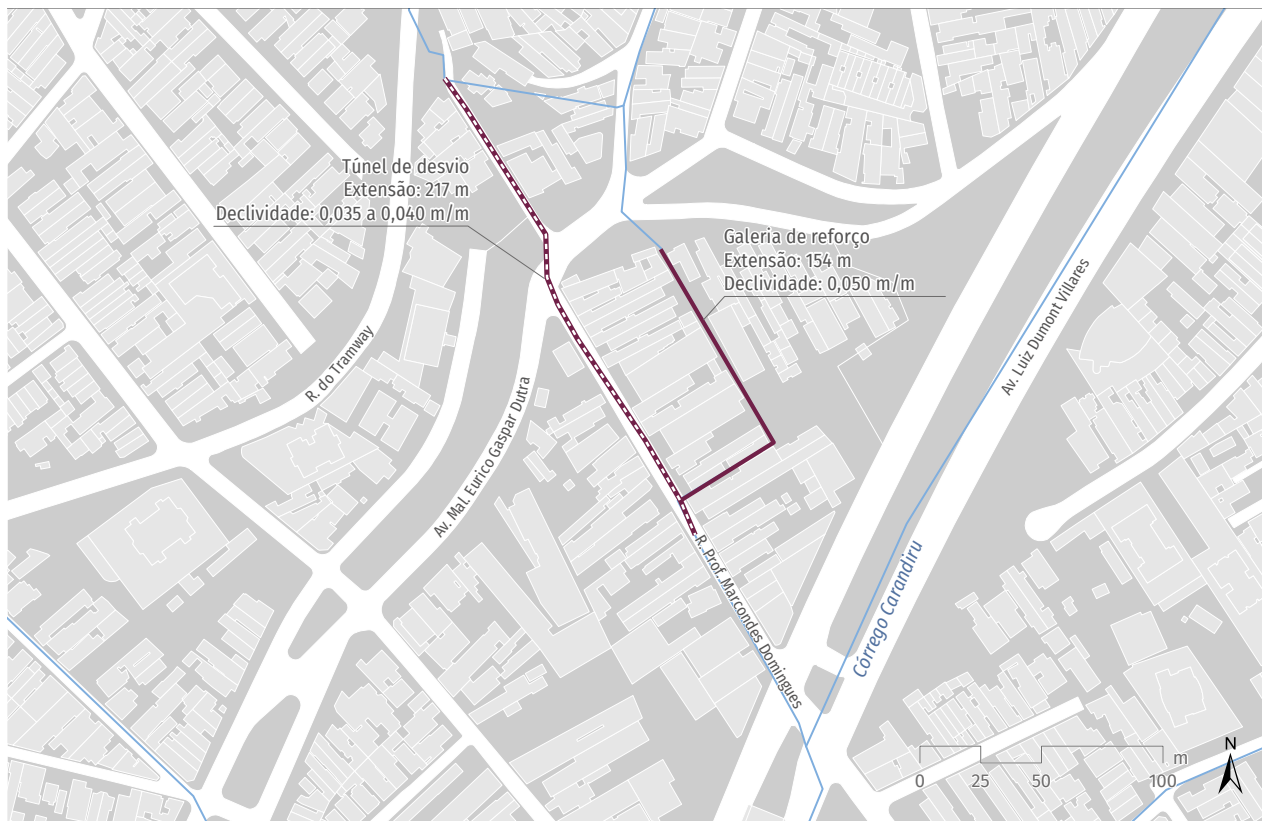


FIGURA 5.4 Reforço de drenagem a montante da estação Parada Inglesa do Metrô (KF2 Engenharia e Consultoria, 2023)

3. Projeto de ampliação de drenagem na bacia do córrego Carandiru, no afluente da R. Dr. Zuquim

Idealizado pela Proenge em 1995, esse projeto propõe um reforço de galeria para conduzir as vazões advindas de uma sub-bacia do córrego Carandiru, desde a Rua Benvinda Aparecida de Abreu Leme até a Avenida General Ataliba Leonel. A

ampliação se dá pela substituição da galeria existente por uma rede de galeria dupla de 2,0 m, iniciando na Rua Doutor Zuquim, na altura da Rua Benvinda Aparecida de Abreu Leme, até atravessar a Avenida General Ataliba Leonel e terminar junto ao canal principal do córrego Carandiru, no Parque da Juventude.

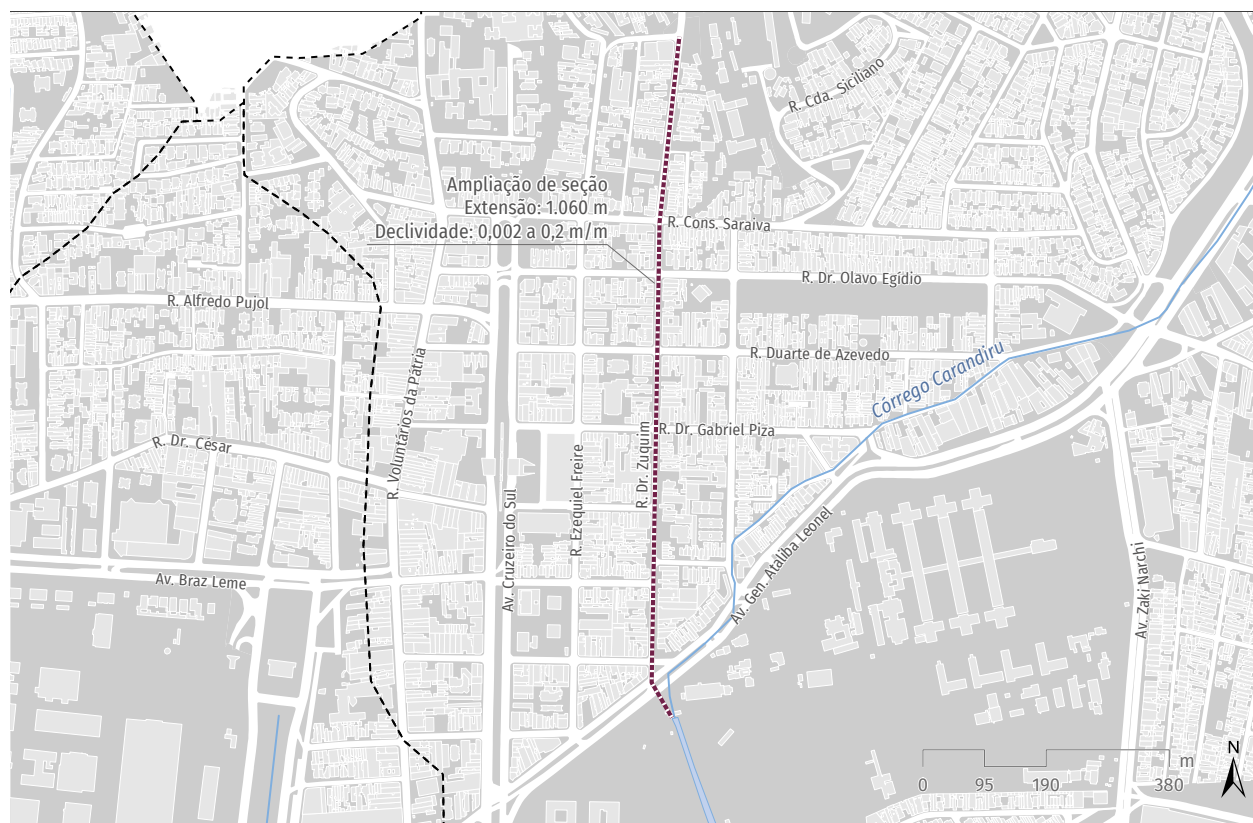


FIGURA 5.5 Ampliação de galeria na R. Dr. Zuquim (Proeng, 1995)

4. Projeto de reforço de drenagem do córrego Ordem e Progresso

Idealizado pelo Consórcio Mobilidade SP (Serveng Engenharia e Galvão Engenharia) em 2016, esse projeto propõe um reforço para conduzir as vazões advindas da bacia do córrego Ordem e Progresso desde a Praça Delegado Amoroso Neto

até o trecho de ligação com o polder da Ponte do Limão. O reforço se dá pela duplicação da rede existente, de 1,2 m de diâmetro, por aproximadamente 330 m, iniciando na Avenida Ordem e Progresso, na altura do Condomínio Edifício Maria Bethânia, até a ligação com o polder da Ponte do Limão.

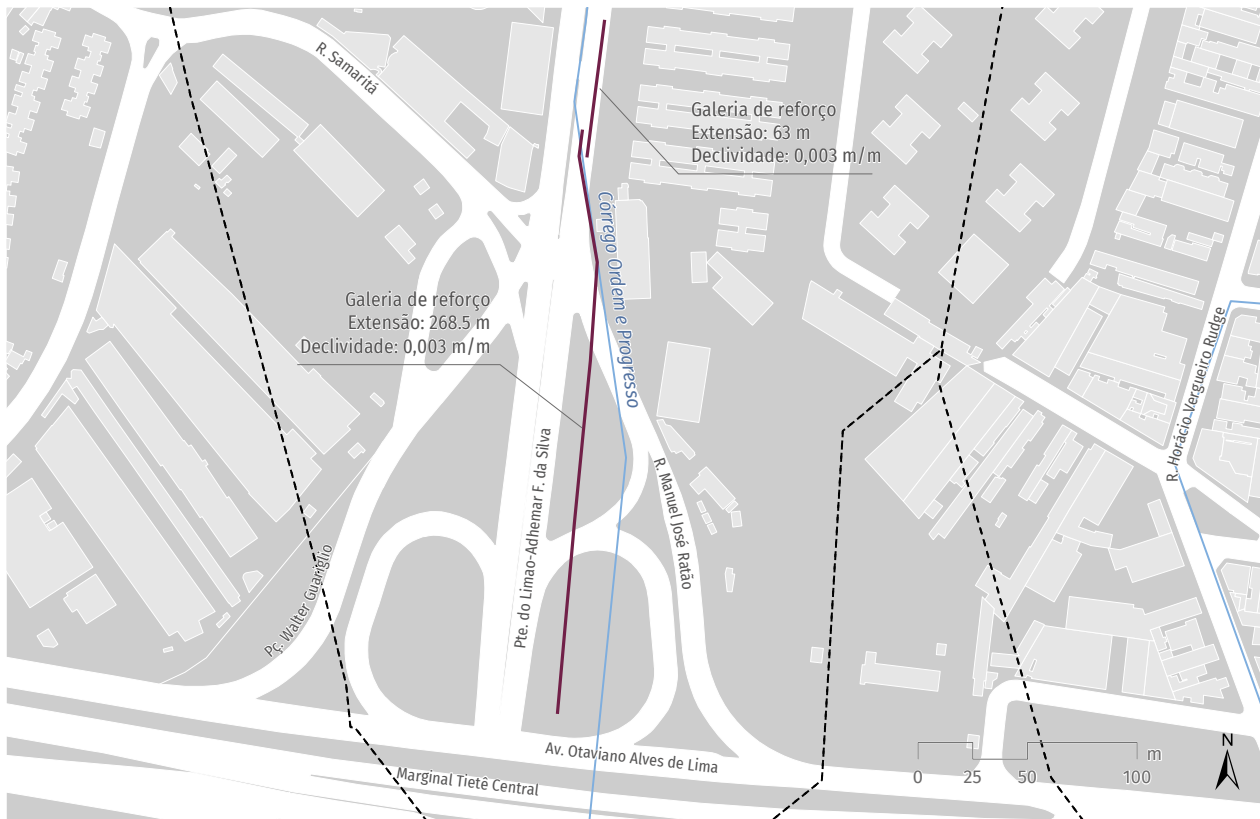


FIGURA 5.6 Reforço de drenagem no córrego Ordem e Progresso (Consórcio Mobilidade-SP – Serveng Engenharia e Galvão Engenharia, 2016)

5. Projeto de reforço da drenagem da bacia do córrego Ten. Rocha no trecho das ruas Alfredo Pujol e Heliodora

Idealizado pela KF2 Engenharia e Consultoria em 2023, esse projeto propõe um reforço para conduzir as vazões advindas de uma sub-bacia do córrego Tenente Rocha, desde a Rua Benta Pereira até a

confluência com o córrego Tenente Rocha. O reforço se dá pelo aumento da seção da rede de galerias da Rua Alfredo Pujol e da Rua Heliodora por galerias de 1,0 m e 1,2 m de diâmetro, além de implantação de uma galeria de 1,0 m de diâmetro na Rua Benta Pereira, totalizando um trecho de aproximadamente 780 m.

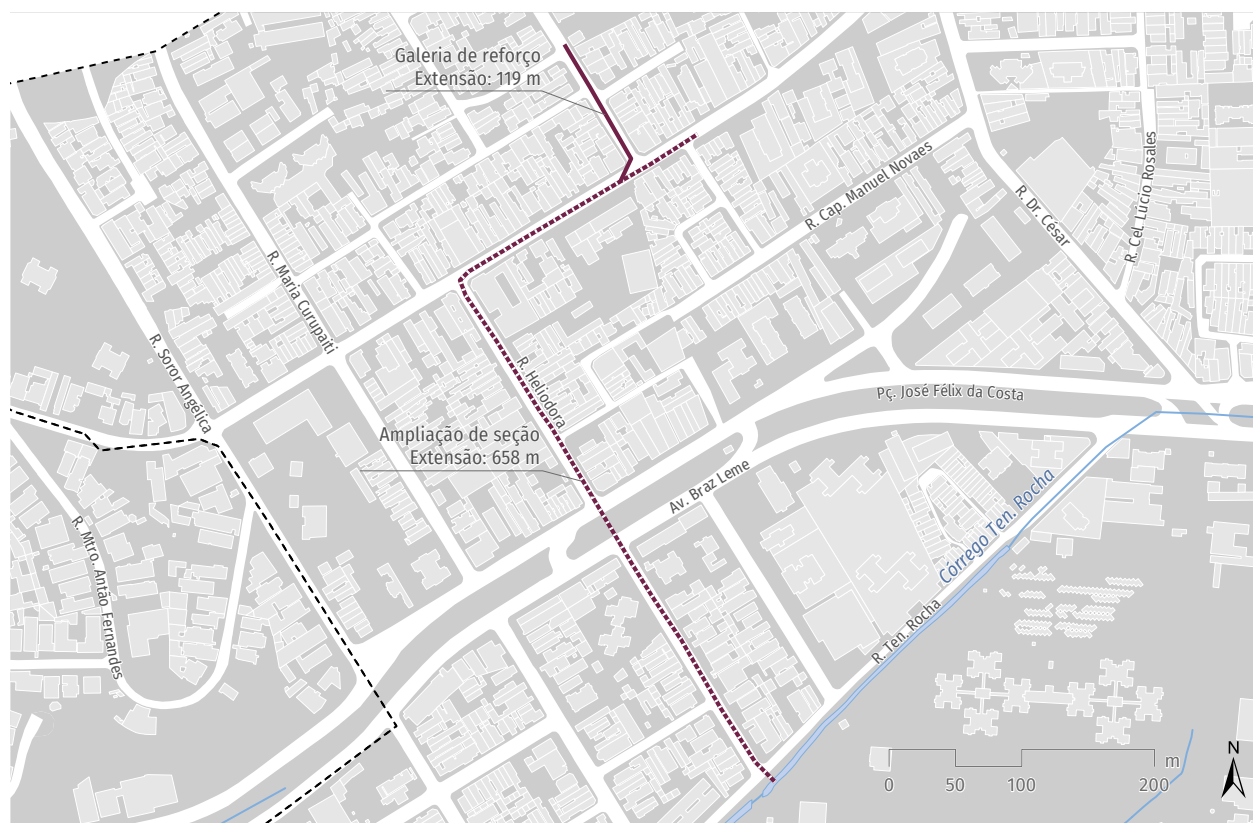


FIGURA 5.7 Reforço de galeria na R. Heliodora (KF2 Engenharia e Consultoria, 2023)

Alternativas propostas

Este capítulo apresenta duas alternativas de controle de cheias.

No intuito de conceder às bacias o grau de proteção de 100 anos, as intervenções foram dimensionadas para o cenário crítico de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, adotando-se para cada sub-bacia o maior valor de impermeabilização do terreno entre a situação atual de uso e a ocupação máxima permitida por lei.

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial por meio de ações estruturais situadas nas bacias. As ações estruturais sugeridas tiveram como premissa a possibilidade de serem intercambiáveis entre as alternativas propostas, não restringindo sua aplicação a um único conjunto de ações.

Dentre as principais medidas de controle elencadas, destacam-se:

- Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada. Nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, foi considerada a possibilidade de implantação

- de reservatórios de armazenamento abertos, por seus custos reduzidos de implantação e manutenção e pela possibilidade de integração com as estruturas urbanas existentes;
- Lagoa de retenção – estrutura projetada para conter temporariamente parte do escoamento superficial excedente, auxiliando no controle de cheias. A retenção em lagos ou lagoas é viabilizada por um sistema de controle de nível, composto por um vertedor de área restrita, responsável por manter um nível de vazante, e um extravasor dimensionado para escoar vazões máximas. Dessa forma, uma parcela da vazão de cheia fica retida no lago, sendo seu volume de retenção determinado pela área do lago multiplicada pela diferença de altura entre os níveis d'água mínimo e máximo. Pode ser integrado ao meio urbano ou a áreas naturais, promovendo benefícios ambientais, paisagísticos e de lazer.
 - Pôlder – estrutura concebida para proteger uma porção baixa do terreno, por meio da captação da água por galerias subterrâneas e bombeamento constante em caso de um evento de cheia no Rio Tietê. Um pôlder é constituído por um dique, que evita que o transbordamento das águas do curso principal – no caso,

- do Rio Tietê – atinja a área a ser protegida; um sistema de microdrenagem da área protegida; e um reservatório com sistema de esgotamento por bombas;
- Ampliação de galeria – trata-se da substituição de trechos de galeria existentes por uma nova galeria, com seções transversais maiores;
 - Galeria de reforço – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento de um trecho, com a implantação de nova galeria para complementar a capacidade de escoamento do sistema;
 - Túneis de desvio – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento da rede de drenagem, com a implantação de galerias circulares por método não destrutivo, com interferência mínima no viário ou em lotes ocupados.

Os cadernos de Bacia Hidrográfica estudaram a implantação das obras em etapas, tendo em vista a redução paulatina dos riscos de inundação nas bacias até o nível correspondente às precipitações de período de retorno de 100 anos.

No estudo deste Caderno, foram previstas quatro etapas de implantação: a primeira etapa é composta por obras que propiciem a redução da mancha de inundação em locais frequentemente afetados pelas cheias, ou naqueles caracterizados como

de risco muito alto pela análise das áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana; a segunda etapa foi composta por obras que protejam as bacias para chuvas de Tr 10 anos; a terceira etapa visa à proteção para chuvas de Tr 25 anos; e, por fim, a quarta etapa engloba obras para proteção de Tr 100 anos.

Para o Caderno das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha, a primeira etapa de obras buscou tanto adaptar projetos elaborados previamente para a área quanto fazer intervenções adicionais de modo a proteger as áreas críticas, ou seja, aquelas com risco muito alto de inundação durante eventos de precipitação mais frequentes.

Com o intuito de facilitar a implantação das medidas, sem impacto na proteção hidrológica, foram elaboradas alternativas com medidas que podem ser intercambiáveis entre as propostas. Nesse caso, as medidas devem necessariamente obedecer à posição e ao impacto na sub-bacia para a qual foram destinadas.

As alternativas conferem às bacias proteção hidrológica para chuvas de Tr 100 anos. Desse modo, para eventos hidrológicos extraordinários com Tr maiores que 100 anos, as bacias não estarão protegidas.

As medidas de controle de cheias foram propostas considerando a condição máxima permitida de uso e ocupação do

solo das bacias, conforme indicada na Lei nº 16.402/2016.

Os itens a seguir apresentam detalhadamente as duas alternativas elaboradas, discriminando as intervenções propostas em cada etapa de implantação.

6.1 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 foi concebida priorizando a implantação de trechos de canalização e de reservatórios de armazenamento em terrenos com pouca ou sem ocupação, minimizando interferências e custos associados à desapropriação de lotes. Em razão da ocupação das bacias estudadas, a solução proposta distribuiu o volume reservado necessário em múltiplos reservatórios, preferencialmente nas cabeceiras dos córregos Carandiru, Tenente Rocha e Apereiba. A alternativa prevê ainda a implantação de medidas de contenção de cheias na região da foz dos cursos d'água, priorizando propostas de pôlderes e galerias de reforço interligando as estruturas.

Nessa alternativa, contempla-se a implantação de nove reservatórios de armazenamento, oito em configuração *off line* (271.000 m³) e um em configuração *in line* (23.000 m³); a inserção de galerias de reforço (5.927 m); a ampliação de galerias (1.398 m);

um *tunnel liner* (1.102 m); quatro pôlderes; e um dique no córrego Carandiru.

Quanto ao dique proposto ao longo do trecho de jusante do córrego Carandiru, a intervenção consiste na construção de um muro nas margens do córrego, entre as avenidas Moysés Roysen e Marginal Tietê, com cota de topo de 722,0 m. Adicionalmente, será necessária a instalação de válvulas *flap* para proteção dos sistemas de microdrenagem interligados ao córrego Carandiru nesse trecho.

A **TABELA 6.1** indica as obras previstas na Alternativa 1 em cada etapa de implan-

tação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões.

Em seguida, a **FIGURA 6.1** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as quatro etapas de implantação das ações. Já na **FIGURA 6.2**, está indicado o diagrama unifilar de vazões escoadas para uma chuva de Tr 100 anos e, também, a capacidade de escoamento do sistema de drenagem das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha a partir das intervenções propostas na Alternativa 1.

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Prof. Marcondes Domingues, entre a R. André Campal e a R. Ênio Voss	-	-	3.500	36.000
		Dique	Margens do córrego Carandiru, entre as avenidas Moysés Roysen e Marg. Tietê	932	-	-	-
	Afluente do Pq. Domingos Luís	Ampliação de seção transversal	Cruzamento da R. Gaspar Soares com a R. Durval Clemente	35	1,5	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Gaspar Soares	79	1,8	-	-
		Ampliação de seção transversal	Da R. Gaspar Soares até o Pq. Domingos Luís	81	2,5	-	-
		Ampliação de seção transversal	Pq. Domingos Luís, entre a R. Gaspar Soares e a R. Prof. Joaquim Osório de Azevedo	191	3,2	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Prof. Joaquim Osório de Azevedo, entre a R. Cambaquara e o Pq. Domingos Luís	174	3,2	-	-
	Afluente da R. Dr. Zuquim	Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Cons. Saraiva e a R. Dr. Gabriel Piza	374	3,2	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Dr. Gabriel Piza e a R. Maj. Sampaio	212	6,3	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Maj. Sampaio e a Av. Gen. Ataliba Leonel	252	10,6	-	-
		Galeria de reforço	R. Maj. Sampaio, entre a R. Jovita e a R. Dr. Zuquim	120	5,3	-	-
	Córrego Ten. Rocha	Galeria de reforço	R. Carlos de Laet, entre a R. Cambaquara e o Pq. Domingos Luís	445	2,8	-	-
		Reservatório RTR-1 (fechado, <i>off line</i>)	Prefeitura de Aeronáutica de São Paulo	-	-	5.000	25.000
		Válvula <i>flap</i>	Afluente paralelo à pista do Aerop. Campo de Marte	-	-	-	-

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª etapa	Córrego Ten. Rocha	Reservatório do polder DTR-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Olavo Fontoura	-	-	10.000	35.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Área de Contribuição Direta ao Rio Tietê	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Aníbal Benévolo e a R. Henrique Bernardelli	242	1,8	-	-
		Galeria de reforço	Av. Santos Dumont, entre a Av. Braz Leme e a R. Aviador Gil Guilherme	233	2,8	-	-
		Reservatório RSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Santos Dumont	-	-	5.000	15.000
		Reservatório do polder DSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. Airton de Abreu	-	-	2.200	5.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Córrego Apereiba	Reservatório do polder DAB-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Flávio Cavalcanti	-	-	3.000	15.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Av. Braz Leme	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Tibães e a R. Côn. Amaral Mello	313	3,2	-	-
		Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Côn. Amaral Mello e a Marg. Tietê	857	5	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
		Galeria de reforço	R. Prof. Luciano Prata	500	5	-	-
	Córrego Carandaí	Galeria de reforço	Da R. Relíquia até a R. Horácio Vergueiro Rudge	363	4,2	-	-
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Saguari e a R. Bernardino Fanganiello	139	4,8	-	-
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Bernardino Fanganiello e a Marg. Tietê	313	6	-	-

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª etapa	Córrego Carandaí	Reservatório do pôlder DCD-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Iapó	-	-	4.500	17.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Córrego Ordem e Progresso	Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a Pç. Del Amoroso Neto e a R. Samaritã	285	1,8	-	-
		Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a R. Samaritã e a Marg. Tietê	280	3,2	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
Galeria de reforço	Av. Otaviano Alves Lima	250	5	-	-		
2ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-2 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. N. Sra. dos Prazeres	-	-	4.000	53.000
		<i>Tunnel liner</i>	R. Viri, desvio para o reservatório RCA-3	243	4,5	-	-
		Reservatório RCA-3 (fechado, <i>off line</i>)	Centro Esportivo Jd. S. Paulo	-	-	5.000	83.000
	Córrego Apereiba	Galeria de reforço	R. Doze de Setembro, na altura da R. do Canal até a R. da Coroa	1.587	8	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
3ª etapa	Afluente do Aerop. Campo de Marte	Reservatório RTR-2 (aberto, <i>in line</i>)	Aerop. Campo de Marte	-	-	33.000	23.000
4ª etapa	Córrego Carandiru	<i>Tunnel liner</i>	Av. Gen. Ataliba Leonel, entre a R. Maria Cândida e a R. Jovita	859	9,6	-	-
		Reservatório RCA-4 (fechado, <i>off line</i>)	Pq. da Juventude	-	-	8.000	30.000
	Córrego Ten. Rocha	Reservatório RTR-3 (fechado, <i>off line</i>)	Campo de futebol próximo à R. Brazelisa Alves de Carvalho	-	-	10.000	9.000
	Córrego Apereiba	Reservatório RAB-1 (fechado, <i>off line</i>)	Esquina da Av. Joaquina Ramalho com a R. do Canal	-	-	1.400	20.000

FIGURA 6.1 Medidas de controle de cheias da Alternativa 1

Convenção

Área de drenagem

Rede de drenagem

Quadra viária

Reservatório do pôlder (existente)

2ª etapa (Tr 10 anos)

Reservatório

Túnel de desvio

Galeria de reforço

Válvula flap

Alternativa 1

1ª etapa (obras prioritárias)

Reservatório

Galeria de reforço

Ampliação de galeria

Dique

Reservatório do pôlder

Válvula flap

3ª etapa (Tr 25 anos)

Lagoa de retenção

4ª etapa (Tr 100 anos)

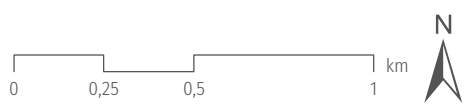
Reservatório

Túnel de desvio



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024), Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)



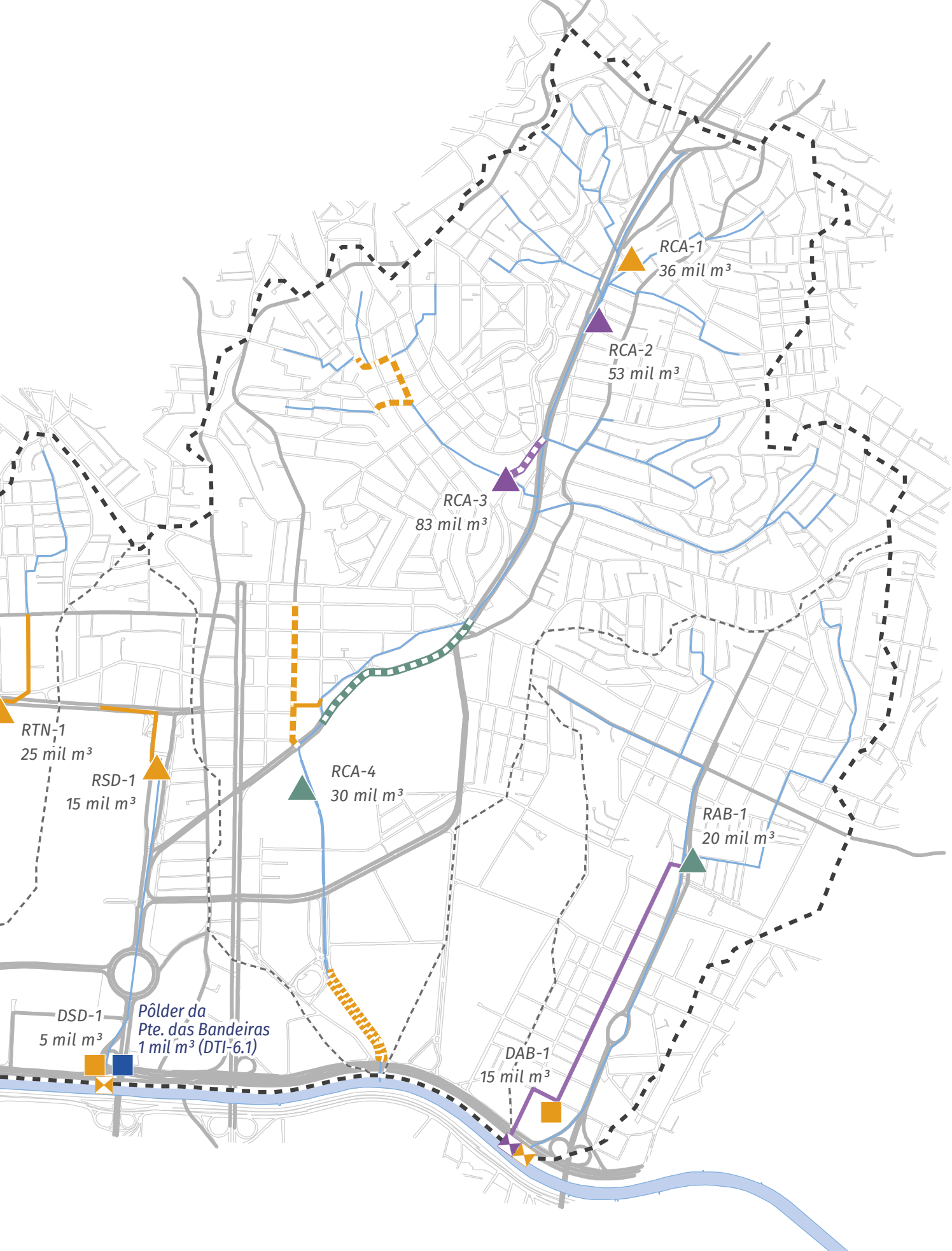
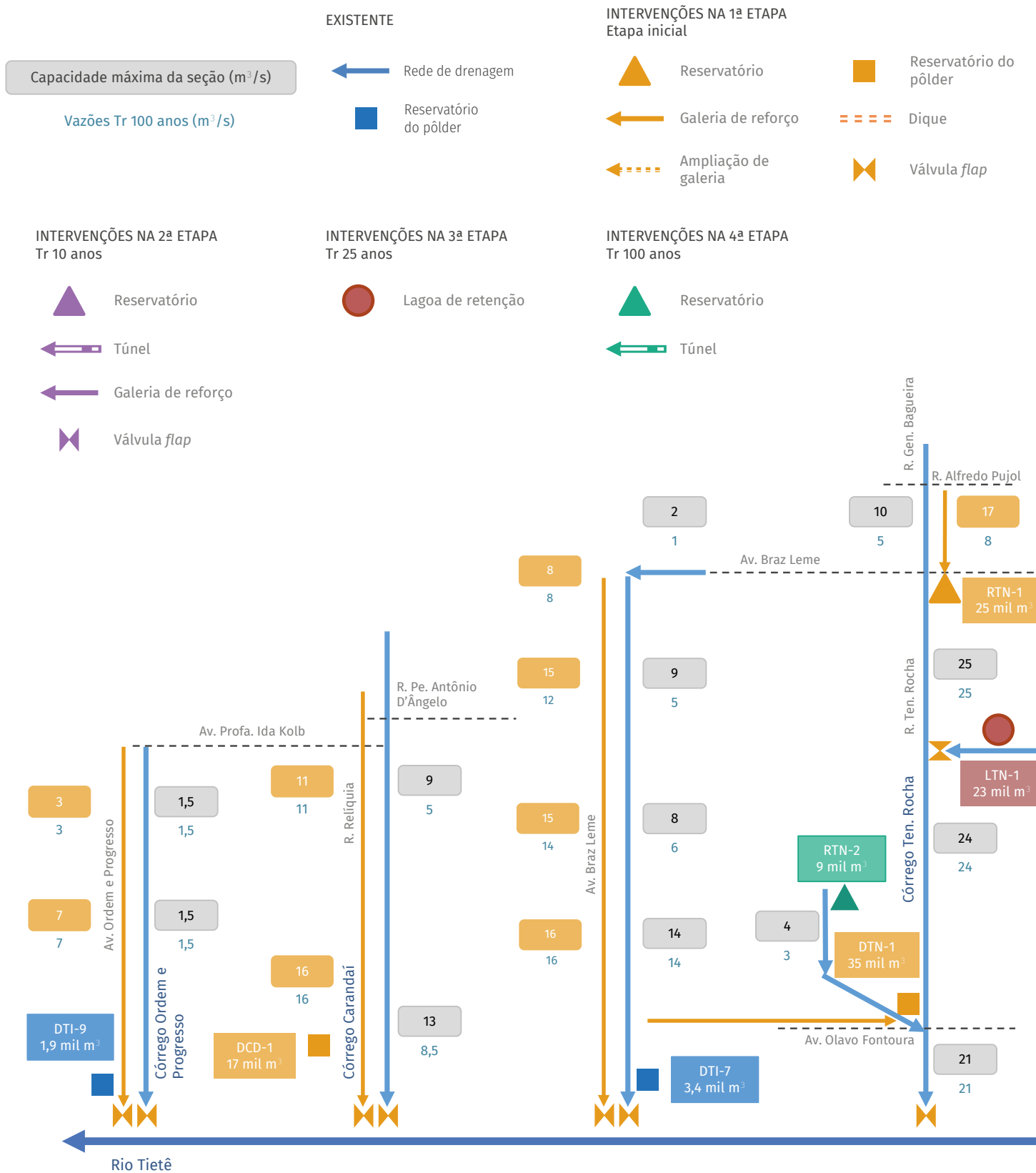
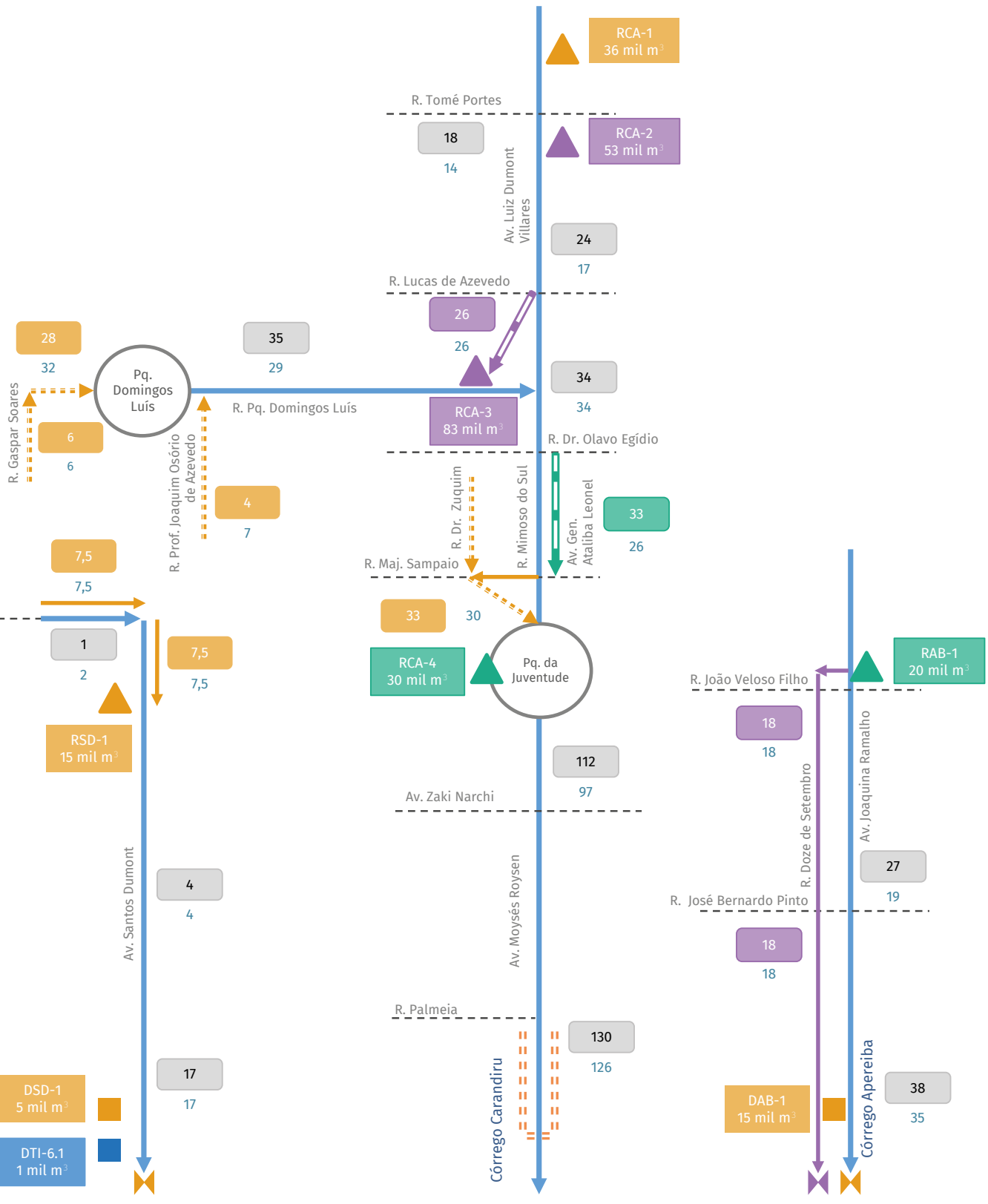


FIGURA 6.2 Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 1 com as obras da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas





6.2 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 foi concebida sob as mesmas premissas de implantação de medidas de armazenamento e reforço ou de substituição de galerias de drenagem presentes na Alternativa 1.

Essa segunda alternativa apresenta locais não tradicionais para os volumes a serem reservados, da forma como também propostos na Alternativa 1, priorizando igualmente a implantação de trechos de canalização e de reservatórios de armazenamento em terrenos com pouca ou sem ocupação, minimizando, assim, interferências e custos associados à desapropriação de lotes. Em razão da ocupação das bacias estudadas, a solução proposta distribuiu o volume reservado necessário em múltiplos reservatórios, preferencialmente nas cabeceiras dos córregos Carandiru, Tenente Rocha e Apereiba. A alternativa prevê, ainda, a implantação de medidas de contenção de cheias na região da foz dos cursos d'água, priorizando propostas de pôlderes e de galerias de reforço ligando as estruturas.

Essa alternativa contempla a implantação de nove reservatórios de armazenamento

em configuração *off line* (285.000 m³); a inserção de galerias de reforço (6.182 m); a ampliação de uma galeria (1.398 m); um *tunnel liner* (1.038 m); quatro pôlderes; e um dique no córrego Carandiru.

Quanto ao dique proposto ao longo do trecho de jusante do córrego Carandiru, a intervenção consiste na construção de um muro nas margens do córrego, entre as avenidas Moysés Roysen e Marginal Tietê, com cota de topo de 722,0 m. Adicionalmente, será necessária a instalação de válvulas *flap* para proteção dos sistemas de microdrenagem interligados ao córrego Carandiru nesse trecho.

Dessa forma, a **TABELA 6.2** indica as obras previstas na Alternativa 2 em cada etapa de implantação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões.

Posteriormente, a **FIGURA 6.3** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 2, indicando as quatro etapas de implantação de ações. Por fim, na **FIGURA 6.4**, está indicado o diagrama unifilar de vazões escoadas e, também, a capacidade de escoamento das estruturas de drenagem a partir das intervenções propostas na Alternativa 2.

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Prof. Marcondes Domingues, entre a R. André Campal e a R. Ênio Voss	-	-	3.500	36.000
		Dique	Margens do córrego Carandiru, entre as avenidas Moysés Roysen e Marg. Tietê	932	-	-	-
	Afluente do Pq. Domingos Luís	Ampliação de seção transversal	Cruzamento da R. Gaspar Soares com a R. Durval Clemente	35	1,5	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Gaspar Soares	79	1,8	-	-
		Ampliação de seção transversal	Da R. Gaspar Soares até o Pq. Domingos Luís	81	2,5	-	-
		Ampliação de seção transversal	Pq. Domingos Luís, entre a R. Gaspar Soares e a R. Prof. Joaquim Osório de Azevedo	191	3,2	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Carlos de Laet, entre a R. Cambaquara e o Pq. Domingos Luís	174	3,2	-	-
	Afluente da R. Dr. Zuquim	Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Cons. Saraiva e a R. Dr. Gabriel Piza	374	3,2	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Dr. Gabriel Piza e a R. Maj. Sampaio	212	6,3	-	-
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Maj. Sampaio e a Av. Gen. Ataliba Leonel	252	10,6	-	-
		Galeria de reforço	R. Maj. Sampaio, entre a R. Jovita e a R. Dr. Zuquim	120	5,3	-	-
	Córrego Ten. Rocha	Galeria de reforço	R. Emb. João Neves da Fontoura, entre a R. Alfredo Pujol e a Av. Braz Leme	445	2,8	-	-
		Reservatório RTR-1 (fechado, <i>off line</i>)	Prefeitura de Aeronáutica de São Paulo	-	-	5.000	25.000
		Válvula <i>flap</i>	Afluente paralelo à pista do Aerop. Campo de Marte	-	-	-	-

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª etapa	Córrego Ten. Rocha	Reservatório do polder DTR-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Olavo Fontoura	-	-	10.000	35.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Área de Contribuição Direta ao Rio Tietê	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Aníbal Benévolo e a R. Henrique Bernardelli	242	1,8	-	-
		Galeria de reforço	Av. Santos Dumont, entre a Av. Braz Leme e a R. Aviator Gil Guilherme	233	2,8	-	-
		Reservatório RSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Santos Dumont	-	-	5.000	15.000
		Reservatório do polder DSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. Airton de Abreu	-	-	2.200	5.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Córrego Apereiba	Reservatório do polder DAB-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Flávio Cavalcanti	-	-	3.000	15.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Av. Braz Leme	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Tibães e a R. Côn. Amaral Mello	313	3,2	-	-
		Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Côn. Amaral Mello e a Marg. Tietê	857	5	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
		Galeria de reforço	R. Prof. Luciano Prata	500	5	-	-
	Córrego Carandaí	Galeria de reforço	Da R. Relíquia até a R. Horácio Vergueiro Rudge	363	4,2	-	-
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Saguari e a R. Bernardino Fanganiello	139	4,8	-	-
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Bernardino Fanganiello e a Marg. Tietê	313	6	-	-

TABELA 6.2 Medidas de controle da Alternativa 2

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m ²)	Área em planta (m ²)	Volume (m ³)
1ª etapa	Córrego Carandaí	Reservatório do polder DCD-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Iapó	-	-	4.500	17.000
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Córrego Ordem e Progresso	Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a Pç. Del Amoroso Neto e a R. Samaritá	285	1,8	-	-
		Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a R. Samaritá e a Marg. Tietê	280	3,2	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
Galeria de reforço	Av. Otaviano Alves Lima	250	5	-	-		
2ª etapa	Córrego Carandiru	Galeria de reforço	Av. Luiz Dumont Villares	255	3,2	-	-
		Reservatório RCA-5 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. N. Sra. dos Prazeres	-	-	2.400	56.000
		<i>Tunnel liner</i>	Das ruas Viri e Pedro Ribeiro e da Av. Luiz Dumont Villares até a Pç. Orlando Silva	850	25	-	-
		Reservatório RCA-6 (fechado, <i>off line</i>)	Entre a R. Duarte de Azevedo e a Av. Gen. Ataliba Leonel	-	-	5.700	79.000
	Córrego Apereiba	Galeria de reforço	R. Doze de Setembro, na altura da R. do Canal até a R. da Coroa	1.587	8	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
3ª etapa	Córrego Ten. Rocha	Reservatório RTR-4 (aberto, <i>off line</i>)	Estacionamento do clube no Campo de Marte	-	-	4.000	23.000
4ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-6 (expansão) (fechado, <i>off line</i>)	Pç. Orlando Silva	-	-	2.200	30.000
	Córrego Ten. Rocha	<i>Tunnel liner</i>	Da Av. Olavo Fontoura até o Rio Tietê	188	3.2	-	-
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	-	-	-	-
	Córrego Apereiba	Reservatório RAB-2 (fechado, <i>off line</i>)	R. do Canal	-	-	1.500	21.000

FIGURA 6.3 Medidas de controle de cheias da Alternativa 2

Convenção

Área de drenagem

Rede de drenagem

Quadra viária

Reservatório do pôlder (existente)

2ª etapa (Tr 10 anos)

Reservatório

Túnel de desvio

Galeria de reforço

Válvula flap

Alternativa 2

1ª etapa (obras prioritárias)

Reservatório

Galeria de reforço

Ampliação de galeria

Dique

Reservatório do pôlder

Válvula flap

3ª etapa (Tr 25 anos)

Reservatório

4ª etapa (Tr 100 anos)

Reservatório

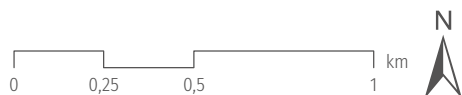
Túnel de desvio

Válvula flap



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024) e FCTH (2024)





Av. Tucuruvi

Av. Nova Cantareira

RCA-1
36 mil m³

RCA-5
56 mil m³

Córrego Piata

R. Voluntários da Pátria

R. Dr. Zuquim

Av. Luiz Dumont Villares

RCA-6a
79 mil m³

RCA-6b
30 mil m³

RTN-1
25 mil m³

RSD-1
15 mil m³

Av. Santos Dumont

Av. Cruzeiro do Sul

Av. Gen. Ataliba Leonel

R. Chico Pontes

RAB-2
21 mil m³

Av. Zaki Narchi

Córrego Carandiru

DSD-1
5 mil m³

Pôlder da Pte. das Bandeiras
1 mil m³ (DTI-6.1)

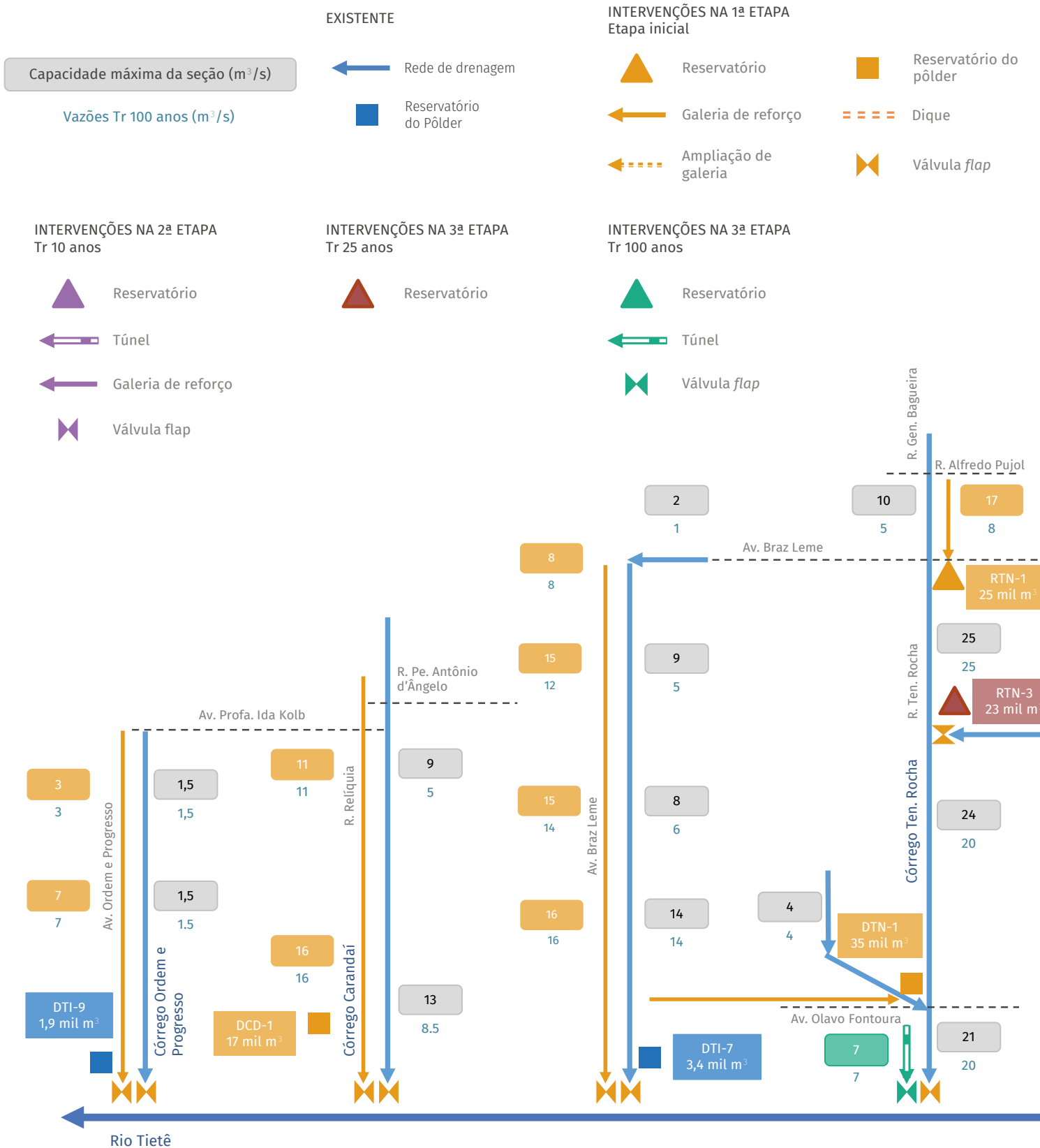
Av. Joaquina Ramalho

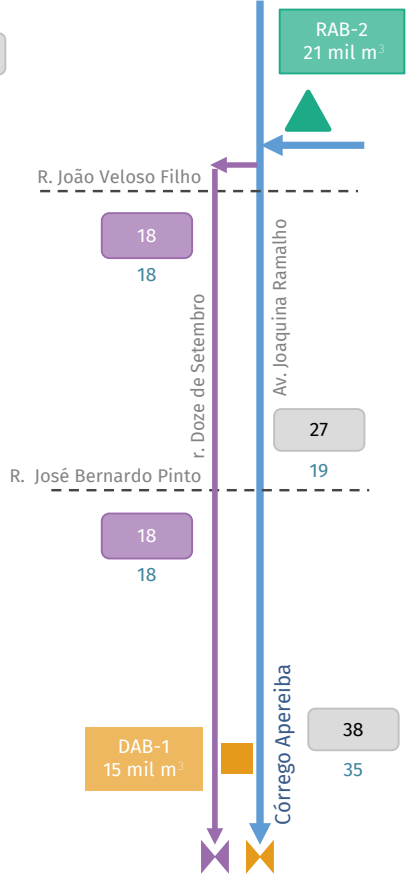
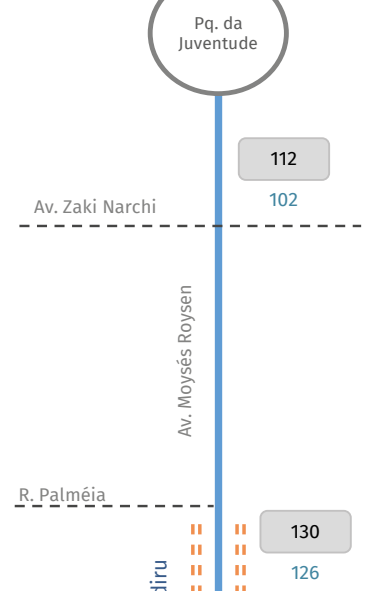
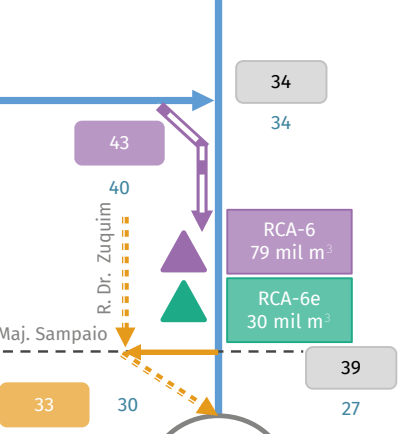
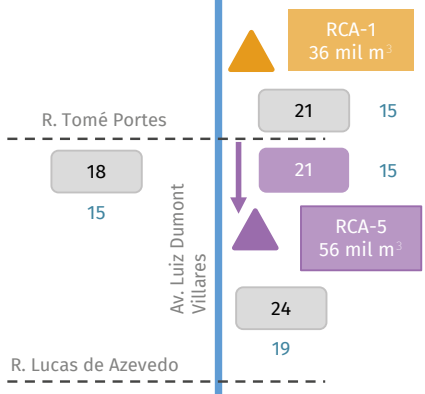
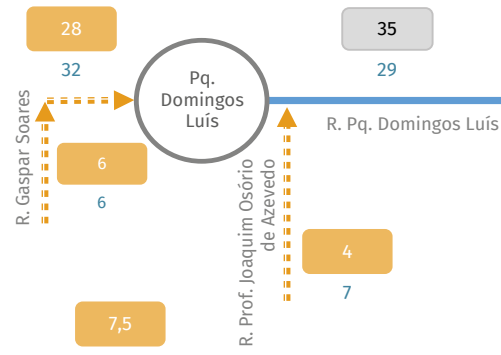
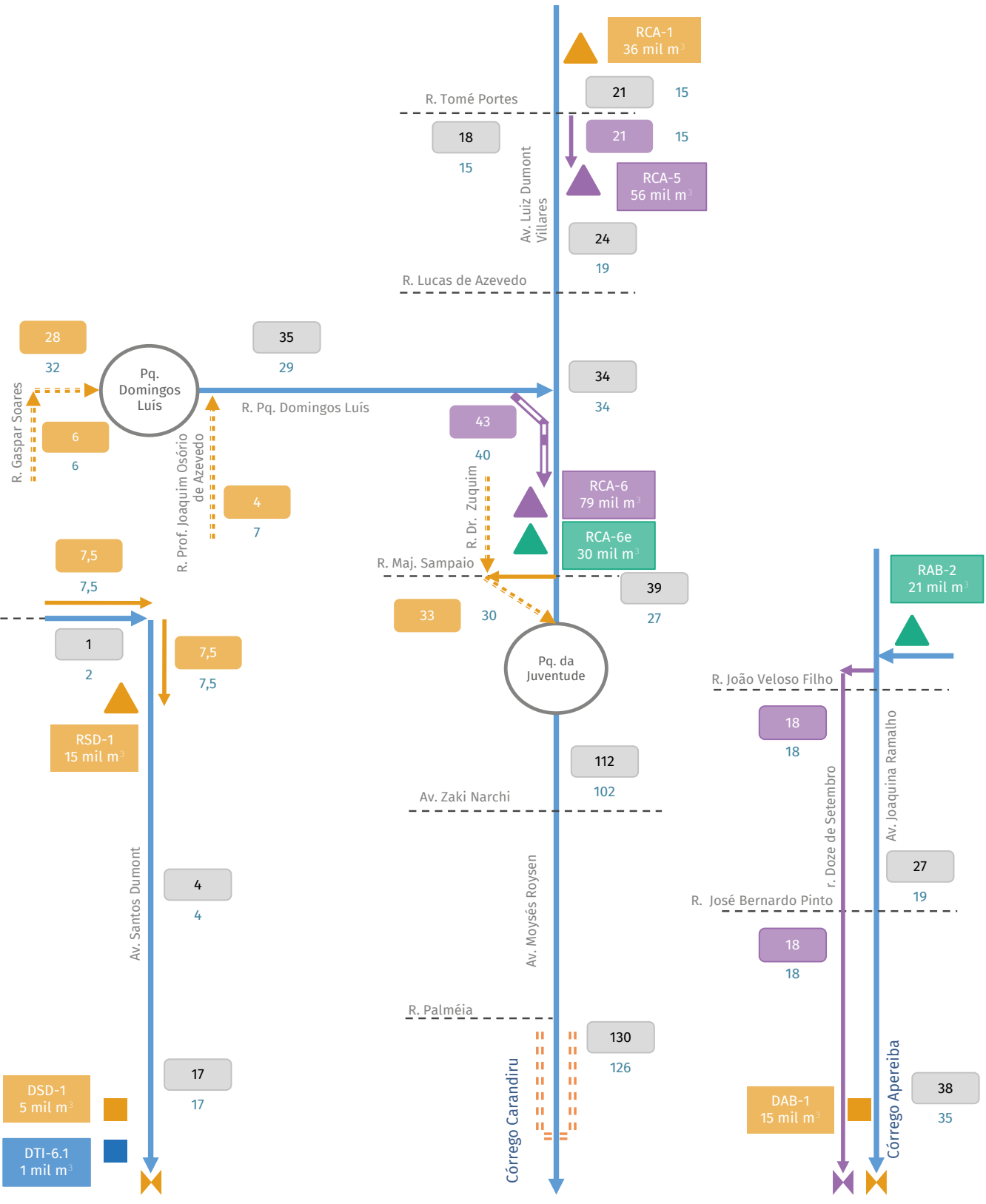
Córrego Apereiba

DAB-1
15 mil m³

Original Tietê

FIGURA 6.4 Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 2 com as obras da 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas





6.3 LOCALIZAÇÃO E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS DE RESERVAÇÃO

Este item indica a localização das áreas e as principais características dos 18 reservatórios propostos nas alternativas apresentadas. No caso dos reservatórios, ressalta-se que foram realizadas sondagens para definir a profundidade das estruturas.

FIGURA 6.5 Localização do reservatório Carandiru 1, no córrego Carandiru, alternativas 1 e 2



Reservatório – RCA-1
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 36 mil m³
Área: 3.500 m²

Localização: Av. Prof. Marcondes Domingues,
entre a R. André Campal e a R. Ênio Voss

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.6 Localização do reservatório Carandiru 2, no córrego Carandiru, alternativa 1



Reservatório – RCA-2

Alternativa 1 (2ª etapa)

Volume: 53 mil m³

Área: 4.000 m²

Localização: Pç. N. Sra. dos Prazeres

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.7 Localização do reservatório Carandiru 3, no córrego Carandiru, alternativa 1



Reservatório – RCA-3

Alternativa 1 (2ª etapa)

Volume: 83 mil m³

Área: 5.000 m²

Localização: Centro Esportivo Jd. S. Paulo

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.8 Localização do reservatório Carandiru 4, no córrego Carandiru, alternativa 1



Reservatório – RCA-4

Alternativa 1 (1ª etapa)

Volume: 30 mil m³

Área: 8.000 m²

Localização: Pq. da Juventude

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.9 Localização do reservatório Carandiru 5, no córrego Carandiru, alternativa 2



Reservatório – RCA-5

Alternativa 2 (2ª etapa)

Volume: 56 mil m³

Área: 2.400 m²

Localização: Pç. N. Sra. dos Prazeres

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.10 Localização do reservatório Carandiru 6, no córrego Carandiru, alternativa 2



Reservatório – RCA-6

Alternativa 2 (2ª etapa)

Volume: 79 mil m³

Área: 5.700 m²

Localização: entre a R. Duarte de Azevedo
e a Av. Gen. Ataliba Leonel

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.11 Localização do reservatório Carandiru 6 (expansão), no córrego Carandiru, alternativa 2



Reservatório – RCA-6 (expansão)

Alternativa 2 (4ª etapa)

Volume: 30 mil m³

Área: 2.200 m²

Localização: Pç. Orlando Silva

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.12 Localização do reservatório Ten. Rocha 2, no córrego Ten. Rocha, alternativa 1



Lago com reservação – LTN-1

Alternativa 1 (3ª etapa)

Volume: 23 mil m³

Área: 33.000 m²

Localização: Aerop. Campo de Marte

Características: aberto em terra, *in line*
e com esgotamento por gravidade

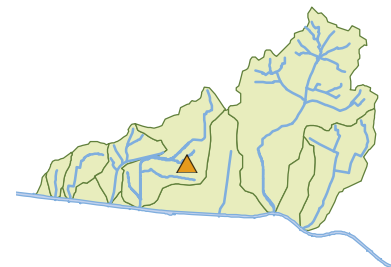


FIGURA 6.13 Localização do reservatório Ten. Rocha 1, no córrego Ten. Rocha, alternativas 1 e 2



Reservatório – RTN-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 25 mil m³

Área: 5.000 m²

Localização: Av. Jacinto Menezes Palhares

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.14 Localização do reservatório Ten. Rocha 3, no córrego Ten. Rocha, alternativa 1



Reservatório – RTN-2

Alternativa 1 (4ª etapa)

Volume: 9 mil m³

Área: 10.000 m²

Localização: campo de futebol próximo
à R. Brazelisa Alves de Carvalho

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por gravidade



FIGURA 6.15 Localização do reservatório Ten. Rocha 4, no córrego Ten. Rocha, alternativa 2



Reservatório – RTN-3

Alternativa 2 (3ª etapa)

Volume: 23 mil m³

Área: 4.000 m²

Localização: estacionamento do clube
no Campo de Marte

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.16 Localização do reservatório Apereiba 1, no córrego Apereiba, alternativa 1



Reservatório – RAB-1

Alternativa 1 (4ª etapa)

Volume: 20 mil m³

Área: 1.500 m²

Localização: esquina da Av. Joaquina Ramalho
com a R. do Canal

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas

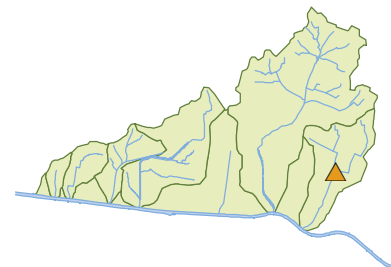
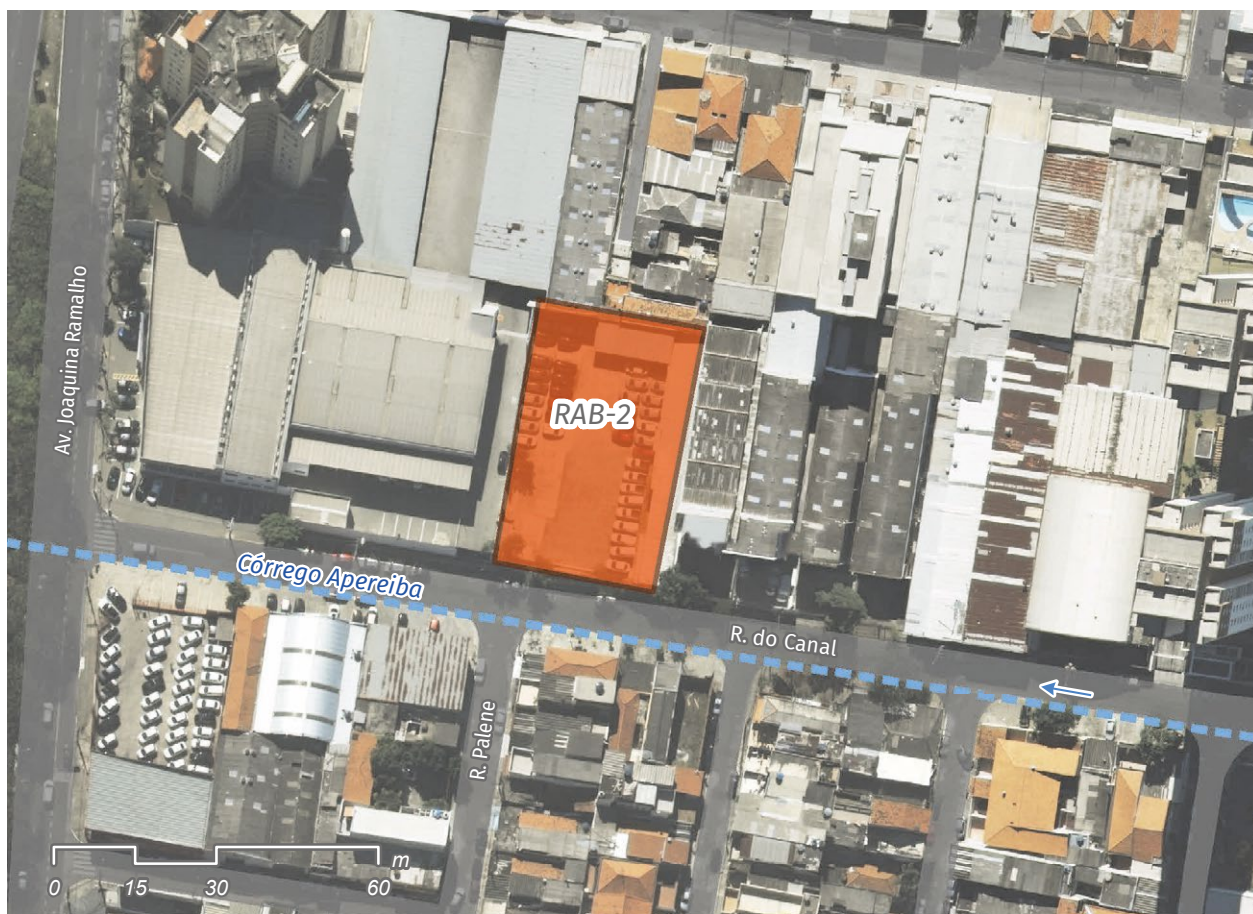


FIGURA 6.17 Localização do reservatório Apereiba 2, no córrego Apereiba, alternativa 2



Reservatório – RAB-2

Alternativa 2 (4ª etapa)

Volume: 21 mil m³

Área: 1.400 m²

Localização: R. do Canal

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas

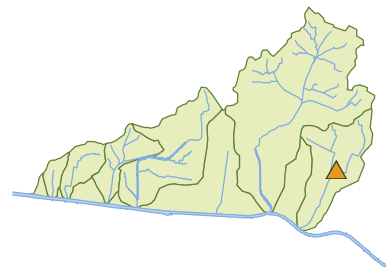


FIGURA 6.18 Localização do reservatório Santos Dumont 1, na Área de Contribuição Direta entre as bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha, alternativas 1 e 2



Reservatório – RSD-1
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 15 mil m³
Área: 5.000 m²
Localização: Av. Santos Dumont
Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.19 Localização do reservatório do pôlder Ten. Rocha 1, no córrego Ten. Rocha, alternativas 1 e 2



Reservatório – DTN-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 35 mil m³

Área: 10.000 m²

Localização: Av. Olavo Fontoura

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.20 Localização do reservatório do pôlder Apereiba 1, no córrego Apereiba, alternativas 1 e 2



Reservatório – DAB-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 15 mil m³

Área: 3.500 m²

Localização: R. Flávio Cavalcanti

Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas

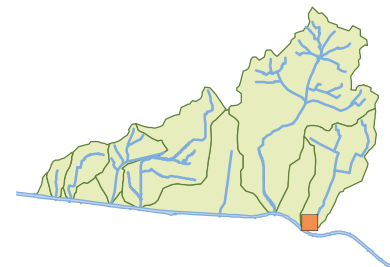


FIGURA 6.21 Localização do reservatório do pôlder Santos Dumont 1, na Área de Contribuição Direta entre as bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha, alternativas 1 e 2



Reservatório – DSD-1

Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)

Volume: 5 mil m³

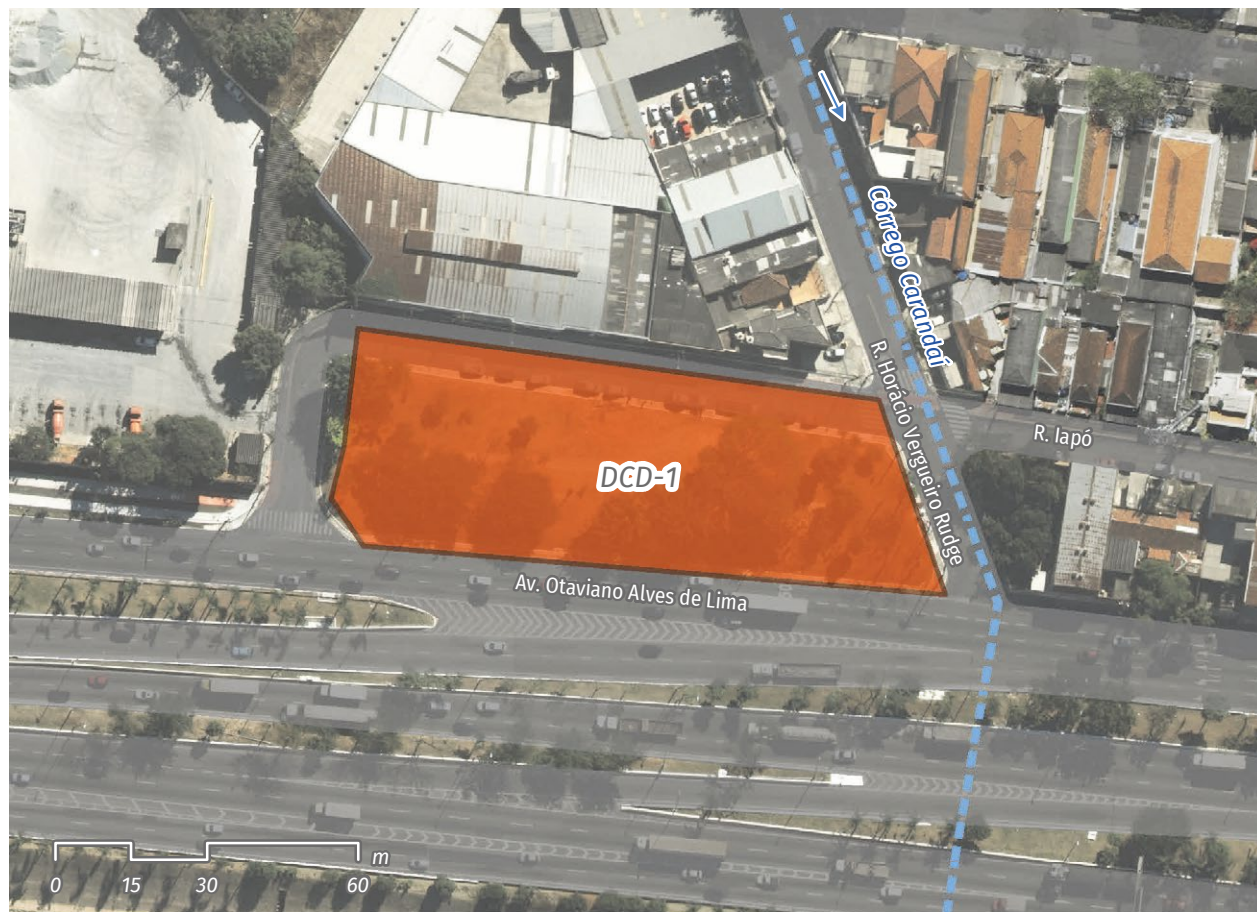
Área: 2.200 m²

Localização: Pç. Airton de Abreu

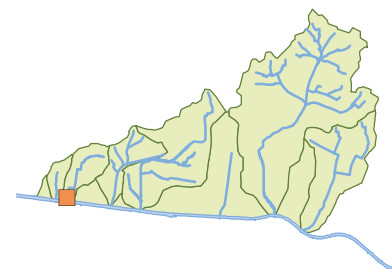
Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



FIGURA 6.22 Localização do reservatório do pôlder Carandaí 1, no córrego Carandaí, alternativas 1 e 2



Reservatório – DCD-1
Alternativas 1 e 2 (1ª etapa)
Volume: 17 mil m³
Área: 4.500 m²
Localização: R. Iapó
Características: fechado em concreto,
off line e com esgotamento por bombas



6.4 VISTAS E PERSPECTIVAS DA LAGOA COM RETENÇÃO LTN-1

No item a seguir, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, plantas e cortes das propostas urbanísticas a serem desenvolvidas em conjunto com as obras de drenagem para o controle de cheias na região do aeroporto Campo de Marte, localizado na bacia do córrego Tenente Rocha. Situada no norte da cidade de São Paulo, no bairro Santana, a solução prevê a implantação de uma pequena lagoa ao lado da pista de pouso com área total de 33.000 m². Essa lagoa funcionará como um reservatório, capaz de armazenar até 23.000 m³ de água durante

eventos de cheia, reduzindo o risco de alagamentos na pista de pouso.

A proposta paisagística foi concebida para integrar-se harmonicamente às infraestruturas de drenagem urbana, de modo a contribuir para a melhoria ambiental e paisagística da região, seguindo critérios urbanísticos e paisagísticos.

Devido ao uso aeroviário da área, a implantação do reservatório deve obedecer a restrições quanto à inclinação da topografia – limitada a 75 metros do centro da pista, compondo a faixa da pista – e à altura dos elementos construtivos e/ou naturais próximos à pista, os quais seguem uma inclinação de 7%, conforme representado na **FIGURA 6.25**.

FIGURA 6.23 Planta geral da proposta paisagística da lagoa de retenção



R. Ten. Rocha

Área caminhável

Delimitação das superfícies limitadoras de obstáculos

Vegetação alagável

Córrego

12





Maciço arbóreo

Lagoa permanente

75m

0 75 150 m



FIGURA 6.24 Planta geral da proposta paisagística da lagoa de retenção, em situação de cheia





Escadarias/arquibancadas

B

B

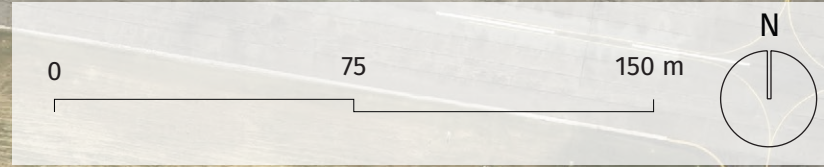
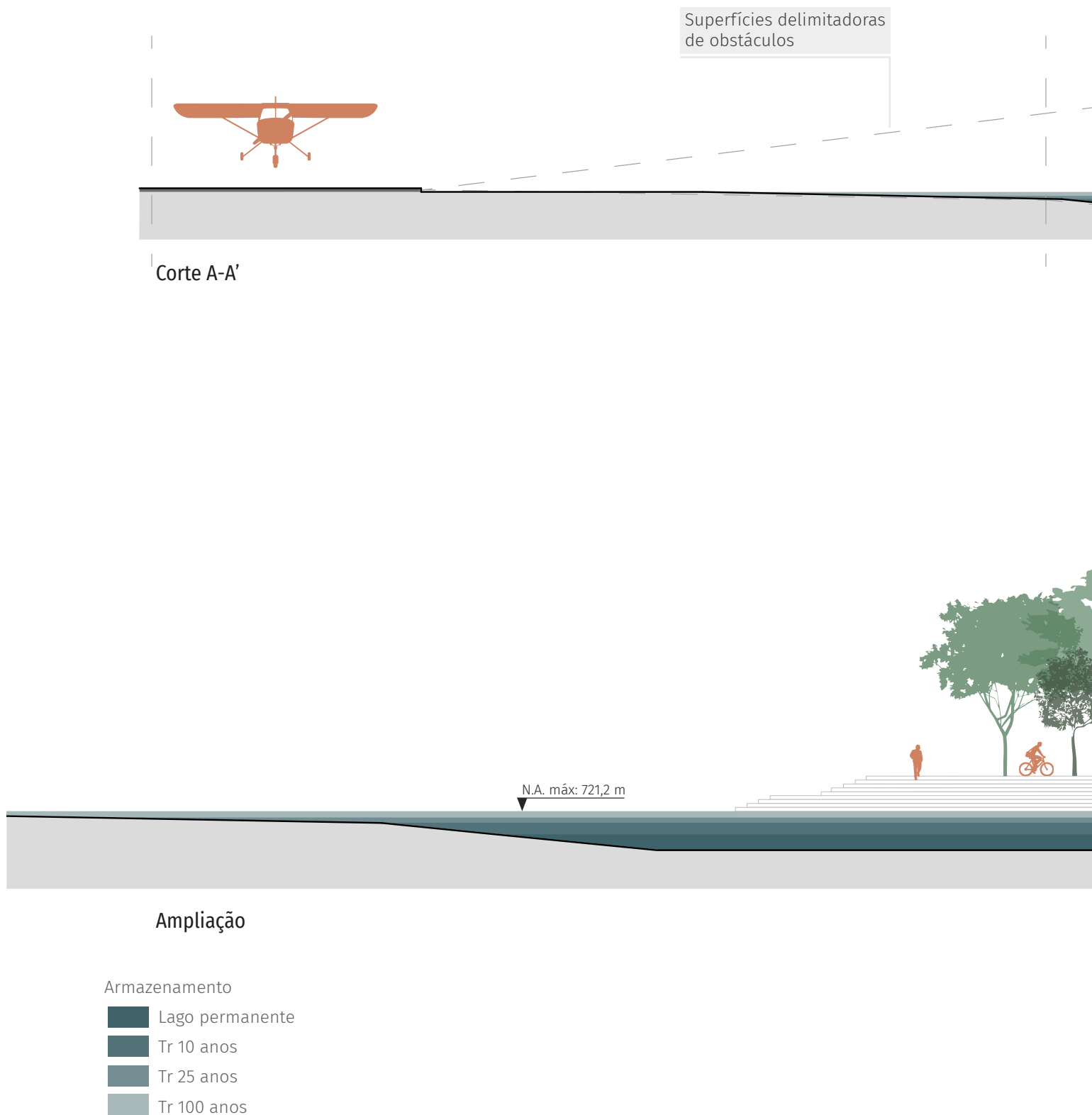
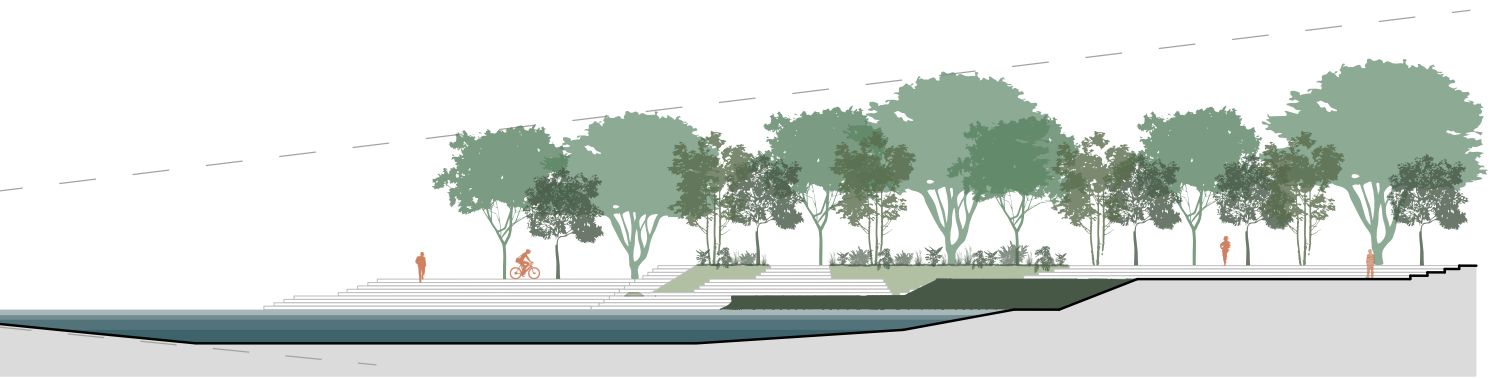
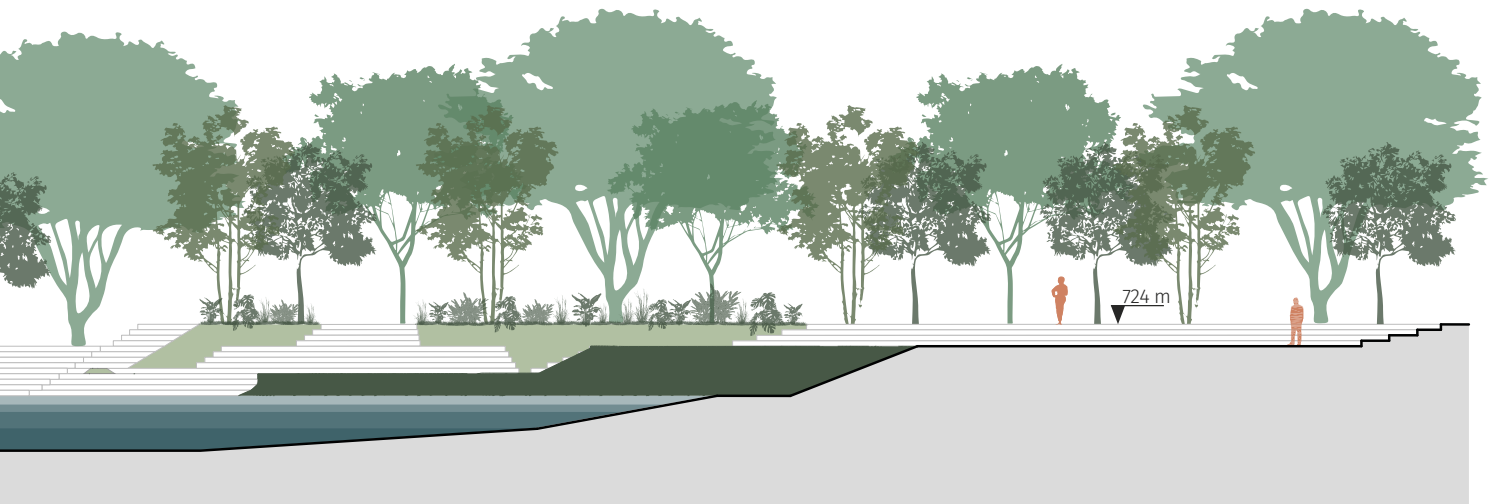


FIGURA 6.25 Corte A-A' da proposta paisagística da lagoa de retenção



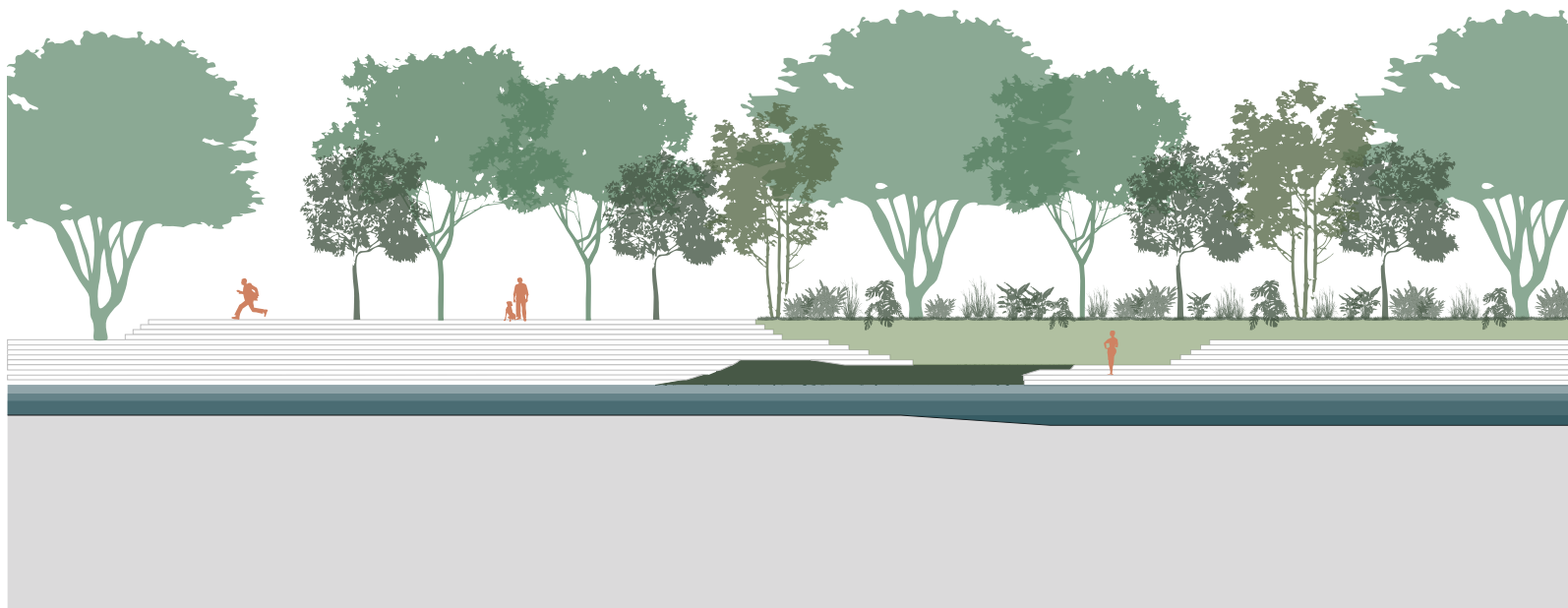


0 10 20m



0 10 20m

FIGURA 6.26 Corte B-B' da proposta paisagística da lagoa de retenção



Corte B-B'

- Armazenamento
- Lago permanente
 - Tr 10 anos
 - Tr 25 anos
 - Tr 100 anos

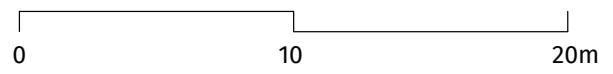
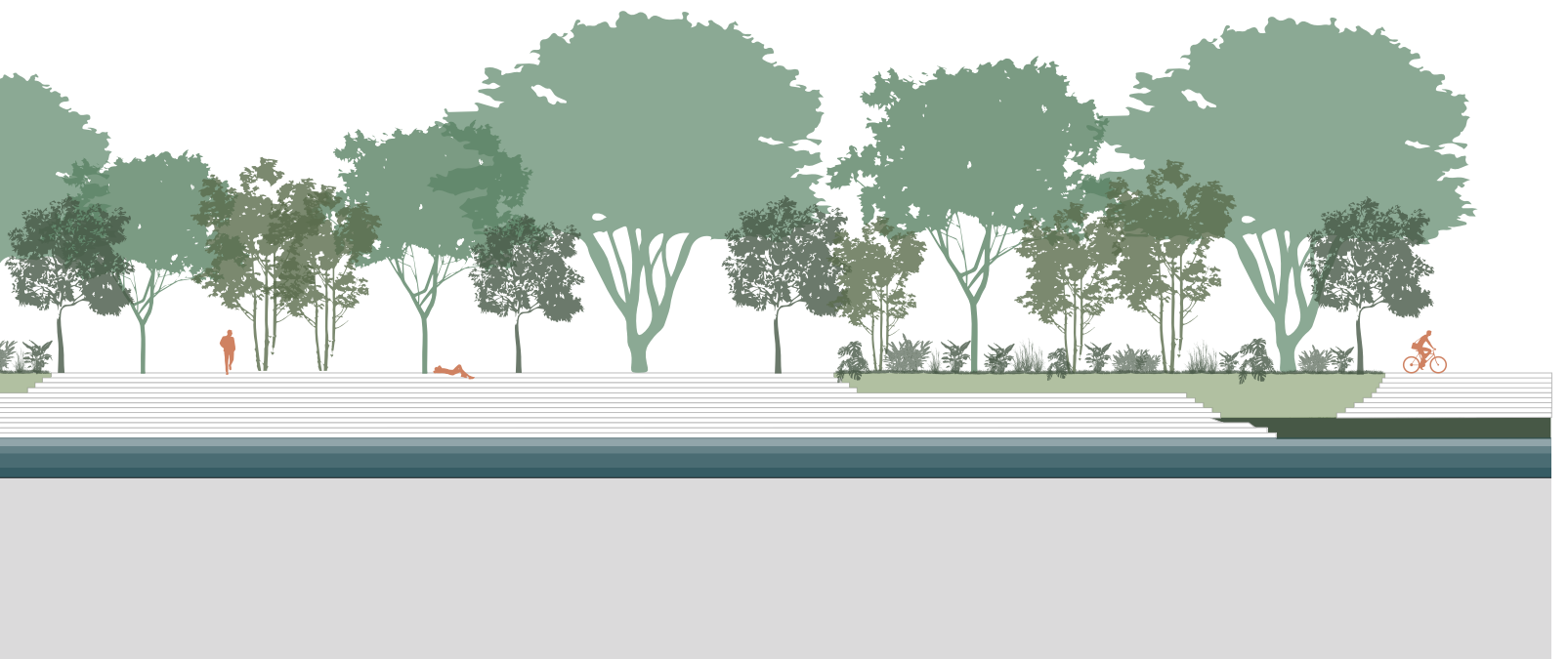


FIGURA 6.27 Perspectiva geral da proposta paisagística da lagoa de retenção



R. Ten. Rocha

Pista de pouso e decolagem

Reserva de Mata Atlântica



Av. Braz Leme

Nascente do afluente

FIGURA 6.28 Perspectivas em situações de seca e de cheia do trecho de jusante da proposta paisagística da lagoa de retenção





Pista de caminhada

Maciço arbóreo

FIGURA 6.29 Perspectivas em situações de seca e de cheia do trecho de montante da proposta paisagística da lagoa de retenção





Mirante

Escadarias/arquibancadas

FIGURA 6.30 Perspectiva aérea em situação de seca da proposta paisagística da lagoa de retenção

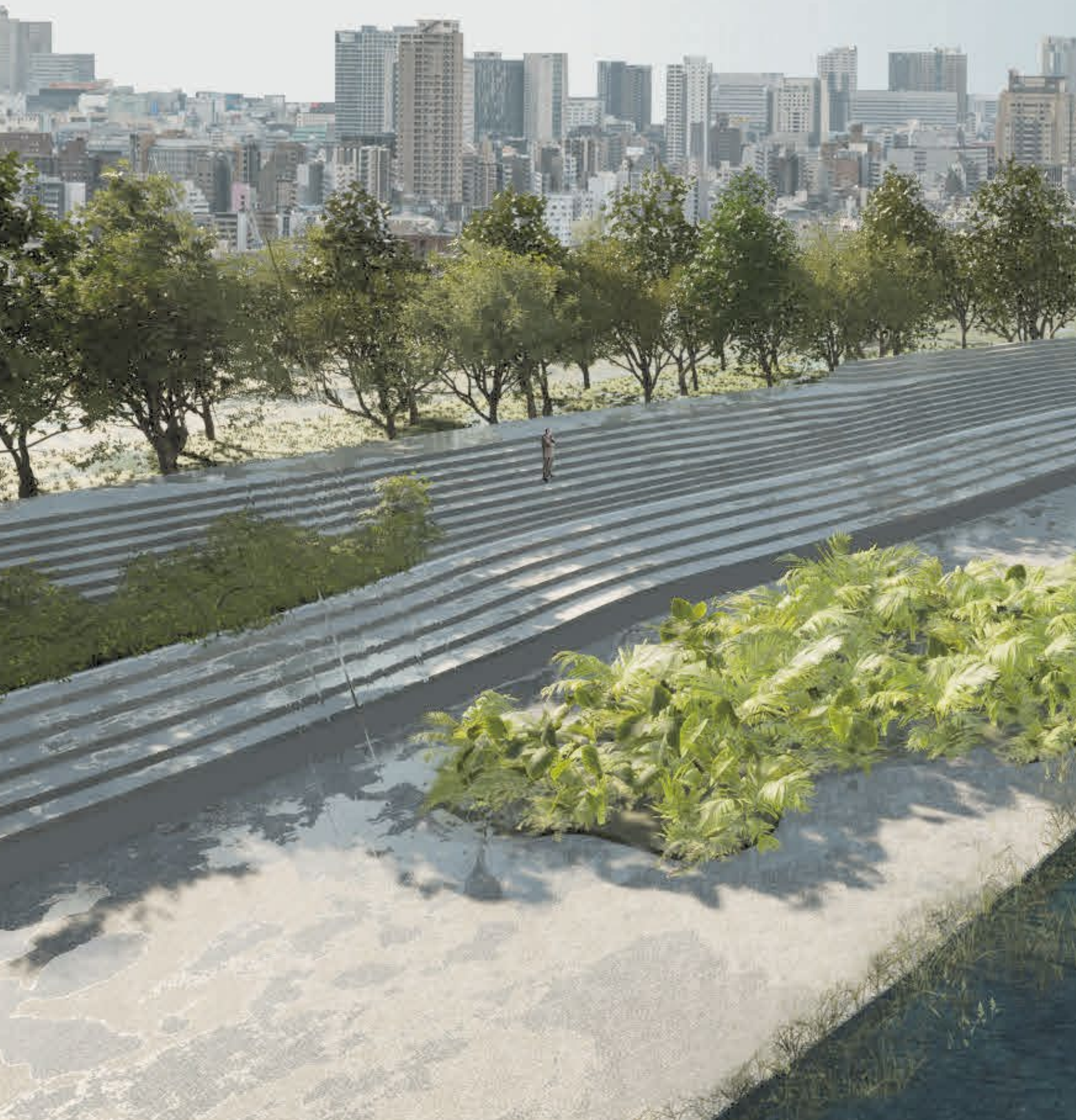
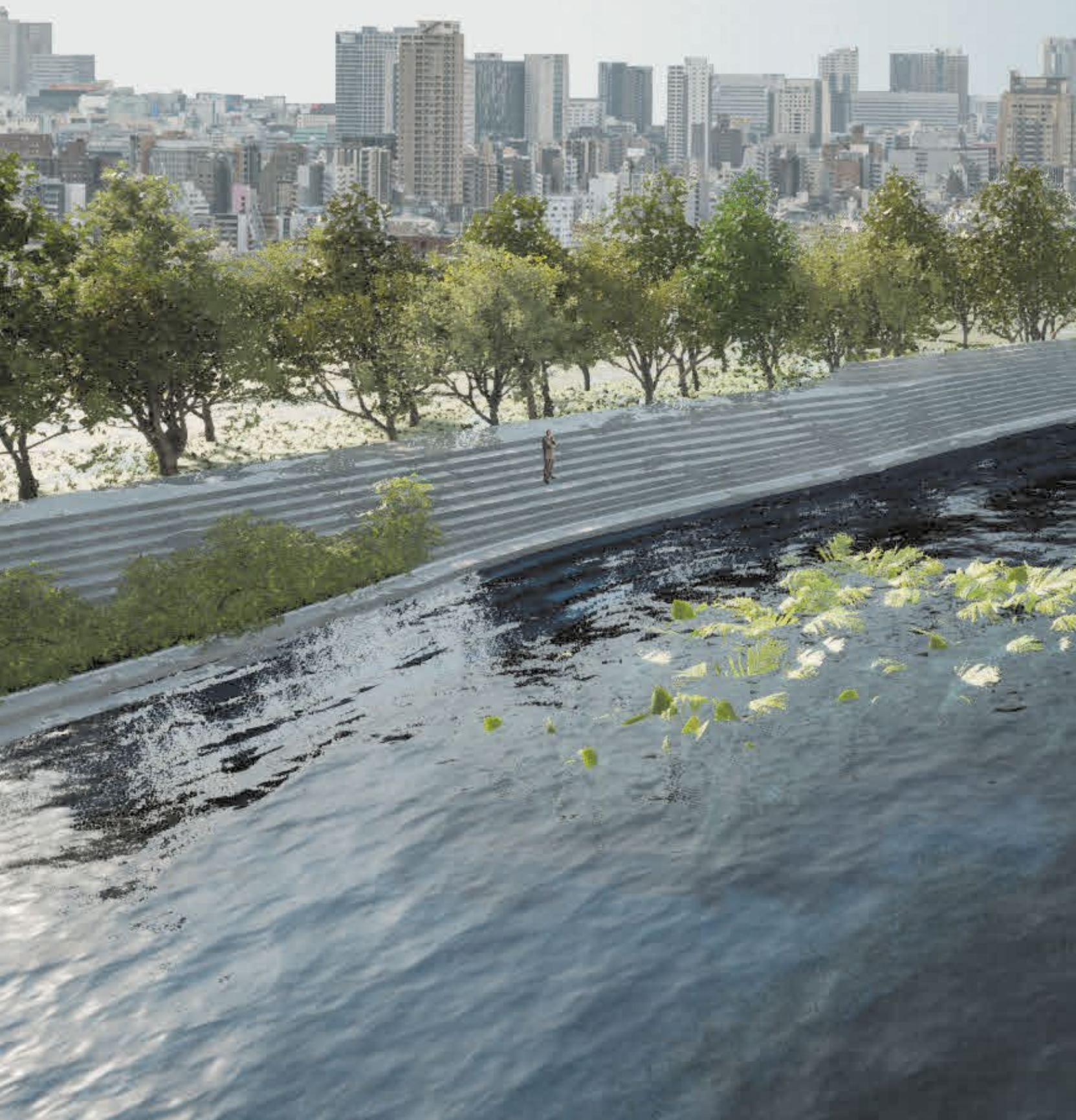




FIGURA 6.31 Perspectiva aérea em situação de cheia da proposta paisagística da lagoa de retenção



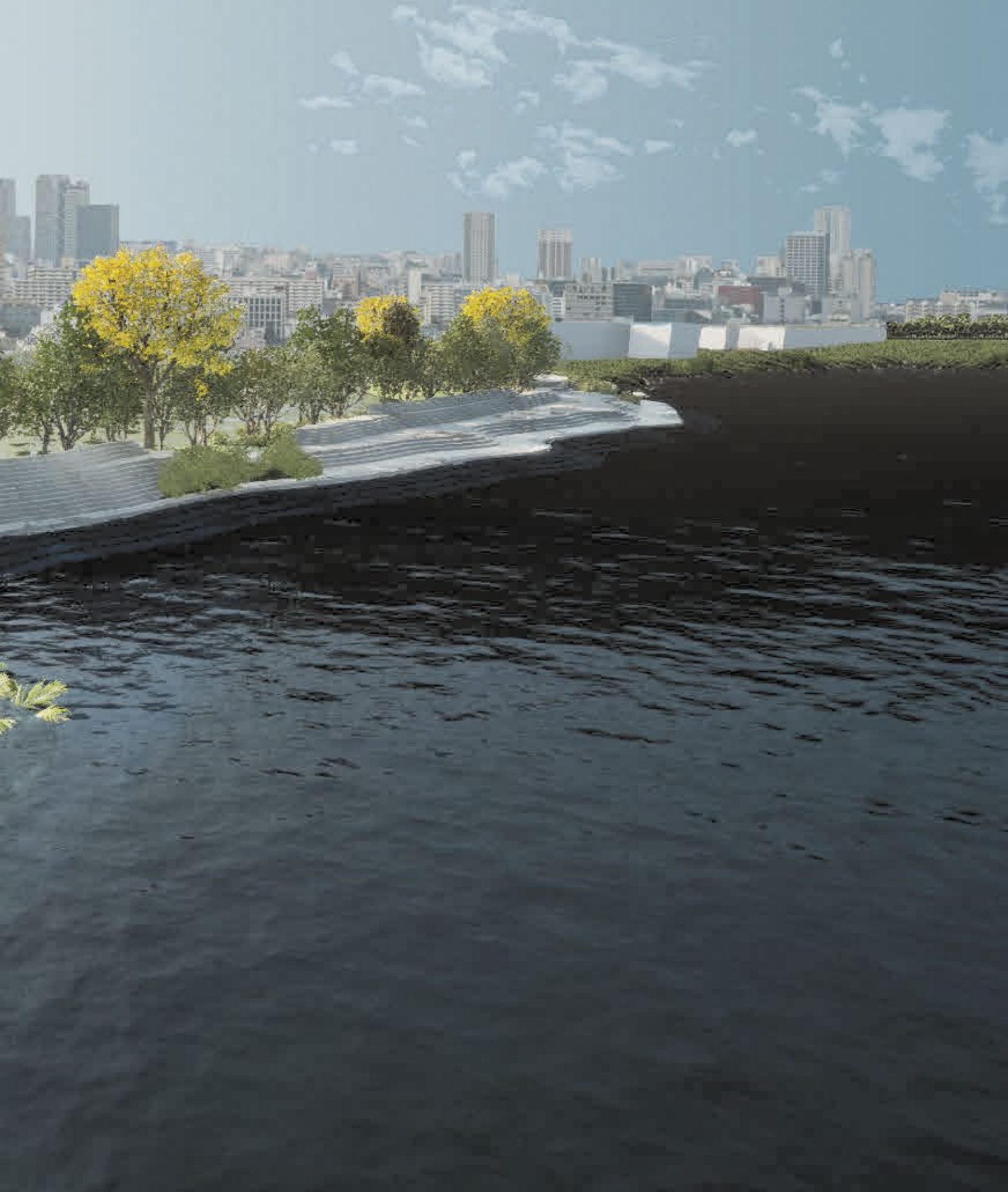


FIGURA 6.32 Perspectivas em situações de seca e de cheia da proposta paisagística da lagoa de retenção





6.5 MEDIDAS COMPLEMENTARES

As intervenções propostas em cada alternativa para as bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha foram dimensionadas a partir da premissa de que o sistema de drenagem existente opera com sua capacidade máxima, conforme cadastros realizados em 1986 e 2006 e disponibilizados pela PMSP. Ressalta-se que o desempenho adequado das medidas propostas está diretamente relacionado à manutenção das galerias e à preservação de sua capacidade de escoamento. Recomenda-se, dessa forma, a programação de vistorias em toda a extensão dos córregos e, caso identificadas, a remediação de possíveis avarias que possam prejudicar o funcionamento do sistema e a implantação de novas medidas nas bacias.

6.6 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

A concepção das medidas não estruturais se apoia na adequação da convivência da população com as cheias, ou seja, são medidas que visam reduzir os danos das inundações a partir de leis, regulamentos, planos e programas, tais como o disciplinamento do uso e da ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e o desenvolvimento

de planos de contingência para atuar em emergências.

O Caderno de Bacia Hidrográfica ressalta a importância do zoneamento de inundações como parte do processo de controle de cheias no Município de São Paulo.

Ao introduzir o zoneamento de inundações, devem ser abordadas ações complementares, como o desenvolvimento do plano de contingência e a expansão do sistema de alerta para todas as áreas do município.

6.6.1 ZONEAMENTO DAS ÁREAS INUNDÁVEIS

O zoneamento de inundação trata da regulamentação das áreas inundáveis através de sua incorporação à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.

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

O zoneamento das áreas de inundação funciona como um elemento técnico a ser observado na especificação do conjunto de regras para a ocupação das áreas de risco, visando minimizar as perdas materiais e

humanas resultantes das inundações. Assim, sugere-se como diretrizes de uso e de ocupação do solo, a serem inseridos na lei de zoneamento, critérios gerais como:

- 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 restrição total à ocupação, cabendo sua utilização apenas para parques lineares, campos de esportes não impermeabilizados etc., conforme definido em decreto.

Como exemplo, foram estimadas as zonas de inundação geradas pela chuva de período de retorno de 100 anos na condição atual do sistema de drenagem urbana. A regulamentação do zoneamento de uso dessas áreas pode ser definida em função do uso original.

Ao considerar as restrições à ocupação, a legislação deve orientar os proprietários da

região na adaptação dos espaços. Para isso, são estabelecidos critérios para construções resilientes a inundações, conforme segue²³:

- Estabelecimento de pisos com nível superior à linha d'água estimada, proporcionando áreas seguras para a proteção de pessoas e armazenamento de materiais de valor;
- Vedação, temporária ou permanente, de aberturas como portas, janelas e dispositivos de ventilação;
- Elevação de estruturas existentes;
- Construção de novas estruturas sobre pilotis;
- Construção de pequenos diques circundando as estruturas;
- Realocação ou proteção individual de artigos que possam ser danificados;
- Realocação de equipamentos elétricos para os pisos superiores e desligamento do sistema de alimentação durante o período de cheias;
- Uso de material resistente à submersão ou ao contato prolongado com a água;
- Reforço e vedação de paredes de porões e de pisos sujeitos à inundação;

23. TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

- Ancoragem de paredes para prevenir deslizamentos (a ancoragem é uma técnica de engenharia empregada para estabilizar e reforçar estruturas);
- Em áreas baixas, considerar o refluxo das águas provenientes de cheias do curso principal através dos canais e galerias projetados, a fim de proteger as áreas afetadas;
- As estruturas devem ser projetadas para resistir à pressão hidrostática, a empuxos, a momentos e a erosão;
- Nos pavimentos de edificações com risco de inundação, prever o escoamento através da estrutura, evitando o desmoronamento de paredes.

A **FIGURA 6.33** indica as zonas de uso que devem passar por regulamentação junto à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS). Para as zonas originais indicadas na Figura, deve ser mantido o tipo de uso e acrescentada a condição de restrição.

A regulamentação dos usos em zonas com restrições deve prever o desenvolvimento do plano de contingência para atuar em emergências.




A incorporação do zoneamento de áreas inundáveis fundamenta o desenvolvimento de políticas públicas urbanas relacionadas ao planejamento e à gestão de sistemas de drenagem.



















Foto aérea das imediações da Pç. Orlando Silva e Av. Gen. Ataliba Leonel (foto: FCTH)

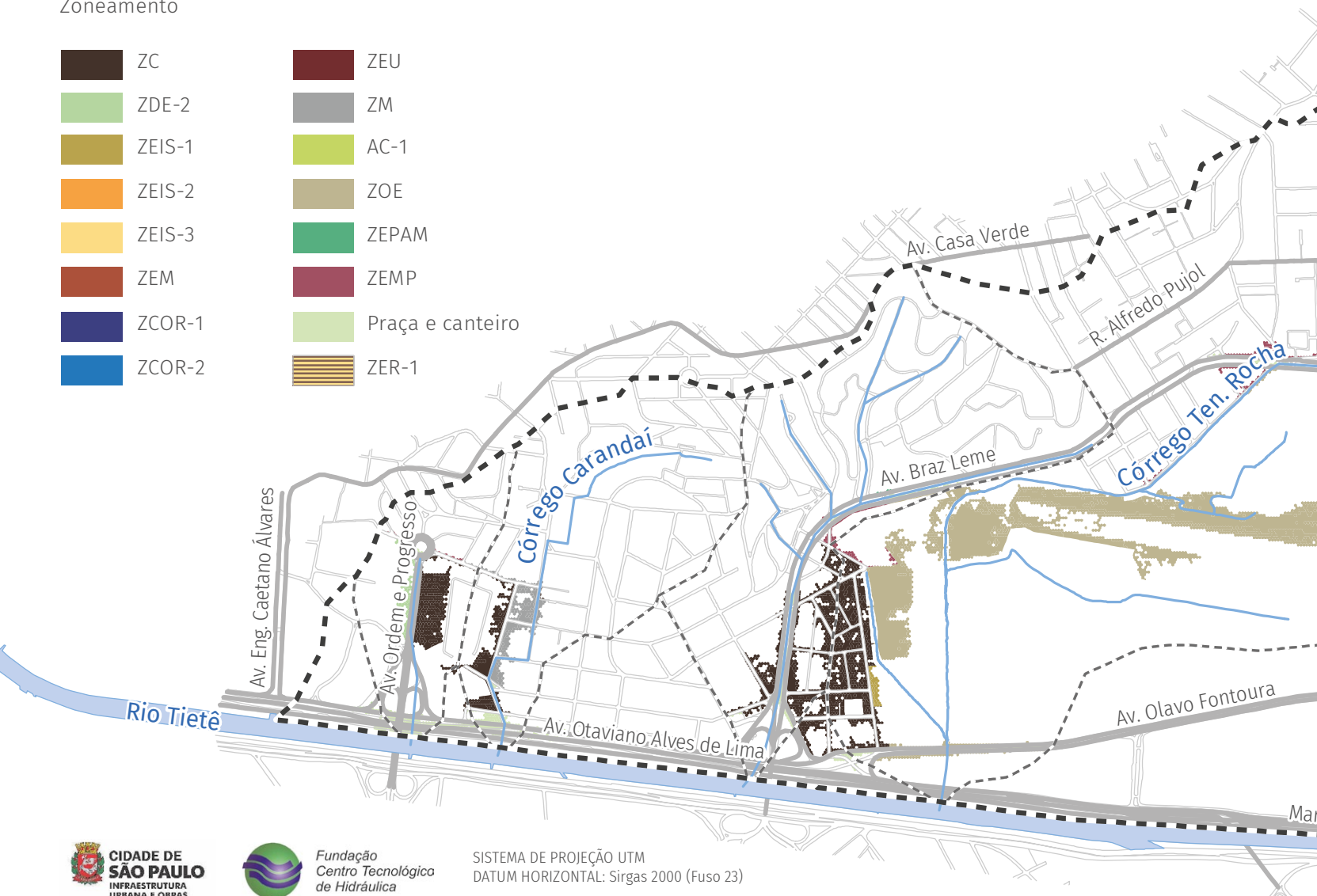
FIGURA 6.33 Zonas de inundação passíveis de regulamentação nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária

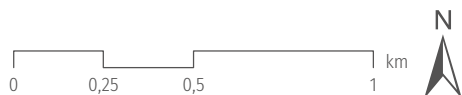
Zoneamento

- | | |
|---|--|
|  ZC |  ZEU |
|  ZDE-2 |  ZM |
|  ZEIS-1 |  AC-1 |
|  ZEIS-2 |  ZOE |
|  ZEIS-3 |  ZEPAM |
|  ZEM |  ZEMP |
|  ZCOR-1 |  Praça e canteiro |
|  ZCOR-2 |  ZER-1 |



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2024),
Mapa Hidrográfico do Município (2024), FCTH (2024) e
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)





6.6.2 DIRETRIZES DO PLANO DE CONTINGÊNCIA

O plano de contingência para eventos chuvosos intensos deve apresentar as medidas a serem tomadas pelo município através de suas unidades técnicas, definindo as atribuições de cada órgão para atender às emergências. Esse documento deve ser desenvolvido com a finalidade de organizar e integrar as ações necessárias para o controle de eventos extremos.

O Município de São Paulo dispõe de vasta experiência no gerenciamento de contingências resultantes de episódios de chuvas intensas. A estrutura de gerenciamento de emergências para atuar no atendimento das ocorrências de inundações é composta pelas seguintes instituições:

- Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGE). Órgão vinculado à Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB). Atua na interpretação dos dados hidrometeorológicos e na previsão de chuvas que possam causar alagamentos, inundações ou transbordamentos de córregos ou rios;
- Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Vinculada à Secretaria Municipal de Segurança Urbana (SMSU). Monitora a

ocorrência de problemas com base nas previsões e observações do CGE, emite avisos para as demais unidades operacionais do município e aciona instâncias de mobilização de recursos humanos e materiais. Atua em estreita ligação com a alta administração municipal e com os órgãos de segurança pública. Em casos de calamidade, incumbe-se de notificar as instâncias superiores e da Defesa Civil estadual. Também vinculado ao monitoramento e repasse de informações sobre as ocorrências da cidade de São Paulo, destaca-se o Centro de Controle Operacional Integrado (CCOI);

- Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras (SMSP). Ao identificar emergências, mobiliza recursos humanos e materiais alocados nas subprefeituras para o atendimento de ocorrências previamente avaliadas pelas equipes precursoras de campo. As subprefeituras costumam ser acionadas através de suas coordenações de projetos e obras, que mantêm equipes permanentes capacitadas para atuar no atendimento das necessidades decorrentes dos alagamentos, inundações e ocorrências de desastres em razão de chuvas intensas;
- Secretaria Municipal de Habitação (SEHAB). Identificadas necessidades de relocação ou transferência temporária

- de bens e pessoas afetados pelas inundações, a SEHAB proporciona soluções que podem ser adotadas para preservar a segurança e o bem-estar das populações atingidas pelas inundações;
- Secretaria Municipal de Assistência e Desenvolvimento Social (SMADS). Atua diretamente na assistência da população quando necessário, compreendendo medidas como a alocação temporária de desabrigados e a prestação de assistência com recursos para a preservação da saúde pública.

Cabe destacar a necessidade de instalação dos Núcleos de Defesa Civil (NUDEC), órgão vinculado à Defesa Civil, que consiste em um grupo comunitário organizado para participar das atividades de defesa civil como voluntário. O NUDEC deve ser implantado nas áreas de risco de inundações, e tem por objetivo organizar e preparar a comunidade local para agir na ocorrência dos eventos.

A articulação entre as instituições envolvidas nas ações emergenciais do Município de São Paulo é representada na **FIGURA 6.34**.

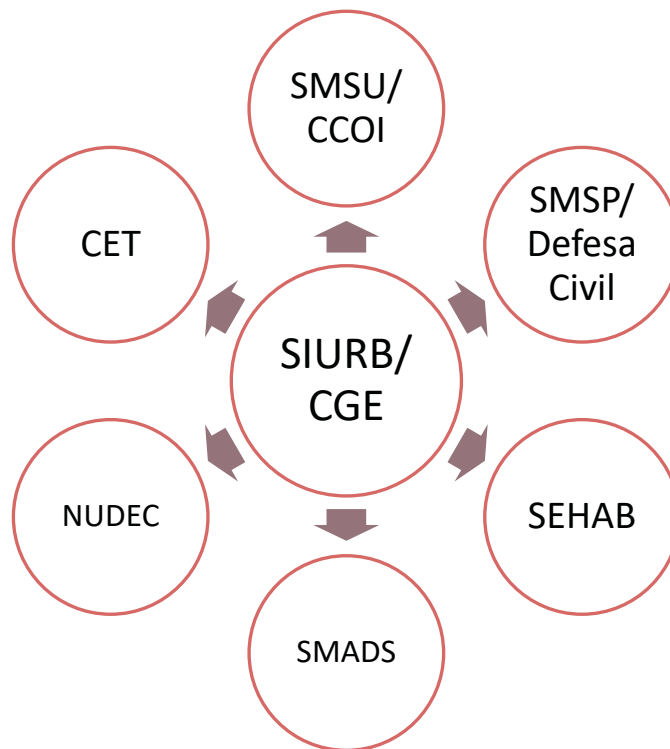


FIGURA 6.34 Articulação institucional em situações de emergência

6.6.3 MONITORAMENTO EM TEMPO REAL E PREVISÕES

O monitoramento em tempo real propicia uma avaliação do desempenho permanente dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Esse monitoramento constitui-se por meio do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As informações obtidas pelo sistema de monitoramento em tempo real possibilitam prever situações críticas e permitem acionar os meios humanos e materiais de proteção a eventos extremos.

A previsão e o alerta de inundação compõem-se da aquisição de dados em tempo real, da transmissão de informações para um centro de análise e da previsão em tempo atual com modelo matemático e acoplada a um plano de contingências e de defesa civil, que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as inundações.

O Município de São Paulo é equipado com um sistema de alerta de inundações, conforme apresentado a seguir.

6.6.3.1 SISTEMA DE ALERTA DE INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO (SAISP)

O SAISP é um sistema operado pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH). O monitoramento hidrológico do SAISP é feito pela Rede Telemétrica de Hidrologia da Bacia do Alto Tietê, que contém as estações de monitoramento do DAEE e da PMSP; pelo Radar Meteorológico de São Paulo, do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE); e pelo Radar Meteorológico de alta resolução da FCTH, localizado no Parque da Ciência e Tecnologia (CienTec), da Universidade de São Paulo (USP).

O sistema gera a cada cinco minutos boletins sobre as chuvas. Os alertas de chuvas são mensagens enviadas pelos operadores e meteorologistas do SAISP, e têm como objetivo manter os usuários informados sobre a chuva observada e suas consequências para a cidade de São Paulo. Os principais produtos do SAISP são:

- Mapas de chuva observada na área do Radar de Ponte Nova;
- Leituras de postos das Redes Telemétricas do Alto Tietê;
- Mapas com previsões de inundações na cidade de São Paulo.

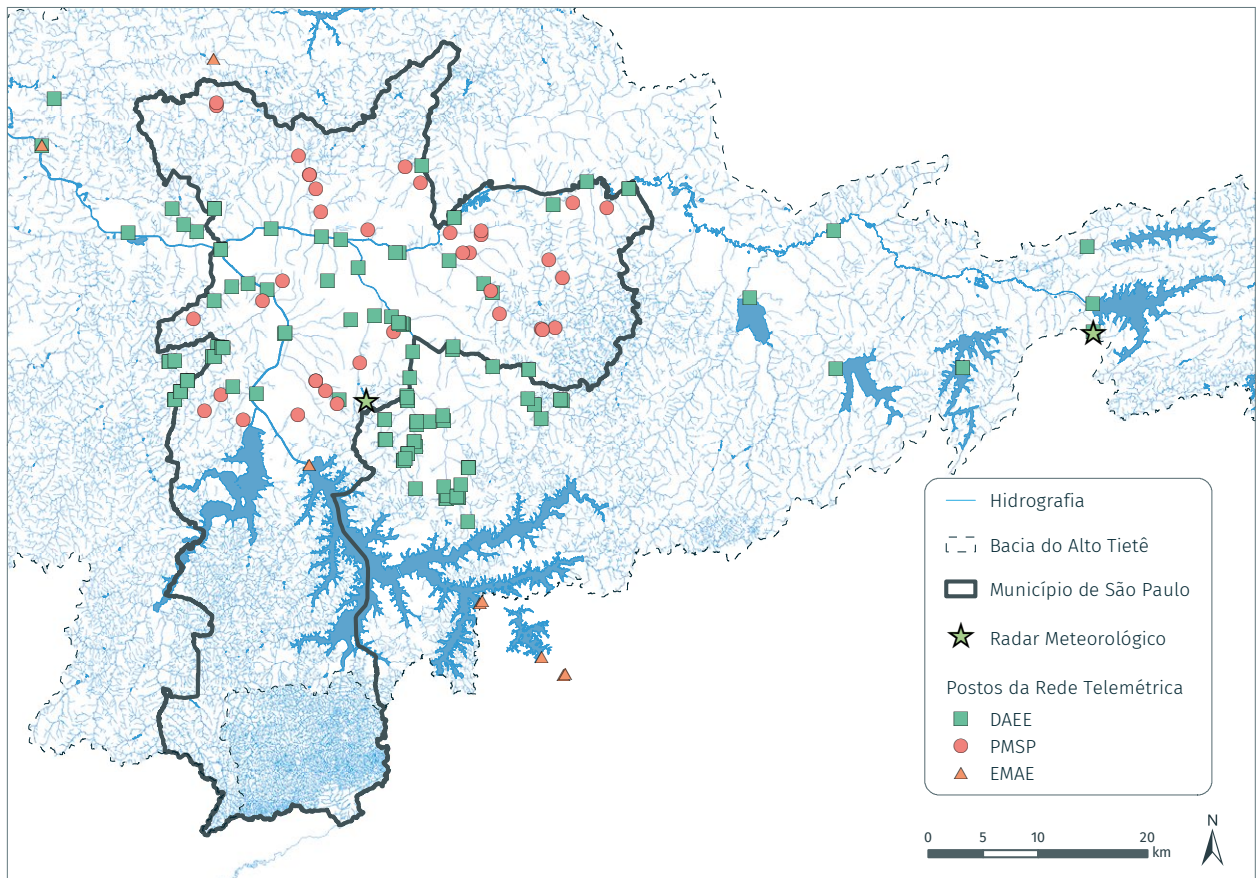


FIGURA 6.35 Postos da rede telemétrica do SAISP

O mapa da **FIGURA 6.36** mostra a chuva observada pelo radar com os pontos de alerta emitidos pela rede telemétrica no evento chuvoso ocorrido no dia 4 de abril de 2019.

Radar meteorológico

Toda vez que uma chuva é observada na imagem do radar meteorológico, uma mensagem é enviada com uma breve descrição sobre sua intensidade, sua localização e seu deslocamento.

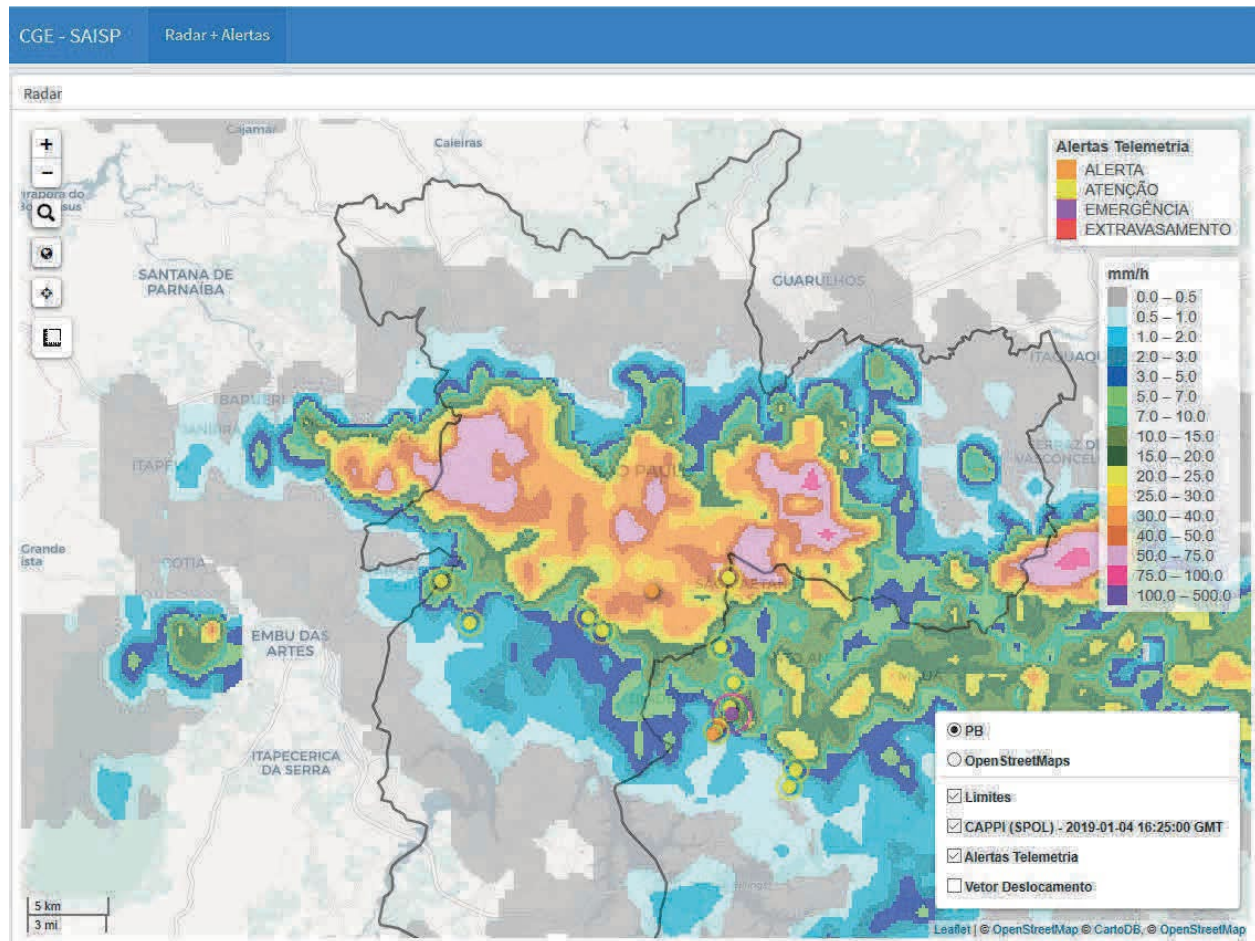


FIGURA 6.36 Mapa de chuva observada e alertas da telemetria

Rede telemétrica

Além do alerta de chuvas, também são enviadas mensagens em tempo real sobre os níveis dos rios.

Na área da Região Metropolitana de São Paulo, é de extrema importância conhecer o comportamento da chuva no solo e suas consequências para os rios. Os principais córregos e rios da RMSP são monitorados, sendo estabelecidos quatro níveis de criticidade: “atenção”, “alerta”, “emergência” e “extravasamento”. Sempre que o nível de água no rio muda de estado, tanto na subida como na descida, é enviado um alerta informando o estado em que o rio está.

O fluviograma apresentado na **FIGURA 6.38** indica o nível do Rio Tietê durante a passagem da onda de cheia no evento do dia 1º de dezembro de 2018 e seus níveis de criticidade.

6.6.3.2 CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS (CGE)

Órgão da Prefeitura de São Paulo responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas na capital, o CGE transmite as informações relacionadas à hidrometeorologia para diversas secretarias municipais, órgãos e interessados, como Defesa Civil, CET, Corpo de Bombeiros, subprefeituras, municípios e os mais variados veículos da imprensa, incluindo os principais jornais, revistas, portais de notícias na internet e emissoras de rádio e TV.

Em parceria com a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC), no período chuvoso, o CGE opera o Plano Preventivo Chuvas de Verão (PPCV), realizado em parceria com outros órgãos, para prevenir os efeitos danosos provocados pelas fortes chuvas registradas no período. Nesse trabalho, o CGE exerce a função de notificar e manter informados os órgãos participantes sobre as condições meteorológicas previstas, o acumulado das chuvas, entre outros.

O CGE opera o sistema integrado de informações associadas à comunicação em tempo integral com as equipes da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), Defesa Civil, Secretaria Municipal das Subprefeituras, Corpo de Bombeiros, entre outros.

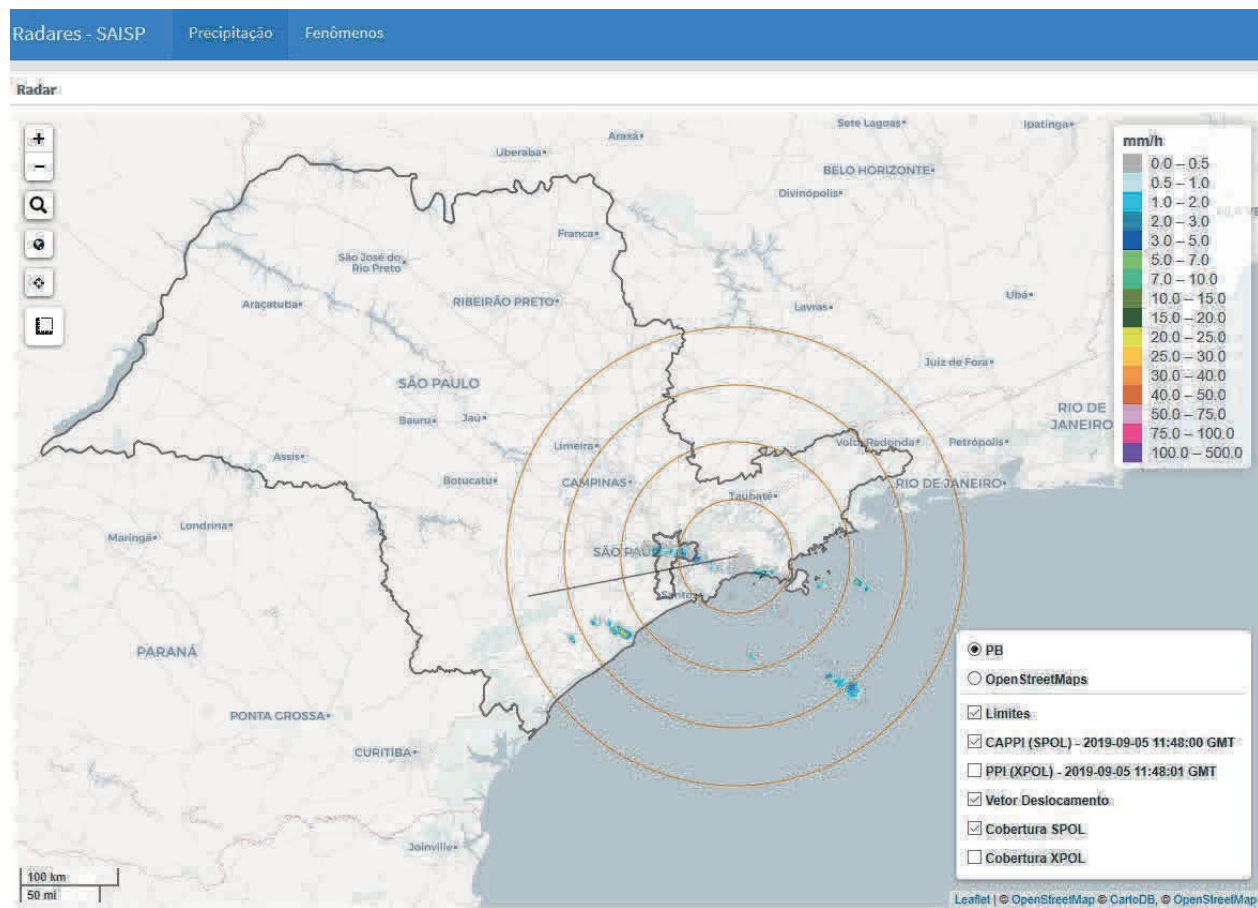


FIGURA 6.37 Área de cobertura do radar meteorológico do DAEF

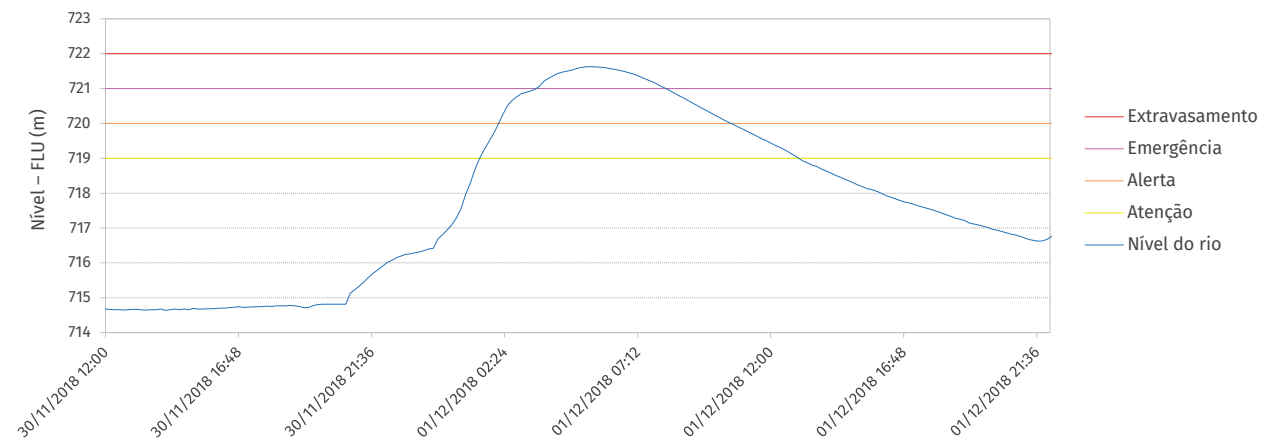


FIGURA 6.38 Nível do Posto 6 - Rio Tietê - Ponte do Limão

6.7 MEDIDAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEIS

As medidas de drenagem sustentáveis são aquelas que apresentam a nova visão de convivência com as cheias urbanas, propondo a redução e o tratamento do escoamento superficial gerado pela urbanização.

Incluídas nesse conjunto de medidas estão também as Soluções baseadas na Natureza (SbN), que constituem dispositivos que se valem da natureza e de suas funções ecossistêmicas para proteger, preservar, restaurar, utilizar de maneira sustentável e gerenciar ecossistemas terrestres e aquáticos. Essas soluções têm o propósito de enfrentar os desafios sociais, econômicos e ambientais de forma eficaz e adaptável, ao mesmo tempo em que fomentam o bem-estar humano, os serviços ecossistêmicos, a resiliência e os benefícios para a biodiversidade²⁴.

O papel das medidas de drenagem sustentáveis é o de atenuar os impactos da

urbanização sobre a quantidade e a qualidade das águas urbanas.

Essas medidas contêm dispositivos que atuam na redução dos volumes escoados, introduzem alternativas que se integram harmoniosamente com a paisagem e, também, tratam da poluição difusa, melhorando a qualidade da água que escoa para os canais.

O controle da quantidade se baseia na retenção/detenção, na infiltração, no transporte e na captação da água superficial. O controle da qualidade da água se dá a partir da sedimentação, adsorção, filtração e biodegradação. Fundamentalmente, os dispositivos de drenagem sustentáveis reproduzem os processos hidrológicos naturais de infiltração, filtração, retenção e detenção do escoamento superficial.

Esses dispositivos podem ser implantados em lotes, praças, parques e ao longo de ruas e avenidas, podendo ser classificados conforme as tipologias apresentadas na

TABELA 6.3.

24. UNEP (United Nations Environment Programme). **Nature-based Solutions: Opportunities and Challenges for Scaling Up.** Nairobi: UNEP, 2022.

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de drenagem sustentáveis
(PMSP, 2012²⁵; UACDC, 2010²⁶ e MPCA, 2019²⁷)

Medida	Descrição
<p>Jardim de chuva (biorretenção)</p> 	<p>Função: filtração, infiltração e detenção (SbN)</p> <p>São estruturas simples constituídas por depressão pouco profunda e revestidas com uma camada de substrato (solo preparado para plantio) e plantas. Possuem alta eficiência na remoção de poluentes e contribuem para a valorização do espaço urbano com o incremento de áreas verdes</p>
<p>Canteiro pluvial (biorretenção)</p> 	<p>Função: filtração, infiltração e detenção (SbN)</p> <p>Estruturas de biorretenção semelhantes aos jardins de chuva. São geralmente mais profundas e podem apresentar uma configuração linear, sendo possível a implantação ao longo de vias e passeios. Essas estruturas também possuem alta eficiência na remoção de poluentes e contribuem para a valorização do espaço urbano</p>
<p>Biovaleta</p> 	<p>Função: condução, filtração e detenção (SbN)</p> <p>Esses dispositivos correspondem a estruturas simples, sendo necessárias apenas escavações, de maneira a conformar depressões com uma direção preponderante de escoamento. É também um dispositivo de biorretenção, pois, enquanto conduz o escoamento superficial, realiza o tratamento das águas pluviais</p>
<p>Telhado verde</p> 	<p>Função: filtração e detenção (SbN)</p> <p>Esse é outro tipo de biorretenção composto por uma camada drenante (colchão drenante) sob uma camada de substrato vegetado. Além de reter e filtrar as águas das chuvas, poderá criar um espaço de lazer e contemplação. Essas estruturas também contribuem para a regulação das temperaturas internas do edifício</p>

25. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.

26. UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.

27. MPCA (Minnesota Pollution Control Agency). **Green Infrastructure for stormwater management – Minnesota Stormwater Manual**, 2019. Disponível em: <https://stormwater.pca.state.mn.us>. Acesso em: 2 set. 2019.

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de drenagem sustentáveis
(PMSP, 2012²⁵; UACDC, 2010²⁶ e MPCA, 2019²⁷)

Medida	Descrição
<p>Trincheiras de infiltração</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>Valas de infiltração com material poroso sobre solo permeável são implantadas na superfície ou em pequenas profundidades, e têm por objetivo recolher as águas pluviais de afluência perpendicular a seu comprimento. Podem ser instaladas ao longo do sistema viário ou, ainda, junto a estacionamentos, praças e parques</p>
<p>Poço de infiltração</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>Dispositivo de infiltração das águas pluviais bastante semelhante às trincheiras de infiltração. Trata-se de um poço escavado no solo e preenchido com material poroso, como pedregulhos e cascalhos, e revestido com manta geotêxtil. É um sistema com estrutura pontual e vertical, sendo ideal para áreas urbanizadas, por ocupar pouco espaço</p>
<p>Pavimento permeável</p> 	<p>Função: filtração e infiltração</p> <p>Pavimentos dotados de revestimentos superficiais permeáveis ou semipermeáveis. Possibilitam a redução da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária e a infiltração, quando possível, das águas pluviais. Esses dispositivos podem ser estanques e funcionar como reservatórios de amortecimento de águas pluviais</p>
<p>Cisterna</p> 	<p>Função: detenção/retenção</p> <p>Estruturas de armazenamento implantadas em lotes, conectadas aos telhados, que armazenam volumes de água da chuva. Esses volumes podem ser esvaziados ou utilizados no período sem chuvas. O uso concomitante dessas estruturas para fins de reúso e abatimento de cheias deve ser considerado durante seu dimensionamento</p>
<p>Microrreservatório</p> 	<p>Função: detenção/retenção</p> <p>Estrutura semelhante às cisternas, propiciam o armazenamento das águas pluviais em lotes. A implantação desse sistema disseminou-se no Município de São Paulo para atender à Lei nº 12.526/2007, que estabelece a obrigatoriedade de captação e retenção de águas pluviais coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos em lotes edificados ou não e com área impermeabilizada superior a 500 m²</p>

O *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais* (PMSP, 2012) apresenta os critérios de seleção das medidas de drenagem sustentáveis e dá diretrizes para o pré-dimensionamento das estruturas.

Esse manual considera ainda que, no planejamento dos sistemas públicos de drenagem, os efeitos desse tipo de medida sobre a redução dos picos de vazão e dos volumes de escoamento geralmente não são considerados. Por serem intervenções que dependem de diversas condicionantes técnicas e, também, de ações de controle e fiscalização nem sempre simples de serem colocadas em prática, é muito difícil prever se, em determinada bacia, elas serão ou não implantadas de acordo com os critérios de dimensionamento adotados. Por isso, são consideradas medidas complementares, mas ainda assim importantes para aumentar a segurança do sistema.

No que tange à aplicabilidade das medidas de drenagem sustentáveis, é apresentado na **FIGURA 6.39** um mapa que, em função da declividade e da geologia das bacias, indica o potencial de implantação das medidas indicadas nas bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha e das áreas adjacentes ao Rio Tietê. Salienta-se que, na região da planície aluvial, não é indicada a implantação de medidas infiltrantes, uma vez que esse tipo de terreno geralmente é

pouco permeável, e o nível do lençol freático é elevado.

Foram consideradas quatro classes potenciais de implantação de medidas de drenagem sustentáveis nas bacias, de acordo com as seguintes características:

- Potencial muito alto: áreas com declividade entre 0% e 5% fora da planície aluvial;
- Alto potencial: áreas com declividade entre 5% e 10% fora da planície aluvial;
- Potencial médio: áreas com declividade entre 10% e 30% fora da planície aluvial e áreas com declividade entre 0% e 30% dentro da planície aluvial;
- Baixo potencial: áreas com declividade maior que 30%.





As classes potenciais levam em consideração dois importantes requisitos para a implantação de medidas de controle infiltrantes: declividades entre 0% e 5% e níveis baixos do lençol freático. Nos locais que não se enquadram nessas condições, a aplicabilidade dessas medidas de infiltração não é aconselhável, sendo mais indicadas medidas de retenção, como as chamadas “piscininhas”, ou a implantação de medidas de retenção escalonadas, de modo a manter a declividade de até 5% em cada patamar ou degrau.

A efetividade no uso dessas medidas depende da participação da população e da fiscalização constante do crescimento da cidade e da ocupação de áreas de forma irregular, bem como da aplicação das legislações e normas vigentes.





A aplicação das medidas aqui relacionadas, conjuntamente com os sistemas de drenagem convencionais, conduz a uma gestão sustentável da drenagem urbana no Município de São Paulo.

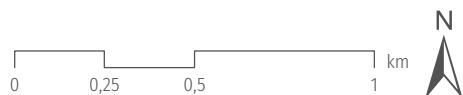
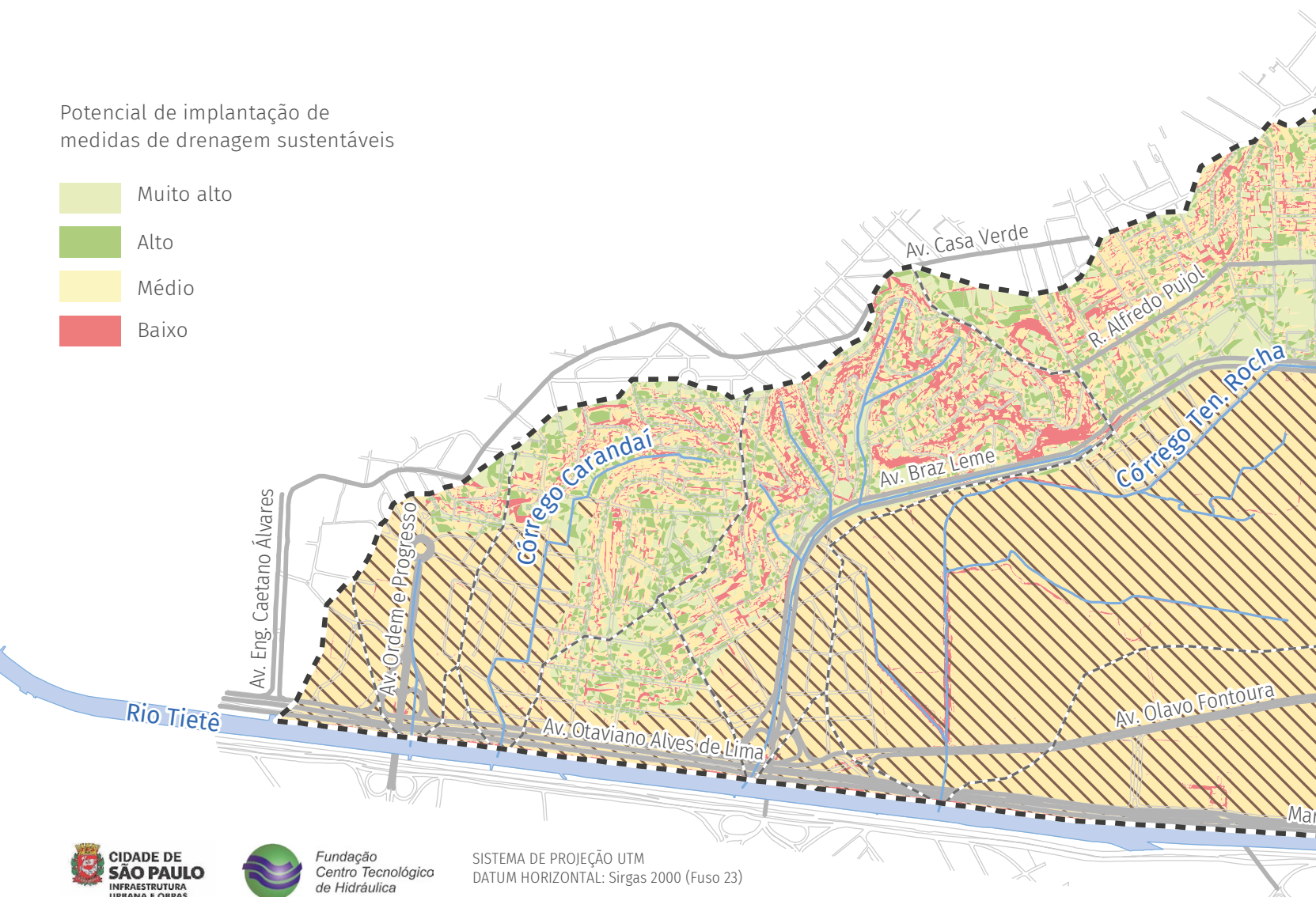
FIGURA 6.39 Potencial de implantação de medidas de drenagem sustentáveis nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha e nas áreas adjacentes ao Rio Tietê

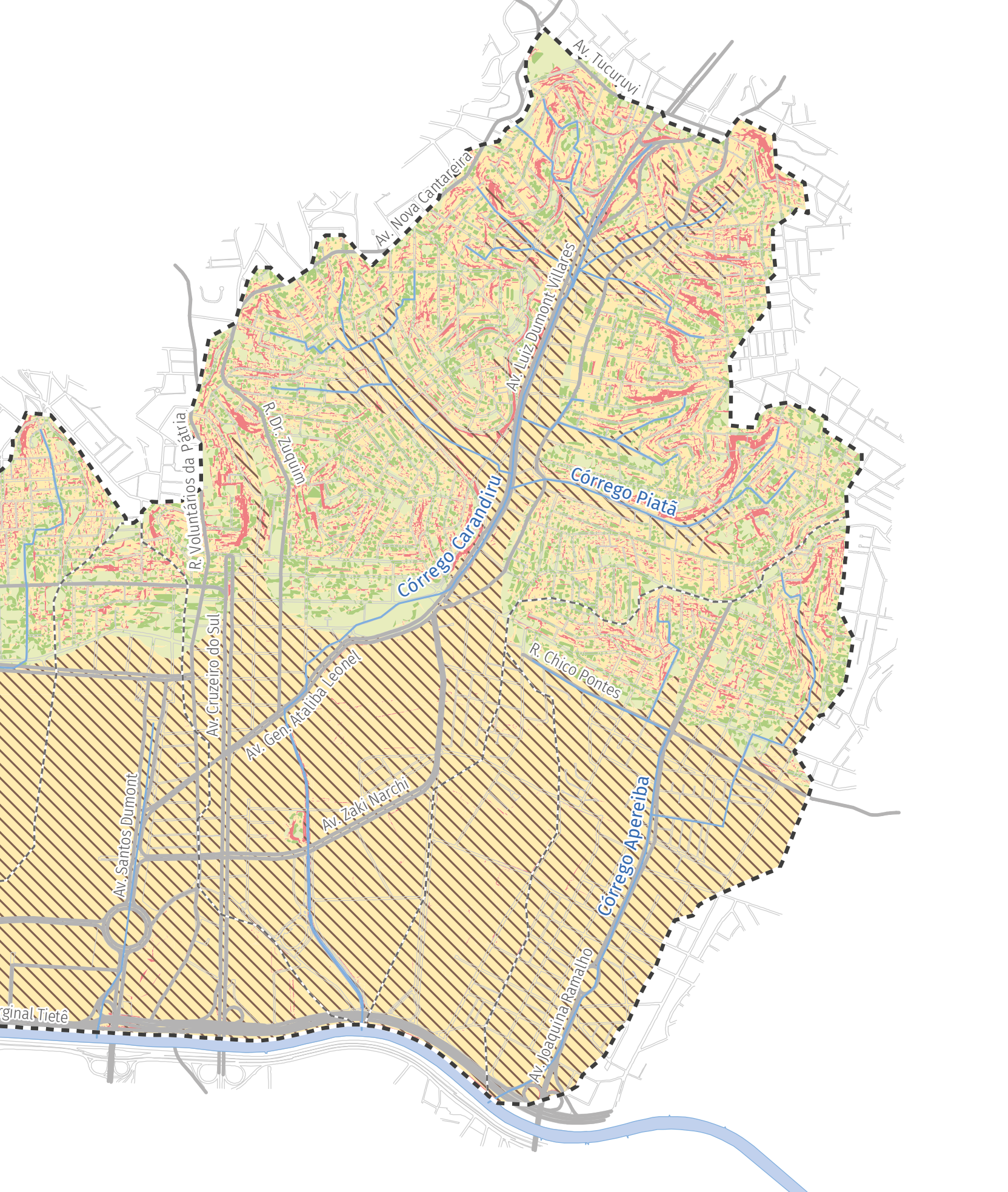
Convenção

-  Área de drenagem
-  Rede de drenagem
-  Quadra viária
-  Planície aluvial

Potencial de implantação de medidas de drenagem sustentáveis

-  Muito alto
-  Alto
-  Médio
-  Baixo





Etapas de implantação das alternativas

Este capítulo apresenta o efeito das obras propostas implantadas em etapas. Neste estudo, o efeito das medidas de controle de cheias foi estimado pela redução das áreas inundáveis.

As medidas estudadas foram dimensionadas tendo em vista o controle do escoamento superficial e a redução das inundações. A 1ª etapa propõe um conjunto de ações que oferece proteção às regiões críticas das bacias frente a chuvas de maior recorrência; a 2ª etapa protege as bacias para chuvas de Tr 10 anos; a 3ª etapa, para chuvas de Tr 25 anos; e a etapa final confere às bacias proteção a chuvas de Tr 100 anos.

A **TABELA 7.1** apresenta os efeitos das alternativas na área e no número de lotes atingidos pelas inundações. Os dados referem-se à condição atual (sem intervenção) e à 1ª, 2ª, 3ª e 4ª etapas de implantação das obras, quando submetidas à chuva de projeto de 100 anos.

A **FIGURA 7.1** ilustra a mancha de inundação originada de uma chuva de Tr 5 anos para a situação atual e para a condição sem chuva nas bacias, com nível do Rio Tietê alto (máximo observado). Vale ressaltar que foi utilizado o período de retorno de 5 anos por se tratar de uma

chuva de projeto adotada pela prefeitura para mapear as manchas de inundação do município.

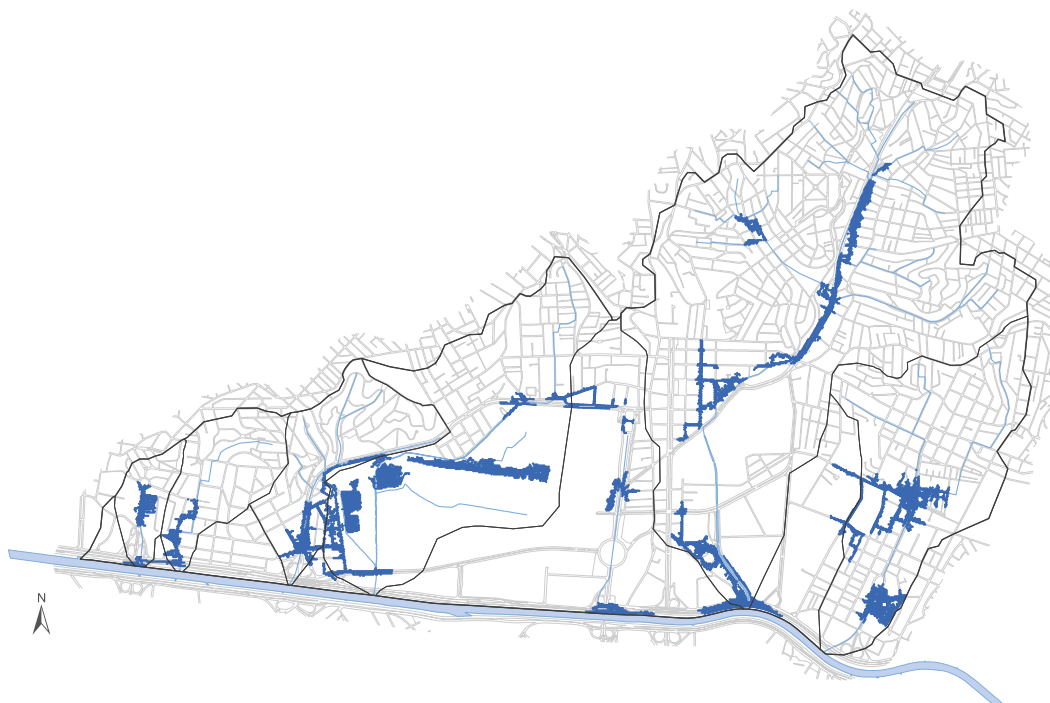
A **FIGURA 7.2** apresenta as manchas de inundação resultantes de uma chuva de Tr 100 anos para a condição sem interven-

ções e para as três etapas da Alternativa 1. Já a **FIGURA 7.3** apresenta as mesmas informações para a Alternativa 2, ressaltando-se que, para a 4ª etapa de obras, não restam manchas de inundação nos cenários estudados.

TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre as bacias

Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km ²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	1,688	3.424
1ª etapa (áreas críticas)	Alternativa 1	0,537	1.178
	Alternativa 2	0,537	1.178
2ª etapa (Tr 10 anos)	Alternativa 1	0,252	362
	Alternativa 2	0,226	324
3ª etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,109	358
	Alternativa 2	0,077	320
4ª etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0	0
	Alternativa 2	0	0

Sem intervenção – chuva de Tr 5 anos – nível alto do Rio Tietê



Sem intervenção – sem chuva nas bacias – nível alto do Rio Tietê

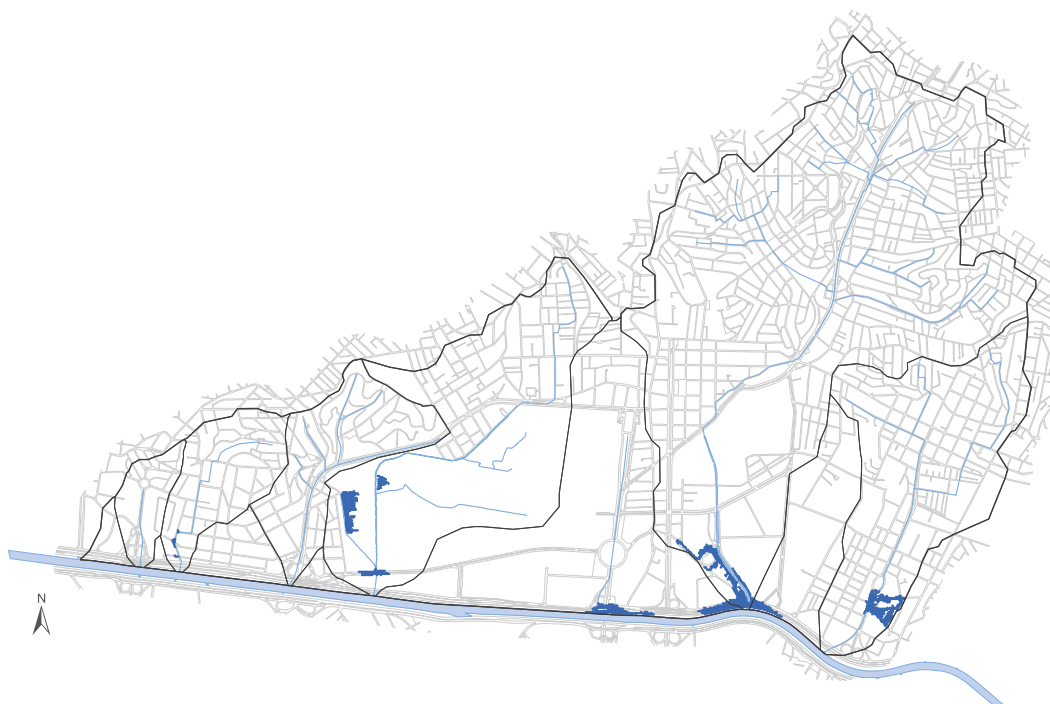
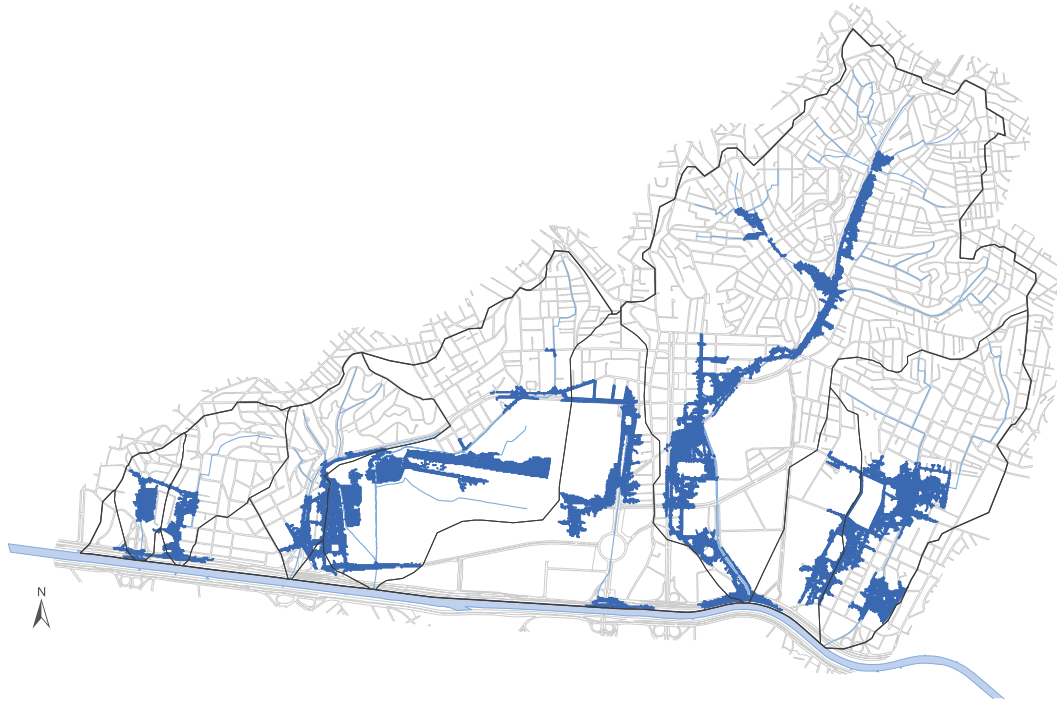
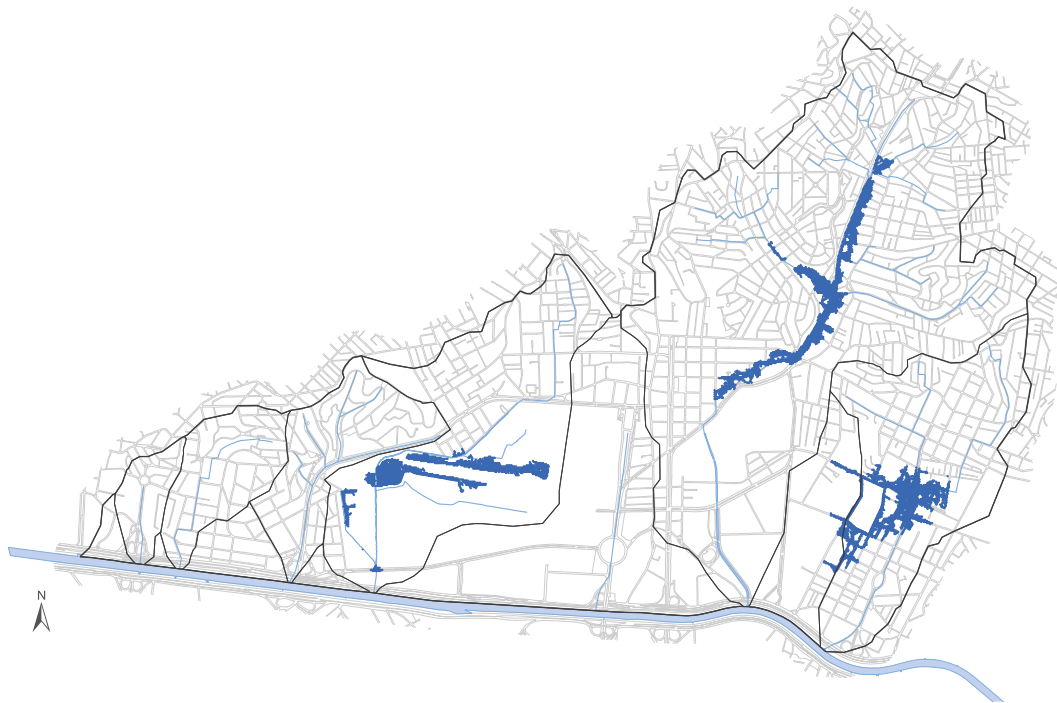


FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos e para a condição sem chuva nas bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha, com nível alto do Rio Tietê e em cenários sem intervenção

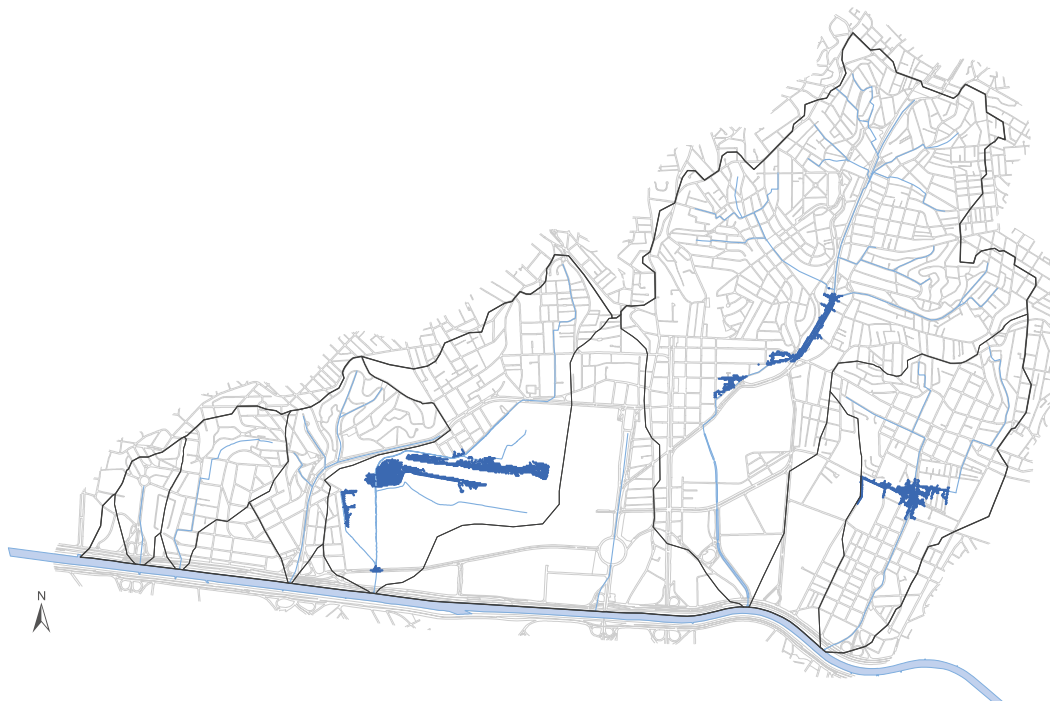
Sem intervenção – chuva de Tr 100 anos – nível alto do Rio Tietê



Alternativa 1 – 1ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 1 – 2ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 1 – 3ª etapa, chuva de Tr 100 anos

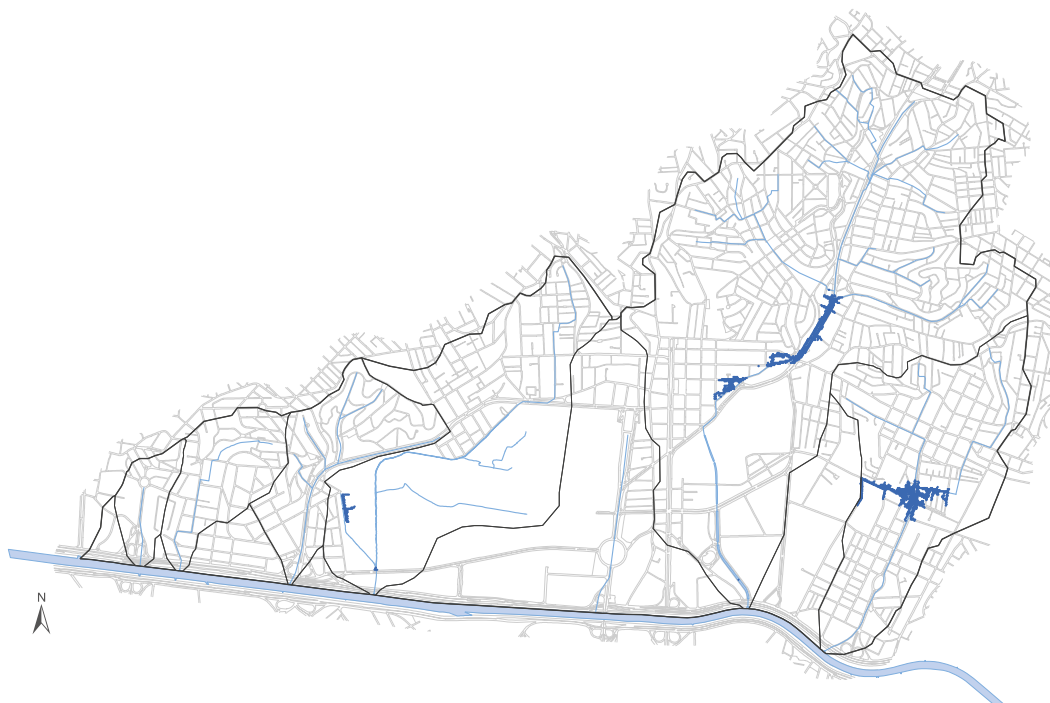
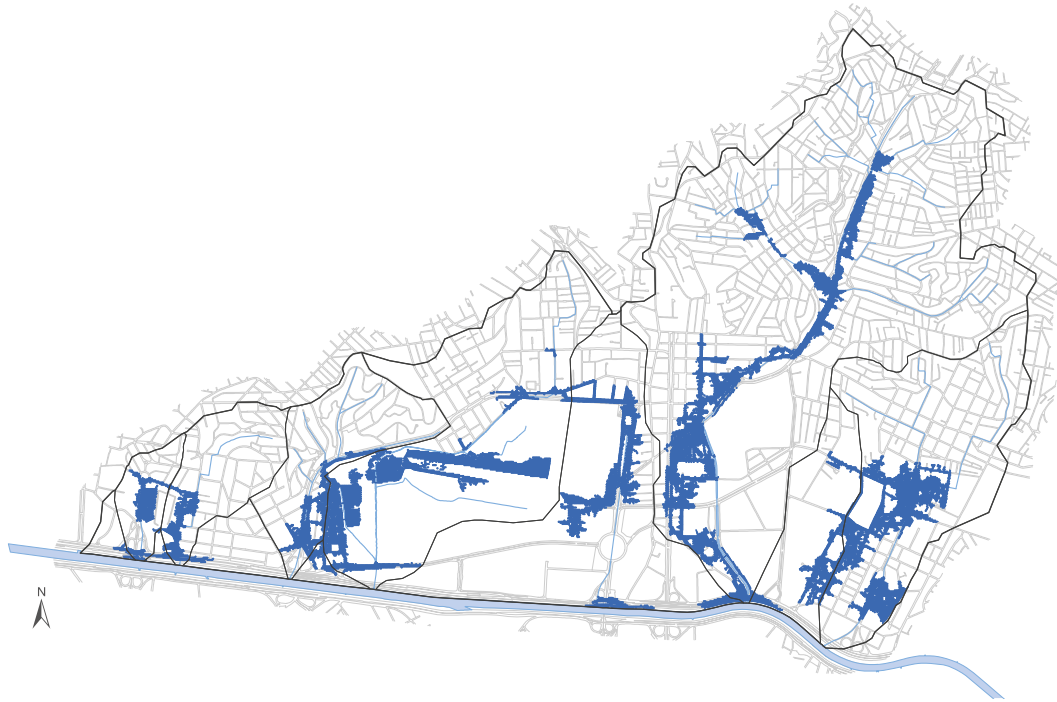
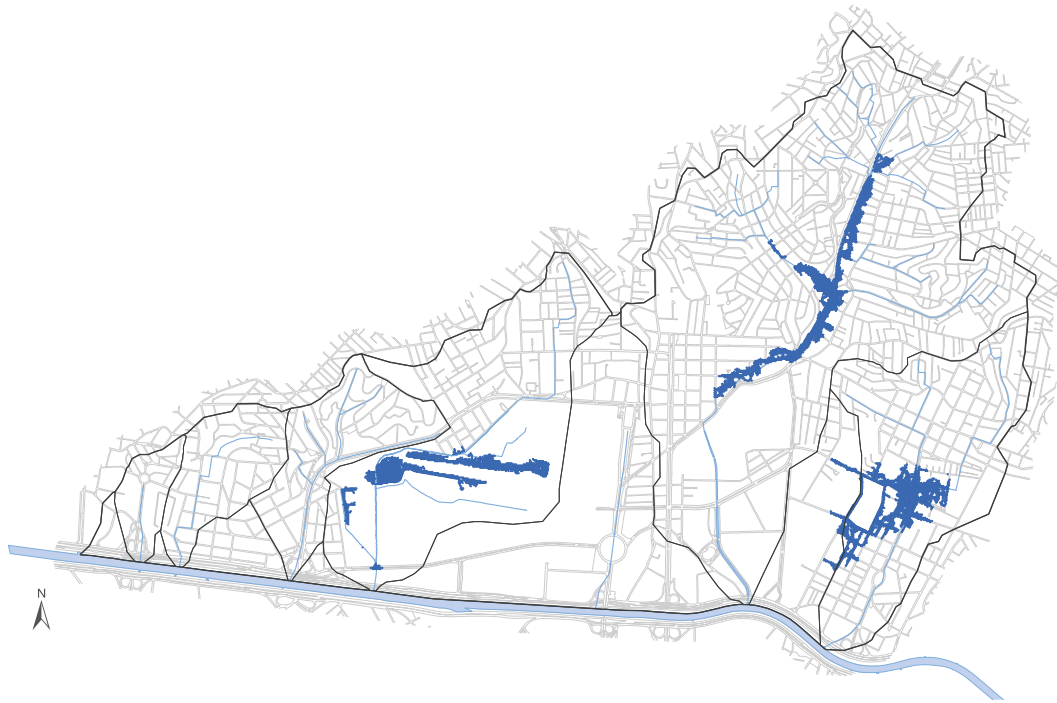


FIGURA 7.2 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1

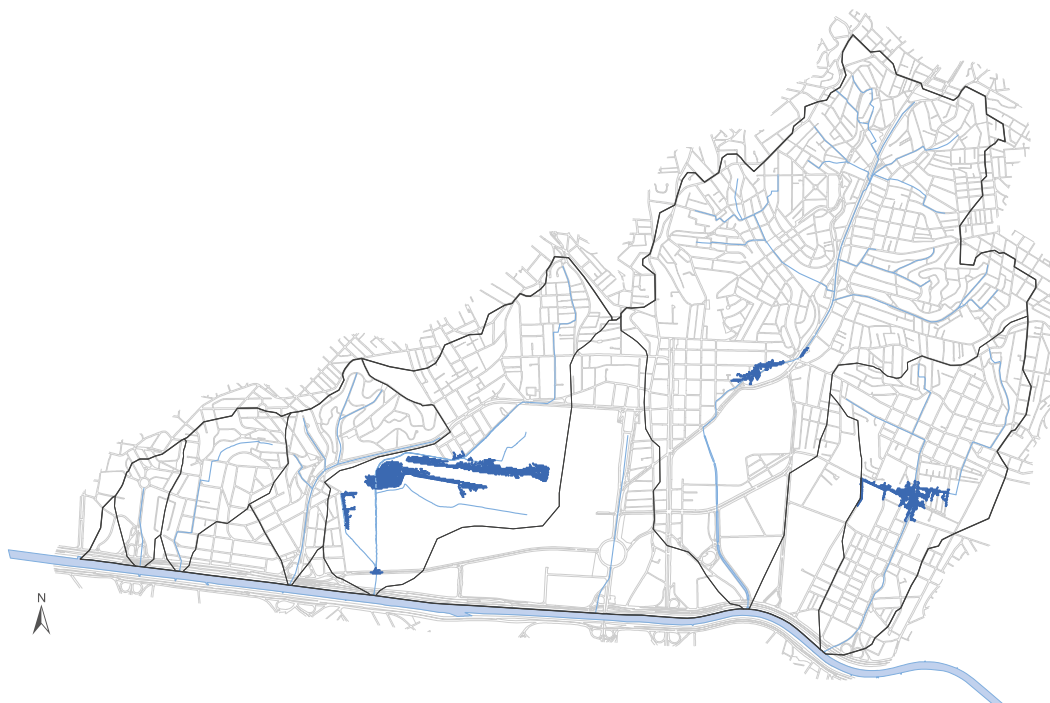
Sem intervenção - chuva de Tr 100 anos - nível alto do Rio Tietê



Alternativa 2 - 1ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 2 – 2ª etapa, chuva de Tr 100 anos



Alternativa 2 – 3ª etapa, chuva de Tr 100 anos

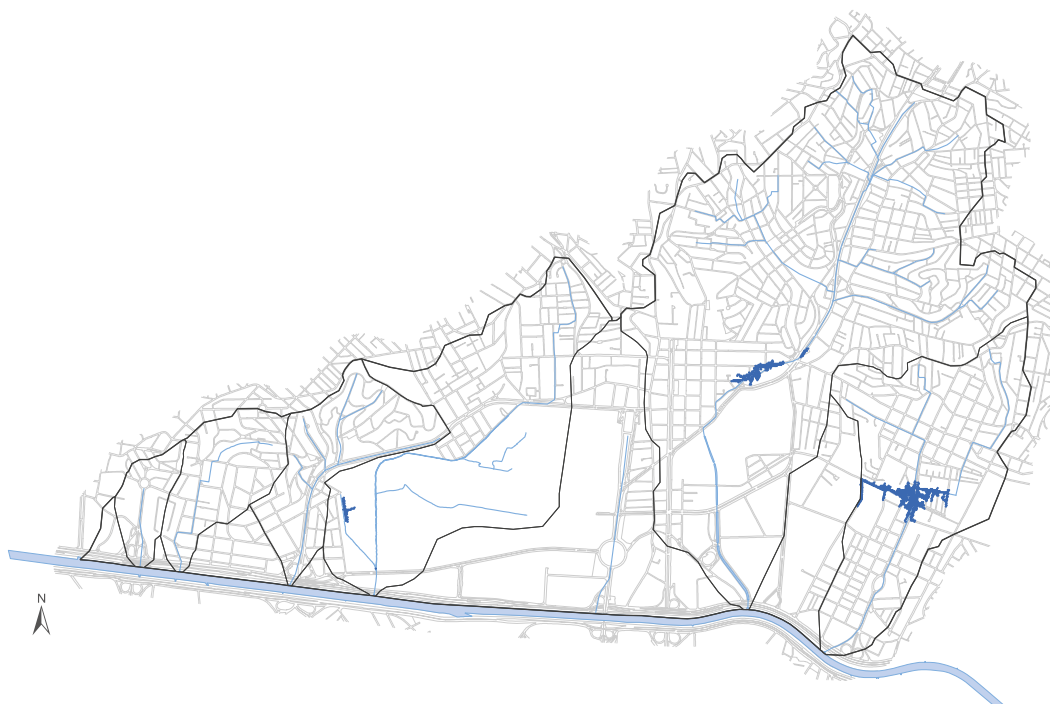


FIGURA 7.3 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenário sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 2

7.1 DESEMPENHO DAS INTERVENÇÕES DA 1ª ETAPA

O desempenho individual de cada medida de controle de cheias foi verificado considerando a redução da mancha de inundação quando a infraestrutura é submetida a uma chuva de 5 anos de recorrência.

A redução da área de inundação é um dos indicadores empregados no planejamento das ações da Prefeitura de São Paulo. Os indicadores traduzem de modo sintético a evolução do desempenho do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais e, desse modo, são capazes de auxiliar no processo de gestão através de sua aplicabilidade na avaliação e no acompanhamento dos planos, programas, projetos e de outras medidas de controle da drenagem.

A área da mancha de inundação na configuração da rede atual para uma chuva de Tr 5 anos nas bacias é de 0,827 km².

Para essa verificação, foi realizada a simulação no modelo PCSWMM das seguintes intervenções:

- Quatro sistemas de pôlderes, dique do córrego Carandiru (932 m) e galerias de reforço sob a Rua Professor Luciano Prata e a Avenida Otaviano Alves Lima, para interligação entre os reservatórios dessas estruturas (750 m);
- Reservatório na esquina da Rua Professor Marcondes Domingues com a Rua Ênio Voss – RCA-1 (35.000 m³);
- Substituição de galeria na Rua Gaspar Soares (195 m), no Parque Domingos Luís (191 m) e na Rua Carlos de Laet (174 m), na região da estação Jardim São Paulo do Metrô;
- Ampliação de seção transversal de galeria sob a Rua Doutor Zuquim, entre a Rua Conselheiro Saraiva e a Avenida General Ataliba Leonel (838 m), e galeria de reforço na Rua Major Sampaio, entre as ruas Jovita e Doutor Zuquim (252 m);
- Reservatório no canteiro central da Avenida Santos Dumont – RSD-1 (15.000 m³) – e galerias de reforço sob as avenidas Braz Leme (242 m) e Santos Dumont (233 m);
- Reservatório na Prefeitura de Aeronáutica de São Paulo – RTR-1 (25.000 m³) e galeria de reforço sob a Rua Embaixador João Neves da Fontoura, entre a Rua Alfredo Pujol e a Avenida Braz Leme (445 m);
- Galeria de reforço na Avenida Braz Leme, entre a Rua Tibães e o Rio Tietê (1.170 m);
- Galeria de reforço na Rua Relíquia, entre as ruas Padre Antônio D’Ângelo e Professora Ida Kolb (158 m), e na Rua Horácio Vergueiro Rudge, entre a Rua Professora Ida Kolb e o Rio Tietê (657 m);

- Galeria de reforço na Avenida Ordem e Progresso, entre a Praça Del Amoroso Neto e o Rio Tietê (565 m).

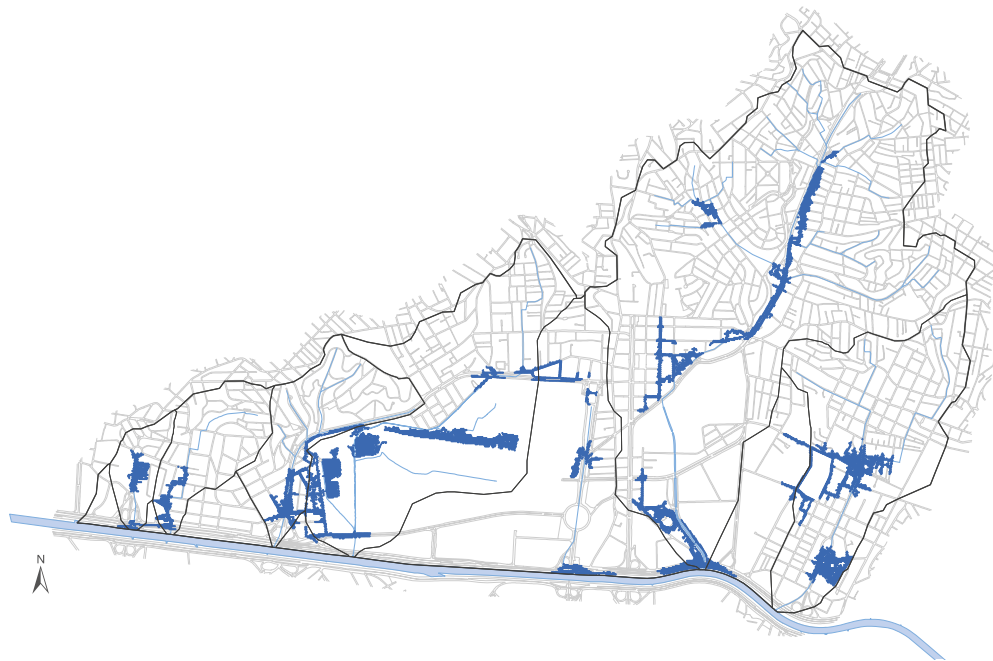
O objetivo dessa análise é confrontar a redução da área da mancha de inundação resultante da implantação de cada intervenção a partir da mancha atual.

A seguir, é indicado na **FIGURA 7.4** o impacto isolado de cada obra da 1ª etapa para uma chuva de Tr 5 anos. Destaca-se que, com exceção dos quatro pôlderes e do dique do Carandiru, o desempenho das medidas foi avaliado considerando o nível normal do Rio Tietê. As demais obras foram pré-dimensionadas para mitigar inundações nas bacias afluentes, sem depender

do nível do rio, enquanto os pôlderes e o dique foram projetados para controlar as inundações nas bacias causadas por precipitações especialmente quando o Rio Tietê está em nível alto.

O pré-dimensionamento das intervenções, tais como os volumes dos reservatórios e das seções de galerias, foi efetuado considerando a implantação de todas as obras para uma proteção de 100 anos, ou seja, as obras operam em conjunto, e não de forma isolada. De tal modo, a redução da mancha proporcionada por combinações dessas medidas não será necessariamente igual à soma das reduções proporcionadas por cada medida de forma individual.

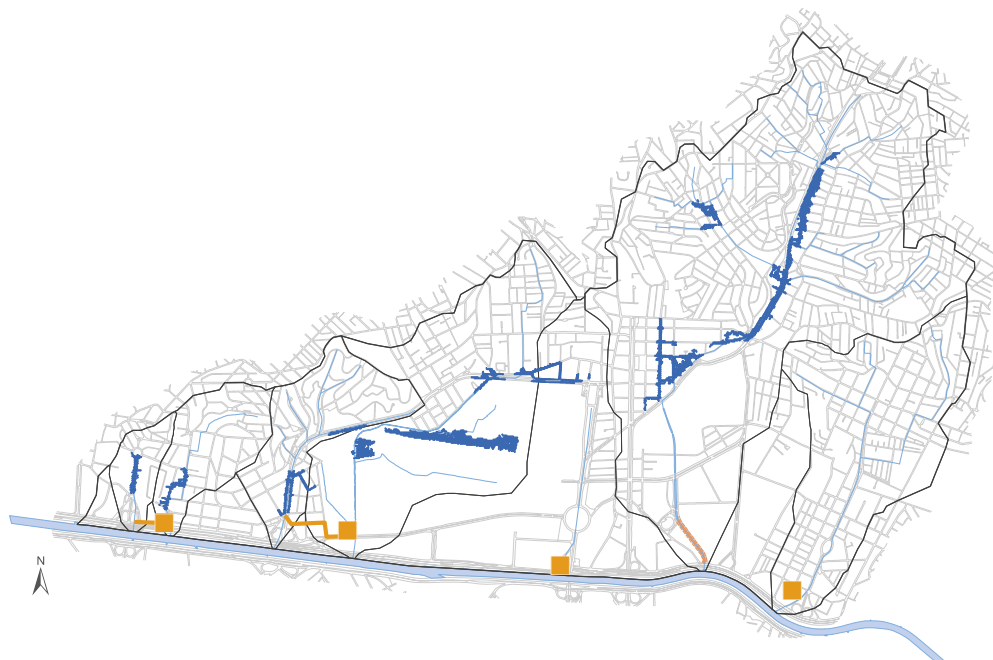
Mancha de inundação para a configuração da rede atual – Tr 5 anos – nível alto do Rio Tietê



Área da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,827 km²

Sistema de pôlderes e dique



Descrição

Implantação de 4 sistemas de pôlderes com capacidade total de reservação de 72.000 m³ e de dique nas margens do córrego Carandiru (932 m)

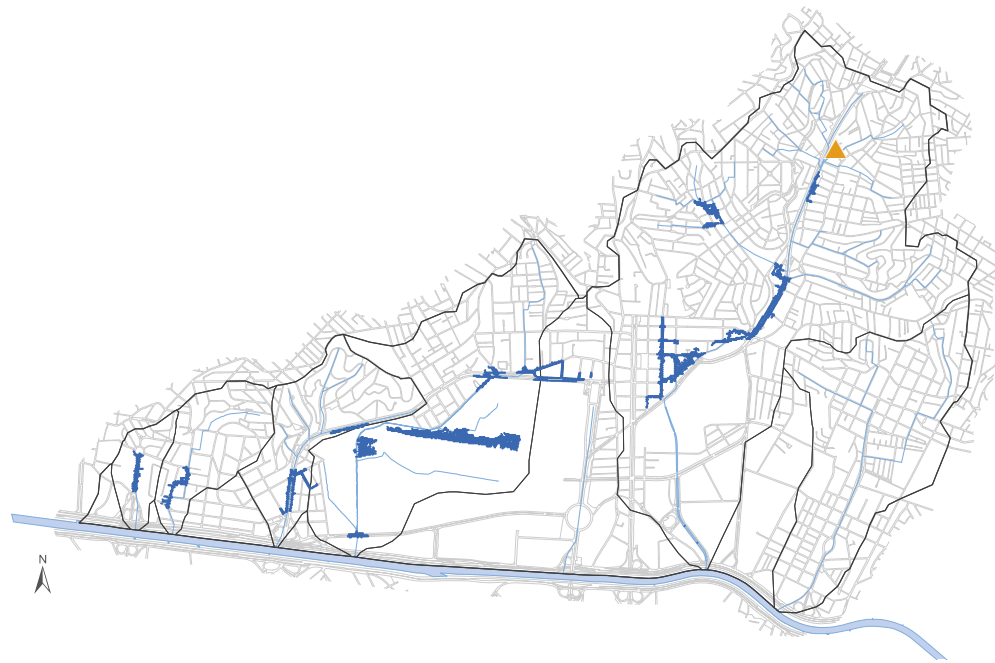
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,490 km²

Custo estimado da medida

R\$ 188.694.000,00

Reservatório na R. Prof. Marcondes Domingues com a R. Ênio Voss – RCA-1 (36.000 m³)



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias com capacidade de reservação de 36.000 m³

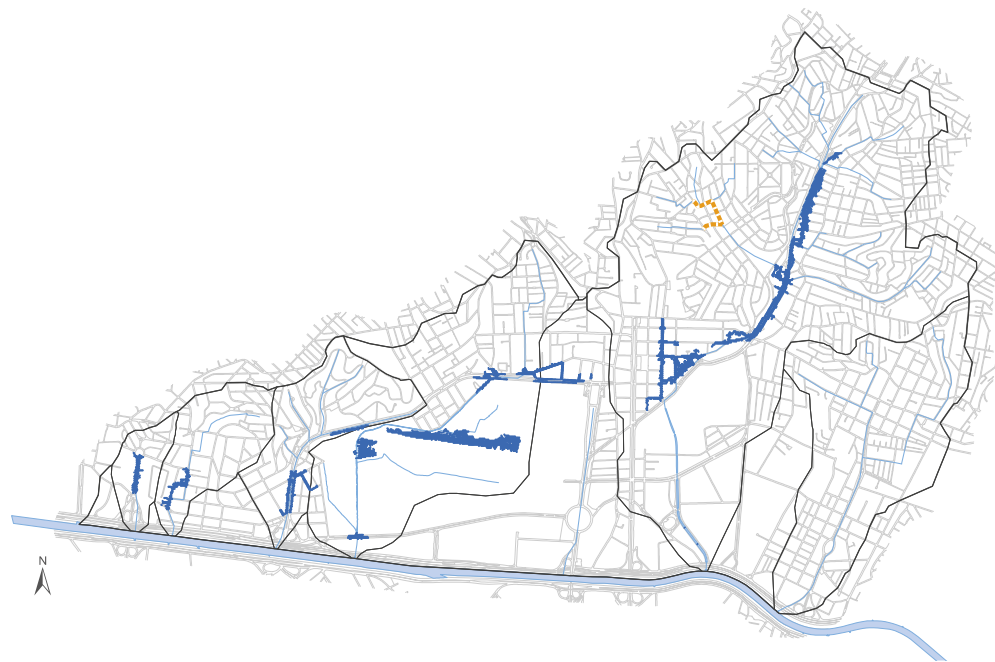
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,050 km²

Custo estimado da medida

R\$ 70.010.000,00

Ampliação de seção transversal de galeria sob a R. Gaspar Soares e o Pq. Domingos Luís



Descrição

Substituição de galeria existente por outra de seção transversal maior (560 m)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

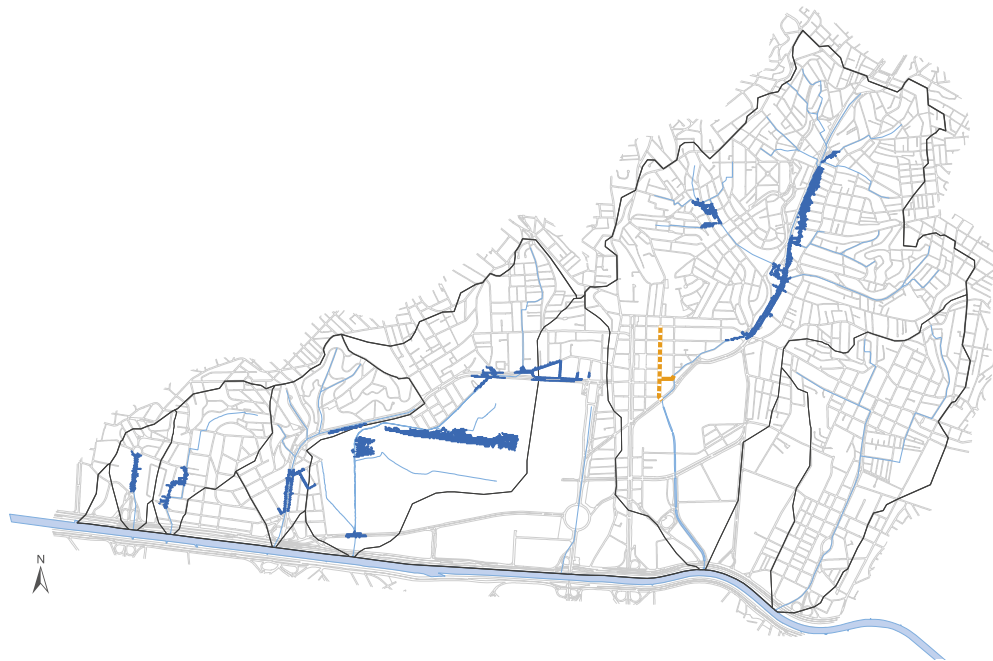
0,016 km²

Custo estimado da medida

R\$ 6.594.000,00

FIGURA 7.4 Impacto isolado das obras da 1ª etapa para chuvas de Tr 5 anos e suas principais características

Ampliação de seção transversal de galerias sob as ruas Dr. Zuquim e Maj. Sampaio



Descrição

Substituição de galeria existente por outra de seção transversal maior (958 m)

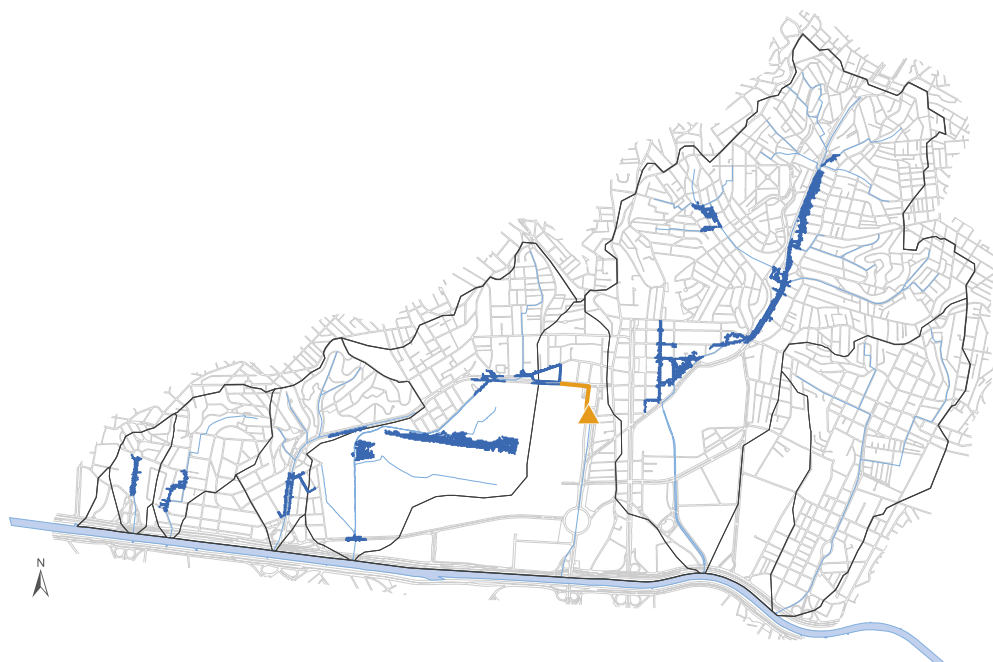
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,059 km²

Custo estimado da medida

R\$ 24.696.000,00

Reservatório no canteiro central da Av. Santos Dumont – RSD-1; e galeria de reforço sob as avenidas Braz Leme e Santos Dumont



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 15.000 m³, e de galeria de reforço (475 m)

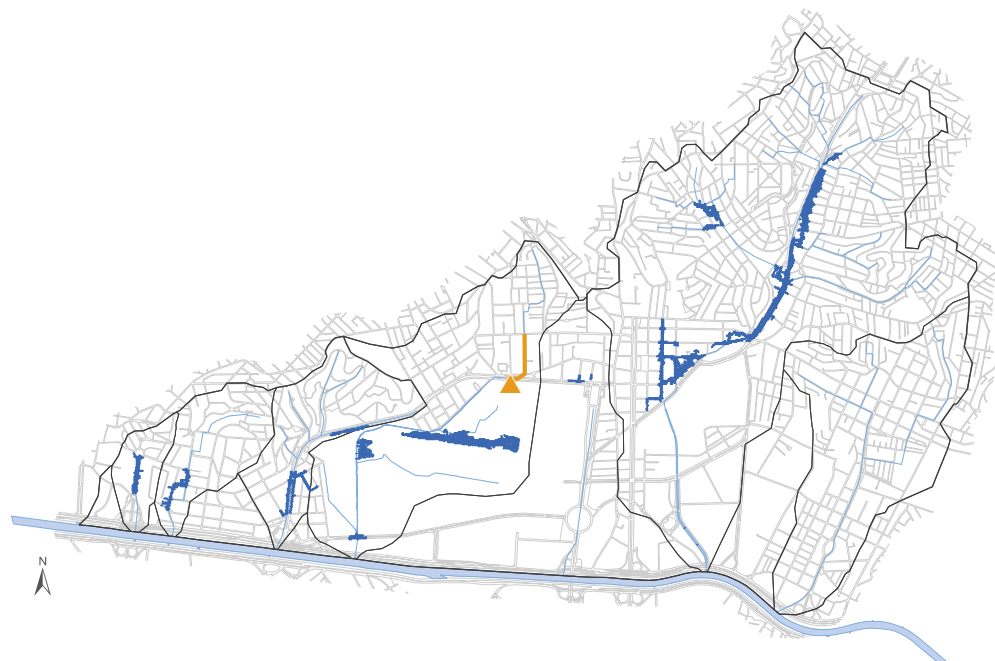
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,006 km²

Custo estimado da medida

R\$ 32.998.000,00

Reservatório em área da Prefeitura de Aeronáutica de São Paulo – RTR-1; e galeria de reforço sob a R. Emb. João Neves da Fontoura



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias, com capacidade de reservação de 25.000 m³, e de galeria de reforço (445 m)

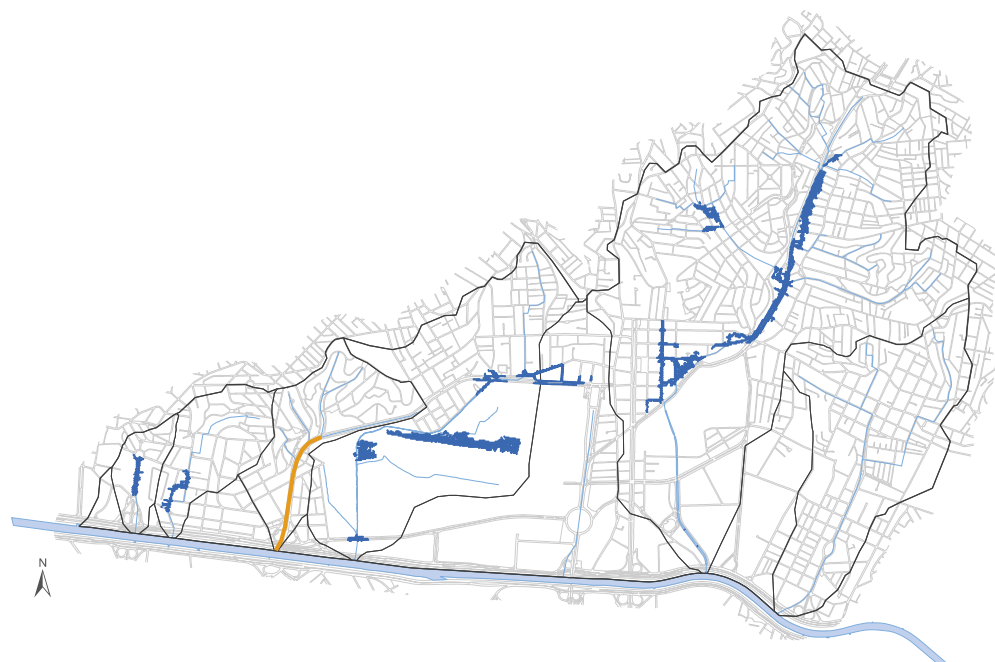
Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

0,045 km²

Custo estimado da medida

R\$ 52.170.000,00

Galeria de reforço sob a Av. Braz Leme



Descrição

Galeria de reforço (1.170 m)

Área de redução da mancha de inundação para chuva com Tr 5 anos

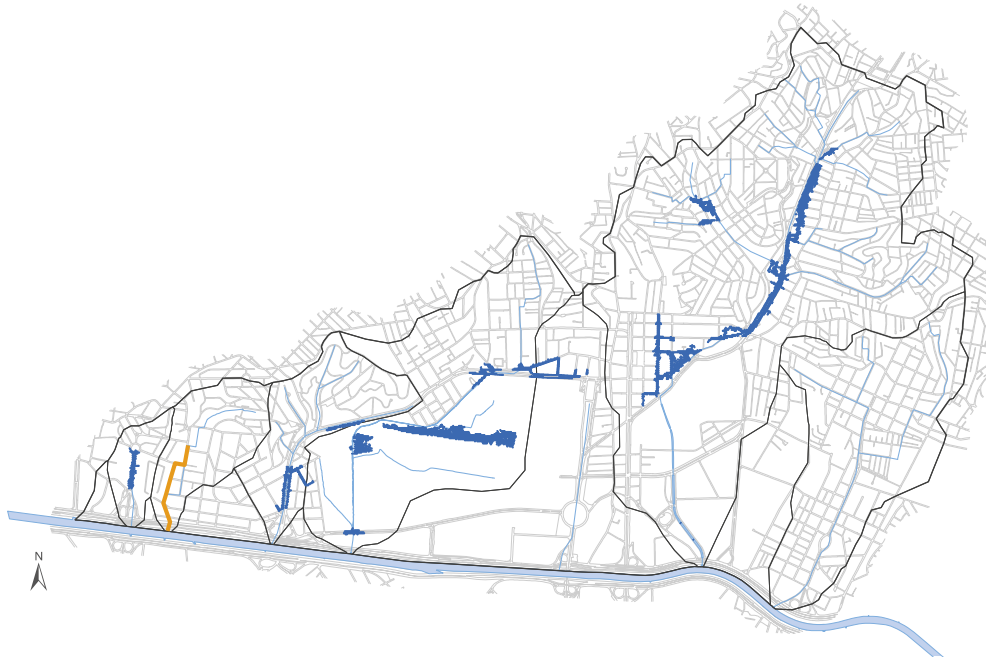
0,024 km²

Custo estimado da medida

R\$ 22.260.000,00

FIGURA 7.4 Impacto isolado das obras da 1ª etapa para chuvas de Tr 5 anos e suas principais características

Galeria de reforço sob a R. Horácio Vergueiro Rudge



Descrição

Galeria de reforço (452 m)

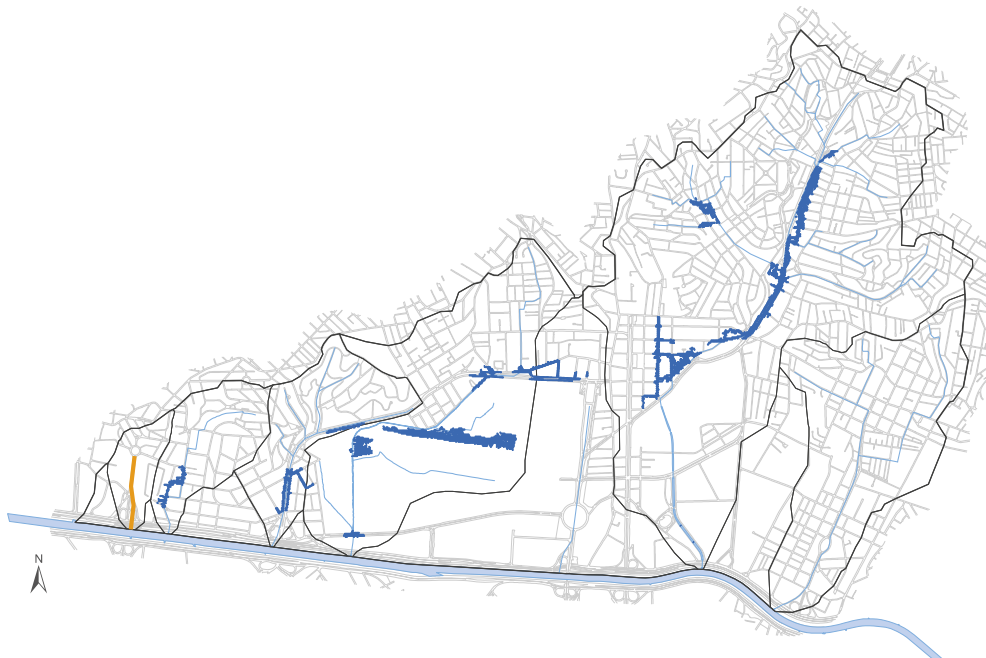
**Área de redução da
mancha de inundação
para chuva com Tr 5 anos**

0,013 km²

Custo estimado da medida

R\$ 10.794.000,00

Galeria de reforço sob a Av. Ordem e Progresso



Descrição

Substituição de galeria existente por outra de seção transversal maior (565 m)

**Área de redução da
mancha de inundação
para chuva com Tr 5 anos**

0,012 km²

Custo estimado da medida

R\$ 5.964.000,00

FIGURA 7.4 Impacto isolado das obras da 1ª etapa para chuvas de Tr 5 anos e suas principais características

Custo estimado

Uma estimativa de custo foi realizada no intuito de subsidiar a análise de viabilidade econômica da implantação das alternativas propostas.

Os valores de custo para implantação foram estimados com base na relação do orçamento de obras implantadas e em implantação pela PMSP. Para a composição dos custos de implantação, foram considerados os seguintes tipos de intervenções:

- Reservatório aberto com revestimento em concreto: custo médio de reservatório com bombas por m³ de reservação;
- Reservatório fechado com revestimento em concreto: custo médio de reservatório com bombas por m³ de reservação;
- Pôlder: custo médio por m³ de reservação de pôlder fechado, com bombas e revestido em concreto;
- Galeria pré-moldada ou moldada *in loco*: custo médio por m³ de canalização em concreto armado;
- *Tunnel liner*: custo médio por m³ de túnel escavado por método não destrutivo.

Além dos custos de implantação, foram estimados os custos de desapropriação, de remoção e, também, os custos ambientais associados à viabilização das intervenções propostas.

Os valores de desapropriação e de remoção foram estimados pela Assessoria Técnica do Núcleo de Planejamento (ATNP) – Desapropriações e Áreas Públicas da SIURB. Os custos de desapropriação estão relacionados com a indenização pela aquisição de um imóvel particular para atender a um interesse público, no caso, para a construção de obras de drenagem urbana. Por sua vez, os custos de remoção se referem ao atendimento habitacional provisório e definitivo de pessoas vulneráveis que ocupam determinada área informalmente, seja ela pública ou particular, e que precisarão ser removidas para liberação das áreas para as obras pretendidas de drenagem. Os valores do atendimento provisório foram estimados considerando a hipótese de 24 meses de aluguel social. Já o atendimento definitivo foi estimado pela hipótese de construção de novas Habitações de Interesse Social (HIS) para o reassentamento. Cabe ressaltar que ambos os estudos foram feitos adotando valor orientado por SEHAB. Informamos ainda que tais cenários não caracterizam o atendimento que necessariamente será ofertado pela PMSP, mas tão somente

um estudo de viabilidade pela hipótese de atendimento mais frequente, para mensurar os custos.

Os custos ambientais foram estimados para os reservatórios e os parques lineares, em conjunto com a ATNP – Ambiental da SIURB, e estão vinculados à exigibilidade do licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades não industriais considerados na Portaria da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente nº 4/2021. Para estimar os custos ambientais, foram analisadas as extensões das Áreas Diretamente Afetadas (ADA) dos reservatórios e parques lineares e, também, as extensões das Áreas de Influência Direta (AID), que compreende um acréscimo de 200 m no perímetro das intervenções.

Dessa forma, os aspectos ambientais mais relevantes considerados nos custos foram as áreas com potencial de contaminação, proximidade com áreas que integram o patrimônio arqueológico, histórico e/ou cultural, e a identificação de indivíduos arbóreos isolados e maciços vegetais nas áreas pretendidas, a fim de estimar os custos de medidas ambientalmente compensatórias correspondentes, como o transplante de exemplares, a reposição de vegetação nativa e a proteção de espécies ameaçadas. Foram previstos, também, os

custos para a elaboração dos estudos e licenciamentos ambientais.

A **TABELA 8.1** e a **TABELA 8.2** apresentam os custos estimados das Alternativas 1 e 2. Foram indicadas todas as ações previstas nas etapas de cada alternativa,

distinguindo os valores estimados em desapropriações e remoções, quando existente, e o custo ambiental.

A **TABELA 8.3** mostra o resumo dos custos totais estimados e em cada etapa das alternativas estudadas.

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de junho/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo de remoção (R\$)	Custo ambiental (R\$)	Custo total (R\$)
1ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Prof. Marcondes Domingues, entre a R. André Campal e a R. Ênio Voss	64.800.000,00	4.260.000,00	-	950.000,00	70.010.000,00
		Dique	Margens do córrego Carandiru, entre as avenidas Moysés Roysen e Marg. Tietê	1.958.000,00	-	-	-	1.958.000,00
	Afluente do Pq. Domingos Luís	Ampliação de seção transversal	Cruzamento da R. Gaspar Soares com a R. Durval Clemente	210.000,00	-	-	-	210.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Gaspar Soares	588.000,00	-	-	-	588.000,00
		Ampliação de seção transversal	Da R. Gaspar Soares até o Pq. Domingos Luís	840.000,00	-	-	-	840.000,00
		Ampliação de seção transversal	Pq. Domingos Luís, entre a R. Gaspar Soares e a R. Prof. Joaquim Osório de Azevedo	2.604.000,00	-	-	-	2.604.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Prof. Joaquim Osório de Azevedo, entre a R. Cambaquara e o Pq. Domingos Luís	2.352.000,00	-	-	-	2.352.000,00
	Afluente da R. Dr. Zuquim	Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Cons. Saraiva e a R. Dr. Gabriel Piza	5.040.000,00	-	-	-	5.040.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Dr. Gabriel Piza e a R. Maj. Sampaio	5.628.000,00	-	-	-	5.628.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Maj. Sampaio e a Av. Gen. Ataliba Leonel	11.340.000,00	-	-	-	11.340.000,00
		Galeria de reforço	R. Maj. Sampaio, entre a R. Jovita e a R. Dr. Zuquim	2.688.000,00	-	-	-	2.688.000,00
	Córrego Ten. Rocha	Galeria de reforço	R. Carlos de Laet, entre a R. Cambaquara e o Pq. Domingos Luís	5.250.000,00	-	-	-	5.250.000,00
		Reservatório RTN-1 (fechado, <i>off line</i>)	Prefeitura de Aeronáutica de São Paulo	45.000.000,00	-	-	1.920.000,00	46.920.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Afluente paralelo à pista do Aerop. Campo de Marte	158.000,00	-	-	-	158.000,00
		Reservatório do polder DTN-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Olavo Fontoura	63.000.000,00	-	-	6.060.000,00	69.060.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	1.252.000,00	-	-	-	1.252.000,00

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de junho/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo de remoção (R\$)	Custo ambiental (R\$)	Custo total (R\$)
1ª etapa	Área de Contribuição Direta ao Rio Tietê	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Anibal Benévolo e a R. Henrique Bernardelli	1.848.000,00	-	-	-	1.848.000,00
		Galeria de reforço	Av. Santos Dumont, entre a Av. Braz Leme e a R. Aviador Gil Guilherme	2.730.000,00	-	-	-	2.730.000,00
		Reservatório RSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Santos Dumont	27.000.000,00	-	-	1.420.000,00	28.420.000,00
		Reservatório do pôlder DSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. Airton de Abreu	29.500.000,00	-	-	2.050.000,00	31.550.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	914.000,00	-	-	-	914.000,00
	Córrego Apereiba	Reservatório do pôlder DAB-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Flávio Cavalcanti	27.000.000,00	9.040.000,00	-	6.220.000,00	42.260.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	2.408.000,00	-	-	-	2.408.000,00
	Av. Braz Leme	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Tibães e a R. Côn. Amaral Mello	4.200.000,00	-	-	-	4.200.000,00
		Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Côn. Amaral Mello e a Marg. Tietê	18.060.000,00	-	-	-	18.060.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	2.026.000,00	-	-	-	2.026.000,00
		Galeria de reforço	R. Prof. Luciano Prata	10.500.000,00	-	-	-	10.500.000,00
	Córrego Carandaí	Galeria de reforço	Da R. Relíquia até a R. Horácio Vergueiro Rudge	6.426.000,00	-	-	-	6.426.000,00
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Saguari e a R. Bernardino Fanganiello	2.814.000,00	-	-	-	2.814.000,00
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Bernardino Fanganiello e a Marg. Tietê	7.980.000,00	-	-	-	7.980.000,00
		Reservatório do pôlder DCD-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Iapó	30.600.000,00	-	-	3.670.000,00	34.270.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	2.006.000,00	-	-	-	2.006.000,00
	Córrego Ordem e Progresso	Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a Pç. Del Amoroso Neto e a R. Samaritã	2.184.000,00	-	-	-	2.184.000,00
		Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a R. Samaritã e a Marg. Tietê	3.780.000,00	-	-	-	3.780.000,00
Válvula <i>flap</i>		Marg. Tietê	990.000,00	-	-	-	990.000,00	

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de junho/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo de remoção (R\$)	Custo ambiental (R\$)	Custo total (R\$)
1ª etapa	Córrego Ordem e Progresso	Galeria de reforço	Av. Otaviano Alves Lima	5.250.000,00	-	-	-	5.250.000,00
2ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-2 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. N. Sra. dos Prazeres	95.400.000,00	-	-	7.500.000,00	102.900.000,00
		<i>Tunnel liner</i>	R. Viri, desvio para o reservatório RCA-3	9.570.000,00	-	-	-	9.570.000,00
	Córrego Apereiba	Reservatório RCA-3 (fechado, <i>off line</i>)	Centro Esportivo Jd. S. Paulo	149.400.000,00	-	-	12.500.000,00	161.900.000,00
		Galeria de reforço	R. Doze de Setembro, na altura da R. do Canal até a R. da Coroa	53.340.000,00	-	-	-	53.340.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	1.605.000,00	-	-	-	1.605.000,00
3ª etapa	Afluentes do Aerop. Campo de Marte	Reservatório LTN-1 (aberto, <i>in line</i>)	Aerop. Campo de Marte	16.100.000,00	-	-	5.330.000,00	21.430.000,00
4ª etapa	Córrego Carandiru	<i>Tunnel liner</i>	Av. Gen. Ataliba Leonel, entre a R. Maria Cândida e a R. Jovita	71.775.000,00	-	-	-	71.775.000,00
		Reservatório RCA-4 (fechado, <i>off line</i>)	Pq. da Juventude	54.000.000,00	-	-	15.320.000,00	69.320.000,00
	Córrego Ten. Rocha	Reservatório RTN-2 (fechado, <i>off line</i>)	Campo de futebol próximo à R. Brazelisa Alves de Carvalho	16.200.000,00	-	-	7.850.000,00	24.050.000,00
	Córrego Apereiba	Reservatório RAB-1 (fechado, <i>off line</i>)	Esquina da Av. Joaquina Ramalho com a R. do Canal	36.000.000,00	6.840.000,00	-	5.950.000,00	48.790.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de junho/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo de remoção (R\$)	Custo ambiental (R\$)	Custo total (R\$)
1ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Prof. Marcondes Domingues, entre a R. André Campal e a R. Ênio Voss	64.800.000,00	4.260.000,00	-	950.000,00	70.010.000,00
		Dique	Margens do córrego Carandiru, entre as avenidas Moysés Roysen e Marg. Tietê	1.958.000,00	-	-	-	1.958.000,00
	Afluente do Pq. Domingos Luís	Ampliação de seção transversal	Cruzamento da R. Gaspar Soares com a R. Durval Clemente	210.000,00	-	-	-	210.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Gaspar Soares	588.000,00	-	-	-	588.000,00
		Ampliação de seção transversal	Da R. Gaspar Soares até o Pq. Domingos Luís	840.000,00	-	-	-	840.000,00
		Ampliação de seção transversal	Pq. Domingos Luís, entre a R. Gaspar Soares e a R. Prof. Joaquim Osório de Azevedo	2.604.000,00	-	-	-	2.604.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Carlos de Laet, entre a R. Cambaquara e o Pq. Domingos Luís	2.352.000,00	-	-	-	2.352.000,00
	Afluente da R. Dr. Zuquim	Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Cons. Saraiva e a R. Dr. Gabriel Piza	5.040.000,00	-	-	-	5.040.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Dr. Gabriel Piza e a R. Maj. Sampaio	5.628.000,00	-	-	-	5.628.000,00
		Ampliação de seção transversal	R. Dr. Zuquim, entre a R. Maj. Sampaio e a Av. Gen. Ataliba Leonel	11.340.000,00	-	-	-	11.340.000,00
		Galeria de reforço	R. Maj. Sampaio, entre a R. Jovita e a R. Dr. Zuquim	2.688.000,00	-	-	-	2.688.000,00
	Córrego Ten. Rocha	Galeria de reforço	R. Emb. João Neves da Fontoura, entre a R. Alfredo Pujol e a Av. Braz Leme	5.250.000,00	-	-	-	5.250.000,00
		Reservatório RTN-1 (fechado, <i>off line</i>)	Prefeitura de Aeronáutica de São Paulo	45.000.000,00	-	-	1.920.000,00	46.920.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Afluente paralelo à pista do Aerop. Campo de Marte	158.000,00	-	-	-	158.000,00
		Reservatório do pôlder DTN-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Olavo Fontoura	63.000.000,00	-	-	6.060.000,00	69.060.000,00
Válvula <i>flap</i>		Marg. Tietê	1.252.000,00	-	-	-	1.252.000,00	

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de junho/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo de remoção (R\$)	Custo ambiental (R\$)	Custo total (R\$)
1ª etapa	Área de Contribuição Direta ao Rio Tietê	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Aníbal Benévolo e a R. Henrique Bernardelli	1.848.000,00	-	-	-	1.848.000,00
		Galeria de reforço	Av. Santos Dumont, entre a Av. Braz Leme e a R. Aviador Gil Guilherme	2.730.000,00	-	-	-	2.730.000,00
		Reservatório RSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Av. Santos Dumont	27.000.000,00	-	-	1.420.000,00	28.420.000,00
		Reservatório do pôlder DSD-1 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. Airton de Abreu	29.500.000,00	-	-	2.050.000,00	31.550.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	914.000,00	-	-	-	914.000,00
	Córrego Apereiba	Reservatório do pôlder DAB-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Flávio Cavalcanti	27.000.000,00	9.040.000,00	-	6.220.000,00	42.260.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	2.408.000,00	-	-	-	2.408.000,00
	Av. Braz Leme	Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Tibães e a R. Côn. Amaral Mello	4.200.000,00	-	-	-	4.200.000,00
		Galeria de reforço	Av. Braz Leme, entre a R. Côn. Amaral Mello e a Marg. Tietê	18.060.000,00	-	-	-	18.060.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	2.026.000,00	-	-	-	2.026.000,00
		Galeria de reforço	R. Prof. Luciano Prata	10.500.000,00	-	-	-	10.500.000,00
	Córrego Carandaí	Galeria de reforço	Da R. Relíquia até a R. Horácio Vergueiro Rudge	6.426.000,00	-	-	-	6.426.000,00
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Saguari e a R. Bernardino Fanganiello	2.814.000,00	-	-	-	2.814.000,00
		Galeria de reforço	R. Horácio Vergueiro Rudge, entre a R. Bernardino Fanganiello e a Marg. Tietê	7.980.000,00	-	-	-	7.980.000,00
		Reservatório do pôlder DCD-1 (fechado, <i>off line</i>)	R. Iapó	30.600.000,00	-	-	3.670.000,00	34.270.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	2.006.000,00	-	-	-	2.006.000,00
	Córrego Ordem e Progresso	Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a Pç. Del Amoroso Neto e a R. Samaritã	2.184.000,00	-	-	-	2.184.000,00
		Galeria de reforço	Av. Ordem e Progresso, entre a R. Samaritã e a Marg. Tietê	3.780.000,00	-	-	-	3.780.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	990.000,00	-	-	-	990.000,00
		Galeria de reforço	Av. Otaviano Alves Lima	5.250.000,00	-	-	-	5.250.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de junho/2024)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R\$)	Custo de desapropriação (R\$)	Custo de remoção (R\$)	Custo ambiental (R\$)	Custo total (R\$)
2ª etapa	Córrego Carandiru	Galeria de reforço	Av. Luiz Dumont Villares	3.427.200,00	-	-	-	3.427.200,00
	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-5 (fechado, <i>off line</i>)	Pç. N. Sra. dos Prazeres	100.800.000,00	10.090.000,00	-	7.500.000,00	118.390.000,00
		Tunnel liner	Das ruas Viri e Pedro Ribeiro e da Av. Luiz Dumont Villares até a Pç. Orlando Silva	89.250.000,00	-	-	-	89.250.000,00
		Reservatório RCA-6 (fechado, <i>off line</i>)	Entre a R. Duarte de Azevedo e a Av. Gen. Ataliba Leonel	142.200.000,00	27.600.000,00	-	16.650.000,00	186.450.000,00
	Córrego Apereiba	Galeria de reforço	R. Doze de Setembro, na altura da R. do Canal até a R. da Coroa	53.340.000,00	-	-	-	53.340.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	1.605.000,00	-	-	-	1.605.000,00
3ª etapa	Córrego Ten. Rocha	Reservatório RTN-3 (aberto, <i>off line</i>)	Estacionamento do clube no Campo de Marte	41.400.000,00	-	-	5.330.000,00	46.730.000,00
4ª etapa	Córrego Carandiru	Reservatório RCA-6 (expansão) (fechado, <i>off line</i>)	Pç. Orlando Silva	54.000.000,00	9.780.000,00	-	6.360.000,00	70.140.000,00
	Córrego Ten. Rocha	Tunnel liner	Da Av. Olavo Fontoura até o Rio Tietê	5.220.000,00	-	-	-	5.220.000,00
		Válvula <i>flap</i>	Marg. Tietê	631.000,00	-	-	-	631.000,00
	Córrego Apereiba	Reservatório RAB-2 (fechado, <i>off line</i>)	R. do Canal	37.800.000,00	7.800.000,00	-	5.950.000,00	51.550.000,00

TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa				TOTAL (milhões R\$)
	1ª (milhões R\$)	2ª (milhões R\$)	3ª (milhões R\$)	4ª (milhões R\$)	
Alternativa 1	436,6	329,4	21,5	186,6	974,1
Alternativa 2	436,6	452,5	46,8	127,6	1.063,5

É importante ressaltar que as estimativas apresentadas são avaliações preliminares de custos, que devem ser detalhados durante a elaboração dos projetos quando estes forem contratados.

Foram analisadas as curvas de investimento e da redução da mancha de inundação ao longo do horizonte de planejamento de 40 anos, conforme os gráficos apresentados na **FIGURA 8.1**.

O investimento estimado para a primeira etapa proporcionaria reduções de aproximadamente 68% da área de inundação de

recorrência de 100 anos, o que representa em torno de 45% e 41% dos custos totais, respectivamente, para as alternativas 1 e 2. Tal investimento se justifica, na prática, por se tratar de bacias extensas com níveis altamente críticos de risco de inundação.

Estima-se que o custo marginal para que se cumpra a quarta etapa, que proporcionará uma proteção de Tr 100 anos nas bacias, seja de aproximadamente 19% e 12% do total a ser investido, respectivamente, para as alternativas 1 e 2.

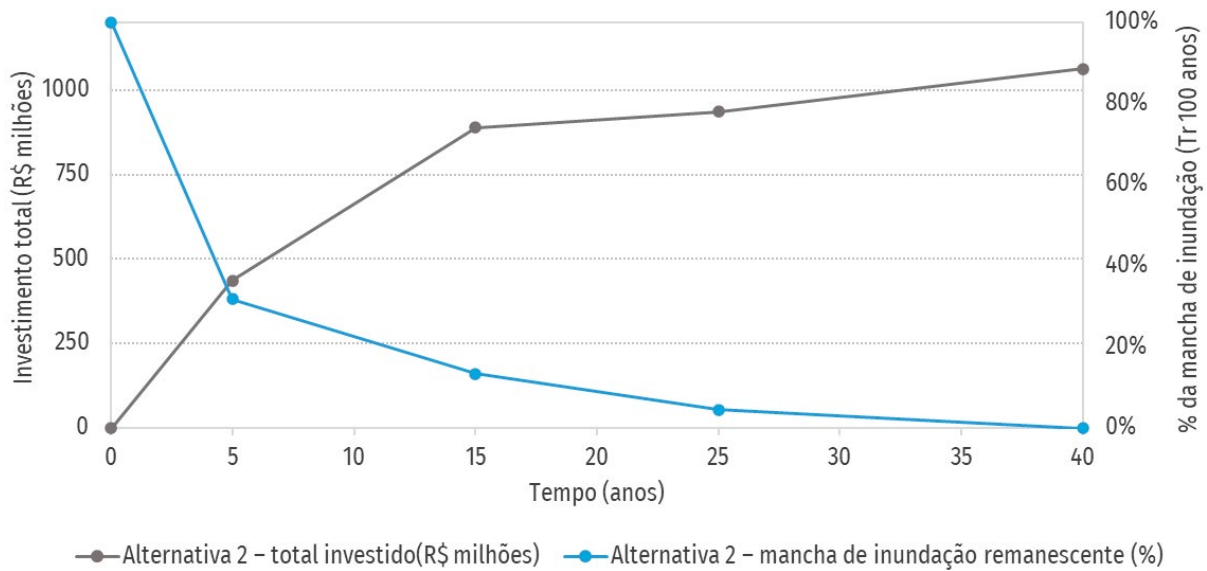
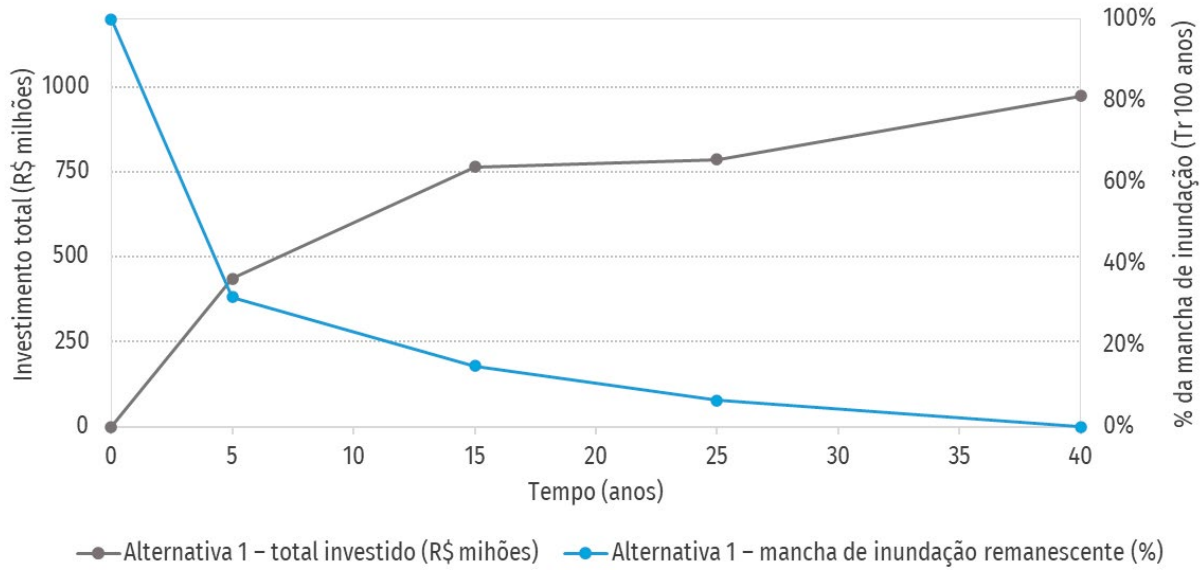


FIGURA 8.1 Curvas de investimento e de redução da mancha de inundação ao longo do tempo

Indicadores de drenagem urbana

O desenvolvimento urbano tem causado ao longo dos anos grandes alterações nas características originais das cidades. Como consequência disso, a gestão urbana tornou-se um tema bastante discutido e com relevante importância na minimização dos efeitos do desenvolvimento desordenado.

Em virtude das alterações no ambiente das cidades, a adequada gestão precisa de monitoramento constante, de modo a garantir o controle das intervenções realizadas sobre o meio. Assim, a busca por ferramentas que traduzam o comportamento do ambiente urbano é um fator essencial para o planejamento e a execução de ações, para o monitoramento das condições urbanas e sociais e, também, para a avaliação de programas e projetos.

Nesse contexto, os indicadores representam uma forma de avaliar a quantidade e a qualidade dos serviços de saneamento prestados à população, dentre os quais se encontram os serviços de drenagem urbana.

Os indicadores de desempenho do sistema de drenagem apresentam grande potencialidade para auxiliar as entidades envolvidas no processo de gestão e manejo das águas pluviais urbanas. Desse modo, é essencial

para a adequada gestão das águas pluviais do município a definição de indicadores urbanos que identifiquem o comportamento do sistema de drenagem, possibilitando, dessa forma, a avaliação e o acompanhamento do planejamento da drenagem por bacia hidrográfica.

Desse modo, para auxiliar o desenvolvimento de indicadores de drenagem, são apresentados na **TABELA 9.1** os principais parâmetros para a avaliação e o acompanhamento do desempenho do sistema de drenagem urbana das bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha.

TABELA 9.1 Parâmetros para avaliação e acompanhamento do sistema de drenagem das bacias dos córregos Carandiru e Ten. Rocha

Parâmetro		Valor
Área das bacias		Carandiru: 7,4 km ²
		Ten. Rocha: 2,9 km ²
		Total da área de drenagem: 18,5 km ²
Perímetro das bacias		Carandiru: 14,6 km
		Ten. Rocha: 9,4 km
		Total da área de drenagem: 23,4 km
Extensão total de córregos		34,7 km
Extensão dos cursos principais		Carandiru: 4.964 m
		Ten. Rocha: 3.913 m
Extensão de córregos fechados		25,4 km
Declividade média do talvegue		Carandiru: 0,005 m/m
		Ten. Rocha: 0,006 m/m
Reservatórios existentes	Número de reservatórios	3 pôlderes
	Volume	6.320 m ³
Área inundável (situação atual)	Tr 5 anos	0,827 km ²
	Tr 10 anos	1,057 km ²
	Tr 25 anos	1,326 km ²
	Tr 100 anos	1,688 km ²
Risco de inundação	Muito alto	0,043 km ²
	Alto	0,313 km ²
	Médio	0,378 km ²
	Baixo	0,954 km ²
Área impermeável média	Atual	84,7%
	Máxima permitida	80,5%
Espaços abertos (% da área das bacias)		9,8%
Número de habitantes		194 mil habitantes
Vulnerabilidade média (excluídas as áreas não classificadas)		2,0 (média)

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 na Prefeitura de São Paulo quanto ao planejamento, à contratação de novos estudos e à gestão das bacias do município.

As propostas de controle de cheias partem de um diagnóstico detalhado das bacias e de estudos específicos, como o mapa de inundações, o risco de inundação e as áreas críticas.

As alternativas propostas foram desenvolvidas em nível de viabilidade, e, desse modo, constituem propostas a serem discutidas em nível de projeto básico e/ou executivo.

As medidas de controle estudadas abordaram soluções estruturais, como reservatórios, canalizações e parques lineares. São citadas medidas não estruturais, como o zoneamento das áreas inundáveis no processo de controle de cheias no Município de São Paulo, e, nesse caso, estudos específicos devem ser desenvolvidos. O mapa do potencial de implantação de medidas infiltrantes foi produzido tendo em vista o incentivo

à adoção de medidas sustentáveis de controle de cheias.

Uma análise de custo preliminar foi realizada no intuito de fornecer elementos para o planejamento das ações.

Foram avaliadas duas alternativas de controle de cheias para as bacias dos córregos Carandiru e Tenente Rocha. A Alternativa 1 corresponde à implantação de reservatórios de armazenamento e de galerias de reforço, adotando as premissas de infraestrutura convencional para o controle de cheias. A Alternativa 2 manteve a implantação das galerias e dos reservatórios propostos na Alternativa 1, mas apresentando locais alternativos para os volumes a serem reservados.

As duas alternativas protegem as bacias para Tr 100 anos. Cabe ressaltar que, para eventos hidrológicos maiores que 100 anos, ocorrerão inundações, ou seja, as bacias não estão protegidas para eventos de tamanha magnitude.

A concepção das alternativas tem como objetivo a minimização das inundações paulatinamente, considerando a implantação das intervenções em etapas. A primeira etapa de obras priorizou a redução das inundações mais frequentes em áreas críticas, apontadas pelo estudo com risco muito alto de inundação; a segunda etapa foi composta por obras que protegem as bacias para chuvas de Tr 10 anos; a terceira etapa visa à proteção para chuvas de Tr 25 anos; e a quarta etapa de obras protege as bacias para chuvas de Tr 100 anos.

O desenvolvimento deste Caderno foi coordenado tecnicamente pela Secretaria Municipal de Infraestrutura e Obras – SIURB, a qual propiciou a articulação institucional das seguintes secretarias: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – SVMA, Secretaria Municipal de Habitação – SEHAB, Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento – SMUL e subprefeituras da Casa Verde-Cachoeirinha, de Santana-Tucuruvi e da Vila Maria-Vila Guilherme.

Glossário

Alagamento

Acúmulo de água nas vias da cidade decorrente da deficiência ou inexistência do sistema de microdrenagem.

Chuva de projeto

Determinação do volume de chuva e de sua distribuição temporal e espacial, sobre uma bacia hidrográfica, necessária para desenvolvimento de um projeto de drenagem. A essa chuva associa-se um determinado risco hidrológico, comumente chamado de período de retorno.

Dano

Definição da severidade ou intensidade da lesão resultante de um acidente ou evento adverso. Os danos causados por desastres classificam-se em: danos humanos, materiais, econômicos e ambientais²⁸.

Dique

Estrutura de contenção em margens de rios e de lagos, com a finalidade de evitar o extravasamento da água.

Escoamento superficial direto

Parcela da água precipitada que não infiltra no solo e que escoar superficialmente até alcançar os corpos de água. O mesmo que *runoff* em inglês.

Inundação

Transbordamento de água da calha de rios, lagos e reservatórios, provocado por chuva intensa, em áreas não habitualmente submersas.

Macro drenagem

O sistema de macro drenagem é formado por um conjunto de obras hidráulicas necessárias para escoar e controlar as cheias. Em áreas urbanas, é um sistema fundamental para a mobilidade, preservação da integridade do patrimônio, proteção da saúde e defesa da vida da população. O sistema de macro drenagem é interligado ao sistema de micro drenagem, por isso os dois sistemas devem ser projetados em conjunto. Dentre as obras hidráulicas da macro drenagem, destacam-se: canais, reservatórios, diques, bombeamento de áreas baixas etc.

Micro drenagem

O sistema de micro drenagem consiste num conjunto de obras hidráulicas necessário para escoar o excesso de chuva nas calçadas e ruas. Dentre essas obras, destacam-se: guias e sarjetas, captações (bocas-de-lobo e bocas-de-leão) etc., e a rede de galerias de águas pluviais. A principal função da micro drenagem é manter o sistema viário livre do escoamento superficial e evitar alagamentos que possam atingir imóveis e equipamentos urbanos.

28. BRASIL. **Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Brasília: Ministérios do Planejamento e Orçamento, 1998.

Parque linear (com função de reservação)

São áreas verdes implantadas nas marginais de córregos e rios projetadas para recompor o leito maior de cheias. Em geral, possuem outras funções urbanas, como recuperação de cobertura vegetal, áreas de lazer com usos múltiplos e retardamento de cheias.

Período de retorno

É o período médio (em anos) que um evento natural pode ocorrer. Seu inverso corresponde à probabilidade de o evento ocorrer a cada ano. Por exemplo, uma chuva de 100 anos ocorre em média uma vez a cada 100 anos. A cada ano a probabilidade de o evento ocorrer é 1/100.

Pôlder

Obra hidráulica empregada para proteger áreas baixas marginais de canais, em geral composto por dique, reservatório de armazenamento, rede de dutos e bombas.

Reservatório de armazenamento

Estrutura que acumula temporariamente parte da cheia com a função de amortecer as vazões e reduzir os riscos de inundações a jusante. Os reservatórios podem ser *in line* (em linha) ou *off line*

(em paralelo) de acordo com seu posicionamento em relação ao canal que contribui para o reservatório.

O reservatório *in line* é posicionado ao longo do canal. Possui, em geral, uma estrutura de barramento dotada de um descarregador de fundo e extravasor. A capacidade do descarregador é limitada à capacidade do trecho de canal a jusante. O extravasor funciona como um dispositivo de segurança para vazões superiores à vazão de projeto.

O reservatório *off line* é implantado paralelamente ao canal e recebe a vazão excedente por um vertedor lateral. O nível da soleira do vertedor é definido em função do nível máximo admitido no canal, e as suas dimensões são determinadas em função da vazão excedente a ser lançada no reservatório. A descarga do reservatório lateral pode ser feita por gravidade, através de válvulas de retenção que se abrem quando o nível do canal abaixa. Pode também ser esvaziado por bombeamento.

Quando permanece seco na estiagem, o reservatório é chamado de reservatório (ou bacia) de detenção. Quando mantém um volume permanente de água (lago), é chamado de reservatório (ou bacia) de retenção.

Risco

É a probabilidade de ocorrer um dano. Essa probabilidade é estimada em função dos fatores que interferem na ocorrência do dano. No caso de chuvas intensas, por exemplo, ele pode ser estimado em função do risco hidrológico (não controlável) e pela exposição ao risco (controlável).

Zoneamento de inundação

Medida não estrutural de controle de cheias que mapeia as áreas inundáveis em função do risco. Essas áreas podem ter o seu uso e a sua ocupação disciplinados pelo Plano Diretor Estratégico da cidade.