

Perspectiva aérea da implantação do dique sob ciclovia no Rio Pinheiros

BACIA DA VILA LEOPOLDINA

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA



CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DA VILA LEOPOLDINA



BACIA DA
VILA LEOPOLDINA



Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

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

CADERNO DE BACIA HIDROGRÁFICA

BACIA DA VILA LEOPOLDINA

São Paulo, 2022

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

EQUIPE TÉCNICA	
Nome	**Função**
Mario Thadeu Leme de Barros	Coordenador (*in memoriam*)
Flavio Conde	Coordenador de Área
Pedro Luiz de Castro Algodoal	Consultor e Revisor Técnico
André Sandor Kajdacsy Balla Sosnoski	Engenheiro Civil
Erika Naomi de Souza Tominaga	Engenheira Ambiental
Sara Martins Pion	Engenheira Civil
Denise Brunoro de Barros Mello	Pesquisadora
Filipe Chaves Gonçalves	Pesquisador
Adriana Afonso Sandre	Bióloga e Arquiteta Urbanista
Riciane Pombo	Arquiteta Urbanista
Fernando Kenzo Onuki	Renderização de Imagens
Ana Luisa Viana Peira	Estagiária
Ana Paula Gasparroni Ferreira	Estagiária
Carmen Boschetti Neias Ayres Neta	Estagiária
João Pedro Deodato Barreto	Estagiário

Realização: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
Projeto gráfico, capa e diagramação: Mayara Menezes do Moinho
Revisão de texto: Simone Oliveira
Foto da capa: Jean Matheus Mesquita Suplicy (foto de drone)

C122 Caderno de bacia hidrográfica: bacia da Vila Leopoldina / Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – São Paulo: FCTH/SIURB, 2022. 278 p.

ISBN 978-65-89429-04-3

1. Bacia hidrográfica – São Paulo (SP) 2. Vila Leopoldina (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

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Sumário

Apresentação **9**

1. Definição de diretrizes básicas dos estudos **13**

Plano Diretor Estratégico – PDE 16

2. Caracterização da bacia **23**

2.1 Localização 23
2.2 Histórico da bacia 26
2.3 Hidrografia 33
2.4 Monitoramento hidrológico 58
2.5 Relevo 68
2.6 Carta geotécnica 72
2.7 Uso do solo 72
2.8 Zoneamento urbano 80
2.9 População 94
2.10 Divisão administrativa municipal 95
2.11 Sistema de esgotamento sanitário 104
2.12 Sistema viário 104

3. Critérios para o estudo **113**

3.1 Chuva de projeto 114
3.2 Análise de evento observado 119
3.3 Sub-bacias hidrográficas 122
3.4 Impermeabilização da bacia 123

4. Mapeamento de áreas críticas **133**

4.1 Áreas inundáveis 134
4.2 Áreas críticas 144

5. Planos, estudos e projetos existentes para a bacia **151**

5.1 Arco Pinheiros 151
5.2 PIU Arco Pinheiros 152
5.3 PIU Vila Leopoldina Villa-Lobos 155
5.4 Projeto de drenagem 155
5.5 Abertura de canal na Rua Passo da Pátria 157
5.6 Estudo do sistema de drenagem da Ceagesp 157

6. Alternativas propostas **163**

6.1 Funcionamento das estruturas do pôlder 165
6.2 Alternativa 1 169
6.3 Alternativa 2 176
6.4 Localização das obras na bacia 184
6.5 Vistas e perspectivas do pôlder na região da Ceagesp, do reservatório e da revitalização do córrego na Rua Racine 198
6.6 Medidas complementares 234
6.7 Medidas não estruturais 235
6.8 Medidas de controle na fonte 247

7. Etapas de implantação das alternativas **255**

7.1 Desempenho das intervenções da 1ª etapa 262

8. Custo estimado **265**

9. Considerações finais **273**

Glossário **275**

Lista de abreviaturas e siglas

ACD	Área de Contribuição Direta
CCOI	Centro de Controle Operacional Integrado
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CEAGESP	Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo
CGE	Centro de Gerenciamento de Emergência
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
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CRHI	Coordenadoria de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia
EPA	Environmental Protection Agency
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

FCTH	Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica
FLU	Fluviométrico
FUSP	Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
IDF	Intensidade-duração-frequência
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IPVS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social
LPUOS	Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
MDC	Mapa Digital da Cidade
MPCA	Minnesota Pollution Control Agency
NUDEC	Núcleos de Defesa Civil
PA	Perímetro de Qualificação Ambiental
PCSWMM	Personal Computer Storm Water Management Model
PDE	Plano Diretor Estratégico
PDMAT	Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PHA	Departamento de Engenharia Hidráulica
PIU VLVL	Projeto de Intervenção Urbana Vila Leopoldina Villa-Lobos
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PlanMob	Plano de mobilidade
PMAPSP	Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo
PMH	Plano Municipal de Habitação
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
PPCV	Plano Preventivo Chuvas de Verão
PracaCant	Praça e Canteiro
PROCAV	Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale
PV	Poço de Visita
PVL	Pôlder Vila Leopoldina
QA	Quota Ambiental
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RVL	Reservatório Vila Leopoldina
SAISP	Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo
SEHAB	Secretária Municipal de Habitação
SF	Secretaria Municipal da Fazenda
SIURB	Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras
SMADS	Secretaria Municipal de Assistência Social

SMDU	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano
SMSP	Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras
SMSU	Secretaria Municipal de Segurança Urbana
SMT	Secretaria Municipal de Transportes
SMUL	Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
SWMM	Storm Water Management Model
Tr	Período de retorno
UACDC	University of Arkansas Community Design Center
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNDP	United Nations Development Program
UTM	Universal Transversa de Mercator
VLP	Sub-bacia da Vila Leopoldina
ZC	Zona Centralidade
ZCOR	Zona Corredor
ZDE	Zona de Desenvolvimento Econômico
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZEM	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana
ZEMP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZEP	Zona Especial de Preservação
ZEPAM	Zona Especial de Preservação Ambiental
ZEPEC	Zona Especial de Preservação Cultural
ZER	Zona Exclusivamente Residencial
ZEU	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana
ZEUP	Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana Previsto
ZM	Zona Mista
ZOE	Zonas de Ocupação Especial
ZPDS	Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável
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 das bacias hidrográficas do Município de São Paulo.

Este estudo desenvolveu-se no âmbito do contrato SIURB-FCTH nº 147/SIURB/2019, 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. E os cenários propositivos são previstos para a ocupação máxima permitida pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS – Lei nº 16.402/2016).

Além de apresentar o diagnóstico da bacia 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 na bacia hidrográfica serão escalonadas partindo-se da redução das áreas de risco muito alto.

A bacia hidrográfica da Vila Leopoldina fica localizada na margem direita do Rio Pinheiros, na região Oeste do Município de São Paulo, junto da confluência com o Rio Tietê.

O Caderno está dividido em nove capítulos. O Capítulo 1 estabelece um conjunto de princípios básicos que devem ser seguidos no planejamento das obras de drenagem da bacia hidrográfica.

No Capítulo 2, é apresentado o diagnóstico da bacia com a caracterização física e urbanística, o levantamento de inundações e o mapeamento das zonas inundáveis associado ao risco. Nele, temos ainda o Memorial Fotográfico, mostrando alguns dos principais problemas da bacia e pontos de interesse para a implantação de medidas que evitem inundações.

No Capítulo 3, "Critérios para o estudo", constam os temas que possibilitam o entendimento da geração do escoamento superficial direto, essencial para a atuação e 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 da bacia 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 a bacia, 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 três etapas: a primeira é delineada para proteger as áreas críticas da bacia; a segunda protege a bacia para chuvas com Tr 25 anos; e a terceira etapa, por sua vez, protege a bacia 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 chuvas intensas; e o sistema de alerta no Município de São Paulo. Também apresenta a aplicabilidade das medidas de controle na fonte em função da declividade e da geologia da bacia, indicando seu potencial de implantação.

O Capítulo 7 expõe o sistema implantado em etapas e seu comportamento em cada

etapa quando submetido a chuvas com 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 foram submetidas a uma chuva de 5 anos de recorrência.

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

O Capítulo 9 apresenta as considerações finais, com um resumo dos estudos.

1

Definição de diretrizes básicas dos estudos

O Caderno de Bacia Hidrográfica foi desenvolvido com base em 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 a bacia, avaliando-se todas as obras hidráulicas existentes e projetadas, porém passíveis de revisão e de adaptação face às novas medidas que vierem a ser propostas.
- As intervenções 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.

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.

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. Esse plano encontra-se atualmente em revisão.

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.

A estratégia territorial do Plano Diretor estrutura-se a partir das macrozonas e macroáreas, e da rede de estruturação e transformação urbana. Os elementos estruturadores do território foram classificados em:

- Macroárea de estruturação metropolitana;
- Rede estrutural de transporte coletivo;
- Rede hídrica e ambiental constituída pelo conjunto de cursos d'água; cabeceiras de drenagem e planícies aluviais; parques urbanos, lineares e naturais; áreas verdes significativas; e áreas protegidas e espaços livres, que constituem o arcabouço ambiental do Município e desempenham funções estratégicas para garantir o equilíbrio e a sustentabilidade urbanos;
- Rede de estruturação local, que articula as políticas públicas setoriais no território, indispensáveis para garantir os direitos de cidadania, reduzir a desigualdade socioterritorial e gerar novas centralidades em regiões menos estruturadas, além de qualificar as existentes.

Assim sendo, o Município foi dividido em 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.

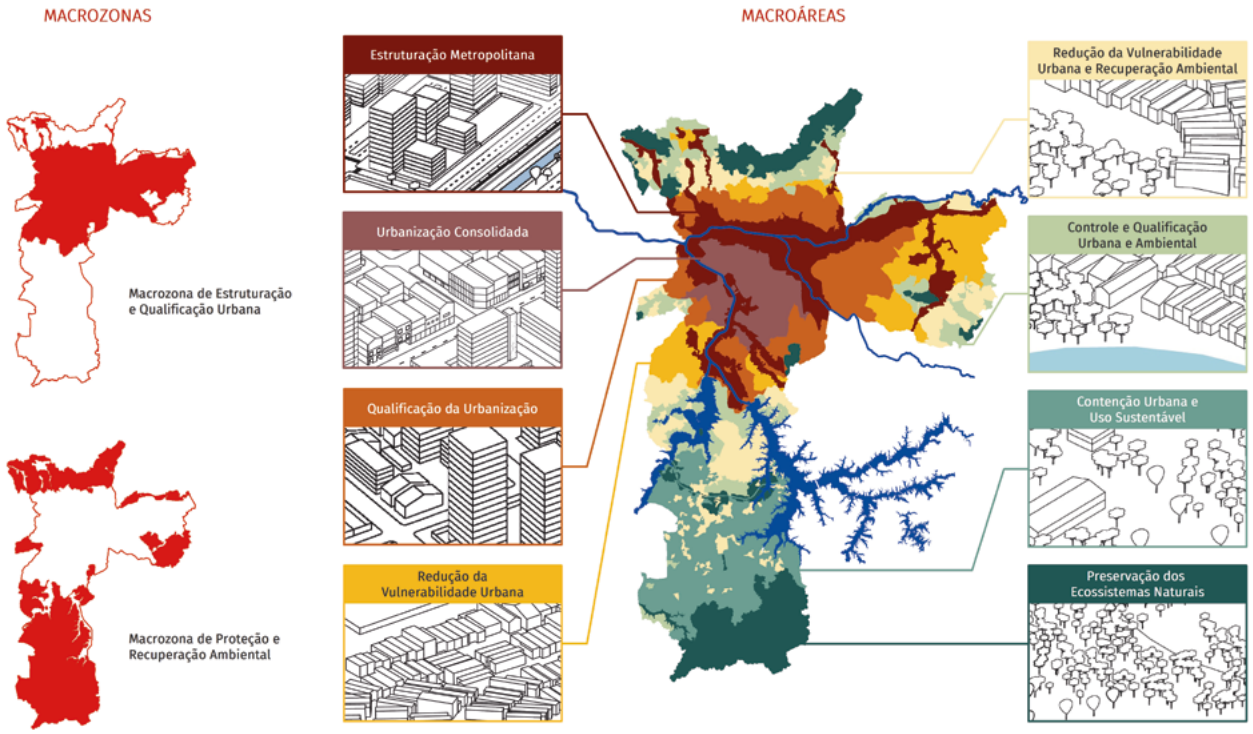
- Macroárea de qualificação da urbanização – é caracterizada pela existência de usos residenciais e não residenciais instalados em edificações horizontais e verticais, com um padrão médio de urbanização e de oferta de serviços e equipamentos.
- Macroárea de redução da vulnerabilidade urbana – caracteriza-se 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.

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



A rede de estruturação e transformação urbana é composta da rede hídrica ambiental (constituída pelo conjunto de cursos d'água, cabeceiras de drenagem, nascentes, olhos-d'água e planícies aluviais) e dos parques urbanos, lineares e naturais, com áreas verdes significativas e áreas protegidas. Dentre os objetivos urbanísticos e ambientais estratégicos relacionados à recuperação e proteção da rede hídrica 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;
- Ampliar os parques urbanos e lineares para equilibrar a relação entre o ambiente construído e as áreas verdes e livres e, assim, garantir espaços de lazer e recreação para a população;

- Proteger nascentes, olhos-d'água, cabeceiras de drenagem e planícies aluviais;
- Articular, através de caminhos de pedestres e ciclovias, preferencialmente nos fundos de vale, as áreas verdes significativas, os espaços livres e os parques urbanos e lineares.

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; e a criação de incentivos fiscais e urbanísticos às construções sustentáveis.

A Lei estabelece que, para estimular as construções sustentáveis, pode ser criada uma lei específica com incentivos fiscais, tais como o IPTU Verde, destinada a apoiar a adoção de técnicas construtivas voltadas à racionalização do uso de energia e água, à gestão sustentável de resíduos sólidos, ao 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 instaladas, sendo composto por:

- Fundos de vale, linhas e canais de drenagem, planícies aluviais e talvegues;
- 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 detenção 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;
- 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 controle dos lançamentos na fonte em áreas privadas e públicas;
- Adotar medidas que minimizem a poluição difusa carreada 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.

Menciona ainda que os parques lineares são parte integrante do Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale,

e sua implantação pressupõe a articulação de ações de saneamento, drenagem, sistema de mobilidade, urbanização de interesse social, conservação ambiental e paisagismo.

O Programa de Recuperação de Fundos de Vale, estabelecido pelo PDE em seu Art. 272, é composto por intervenções urbanas nos fundos de vale, articulando ações de saneamento, drenagem, implantação de parques lineares e urbanização de favelas. Dentre seus objetivos, estão:

- Ampliação progressiva das áreas verdes ao longo dos fundos de vale;
- Priorização da utilização de tecnologias socioambientais e procedimentos construtivos sustentáveis na recuperação ambiental de fundos de vale;
- Construção, ao longo dos parques lineares, de vias de circulação de pedestres e ciclovias.

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:

- Considera a bacia hidrográfica como uma unidade territorial de análise para diagnóstico, planejamento, monitoramento e elaboração de projetos;
- Considera o impacto do uso e da ocupação do solo na impermeabilização da bacia hidrográfica;
- Estimula e aponta áreas potenciais para a implantação de infraestrutura sustentável, como as medidas de controle na fonte;
- Respeita as capacidades hidráulicas dos corpos d'água, impedindo vazões excessivas;
- Utiliza tecnologia avançada de modelagem hidrológica e hidráulica, que permite o mapeamento das áreas de risco de inundação;
- Produz o mapeamento georreferenciado dos elementos de macrodrenagem, incluindo canais naturais e artificiais, galerias e reservatórios de retenção ou contenção;
- Propõe sistemas de detenção ou retenção temporária 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;

- Adota 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 penetração das águas pluviais no solo e instalando dispositivos para sua retenção, quando necessário.

2

Caracterização da bacia

2.1 LOCALIZAÇÃO

A bacia em estudo localiza-se na zona Oeste do Município de São Paulo, abrangendo uma área de 6,1 km², correspondente a 0,4 % da área total do Município (**FIGURA 2.1**). Ela inclui dois córregos principais: o córrego Vila Leopoldina e o córrego Cemitério da Lapa, além de galerias menores que drenam as áreas mais baixas. Essa bacia é afluente da margem direita do Rio Pinheiros, estando localizada em seu trecho inferior, a montante da Barragem de Retiro e antes da confluência com o Rio Tietê. Neste estudo, também foi incorporada uma pequena Área de Contribuição Direta (ACD) localizada na porção oeste da bacia, correspondendo a uma área de 0,1 km².

O córrego Vila Leopoldina segue por galerias subterrâneas, salvo em alguns pequenos trechos na parte de montante entre a Rua Passo da Pátria e a Avenida Imperatriz Leopoldina, em que segue aberto no fundo de lotes (**FIGURA 2.2**). Na porção de jusante, ele vai pela Rua Mergenthaler em uma galeria dupla até a foz. Já o córrego Cemitério da Lapa segue por

FIGURA 2.1 **Localização da bacia da Vila Leopoldina**



Convenção

- Rede hídrica
- Bacia da Vila Leopoldina
- Quadra viária

Área de drenagem: 6,2 km²

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021) e Mapa Hidrográfico do Município (2021)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

0 125 250 500 m

N


R. Guaíba
R. Aliança Liberal
R. Bar. da Passagem
R. Belmonte
R. Sebastião Bach
R. Passo da Pátria
R. Carlos Weber
R. Racine
Av. Xavier Kraus
R. Schilling
Av. Diógenes Ribeiro de Lima
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
R. Heliópolis
Av. Imp. Leopoldina
R. Bergson
R. Barbalha
R. Cerro Corá
Av. Queiroz Filho
Córrego Cemitério da Lapa
Av. Manuel Bandeira
Av. Prof. Fonseca Rodrigues

galerias subterrâneas margeando o cemitério da Lapa e, depois, vai pela Avenida Queiroz Filho. Ambos são sistemas independentes entre si, com deságue no Rio Pinheiros.

2.2 HISTÓRICO DA BACIA

A história de ocupação da bacia da Vila Leopoldina pode ser analisada observando-se duas grandes áreas: a Vila Leopoldina e o Alto da Lapa. A primeira surgiu quando o antigo sítio de Emboaçava dividiu-se, em 1894. A empresa austríaca E. Richter & Co. tornou-se proprietária de um quarto desse antigo terreno, responsabilizando-se por loteá-lo[5]. Desse projeto inicial, surgiu o que chamamos hoje de Vila Leopoldina.

Apesar de o processo de loteamento só ter sido concluído na década de 1950, no mapa de São Paulo Sara Brasil, de 1930, já é possível notar as primeiras ruas do bairro. A ocupação dos lotes foi seguindo a expansão da mancha urbana da cidade durante as décadas de 1920 a 1960.

Na região, estavam presentes duas linhas férreas importantes: a Santos-Jundiaí, que passava ao norte e hoje abriga a Linha 7-Rubi, da CPTM; e a Sorocabana, que era a mais importante no bairro, correspondendo à atual Linha 8-Diamante da CPTM. Essas linhas foram construídas para o escoamento da produção do café durante o século XIX, e também passaram a ser utilizadas para o transporte de produtos da indústria a partir do início do século XX. A empresa E. Richter & Co. levou isso em consideração em seu projeto para a Vila Leopoldina, designando grande parcela do terreno (que margeia o Rio Pinheiros, em seu curso ainda natural) para o uso industrial.

Em 1928, um decreto concedeu à companhia canadense The São Paulo Tramway Light and Power Company Ltda. os direitos de retificar o Rio Pinheiros para a produção de energia elétrica[6]. Além disso, estabeleceu-se que a área concedida à empresa seria aquela afetada pelas cheias. As obras de retificação se estenderam até a década de 1950, junto com o fim do loteamento da Vila Leopoldina.

---

5. RODRIGUES, L. R. **Territórios Invisíveis da Vila Leopoldina**: permanência, ruptura e resistência na cidade. 2013. Dissertação (mestrado em Projeto, Espaço e Cultura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
6. PESSOA, D. F. O processo de retificação do rio Tietê e suas implicações na cidade de São Paulo, Brasil. **Paisagem e Ambiente**: ensaios, [*s. l.*], v. 30, n. 44, e158617, 2019. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.paam.2019.158617. Acesso em: 29 jul. 2021.



FIGURA 2.2 **Imagens do trecho aberto entre a Rua Passo da Pátria e a Avenida Imperatriz Leopoldina (foto: Nilo Massone)**

Porém, a tessitura urbana do bairro ainda iria se alterar, já que, em 1953, o grande terreno dos irmãos Nacib e Hassib Mofarrej fora selecionado para a instalação do Ceasa, atual Ceagesp, que até então estava nas proximidades do Mercado Municipal. A mudança se deu por problemas urbanísticos no Centro, como tráfego de veículos e até enchentes, e a construção no novo local terminou em 1969. Essa nova configuração urbana também criou a Avenida Mofarrej, que é de grande importância para o bairro até os dias de hoje.

Na **FIGURA 2.3** e na **FIGURA 2.4**, é possível observar o local da Avenida Doutor Gastão Vidigal em sua fase de construção, em 1970. Em ambas as imagens, é possível vislumbrar também a Ceagesp e outras edificações e terrenos de loteamento ainda sem uso.

A porção ao norte da Vila Leopoldina é uma área de maior altitude e, consequentemente, não sofria tanto com enchentes como a planície aluvial. Essa segunda área que compõe a bacia é o Alto da Lapa.

A companhia City of São Paulo Improvements and Freehold Land Co. Ldt., também referida como Cia. City, foi responsável pela construção de diversos bairros de São Paulo. Instalando-se na cidade em 1912, se tornou famosa pelos projetos de "cidade-jardim". Segundo Wolff (1998), os primeiros loteamentos no Alto da Lapa foram iniciados pela Cia. City em 1921, apesar de a compra dos terrenos ser anterior a esse período. O projeto do bairro Alto da Lapa foi desenvolvido pelo arquiteto e urbanista inglês Barry Parker, responsável pelo desenho viário que segue a declividade natural do terreno[7].

A Cia. City tinha uma notável proximidade com a administração pública. Na Lapa, por exemplo, em 1914, cedeu ao poder público um terreno para a construção de um reservatório de água que serviria ao bairro.

---

7. D'ELBOUX, R. M. M. Os primeiros anos da Cia. City em São Paulo (1911-1915): a revisão de uma lacuna. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 22, E202023pt, 2020. DOI: https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202023pt. Acesso em: 29 jul. 2021.



FIGURA 2.3 **Obras para a abertura da Av. Dr. Gastão Vidigal, no bairro Vila Leopoldina. No plano médio, à direita, prédios da Ceagesp; ao fundo, à esquerda, a Pç. Apecatu e a Av. Prof. Fonseca Rodrigues; e, à direita, o Rio Pinheiros e a Pte. do Jaguaré. Foto: Ivo Justino, 1970. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo**



FIGURA 2.4 **Obras para a abertura da Av. Dr. Gastão Vidigal no trecho do bairro de Boaçava, vista tomada em direção ao bairro Vila Leopoldina. No primeiro plano, à direita, a R. Anatólia; no plano médio, a Pç. Apecatu e a Av. Queiroz Filho; ao fundo, à esquerda, prédios da Ceagesp; e, ao centro, a Av. Dr. Gastão Vidigal. Foto: Ivo Justino, 1970. Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo**

Atualmente, os bairros Vila Leopoldina e Alto da Lapa passam por novas mudanças, que seguem uma lógica mais complexa: a desindustrialização da Vila Leopoldina abre espaço para o mercado imobiliário, que usa os amplos lotes para a verticalização; o bairro City Lapa foi tombado em 2009 pela Conpresp, sob o argumento de preservar tanto o projeto de Parker como a grande área verde da região; há ainda um debate público que discute a permanência ou a retirada da Ceagesp da área; entre outras questões.

O processo de retificação do Rio Pinheiros, que ocorreu entre 1928 e 1950, trouxe também alterações na drenagem dessas regiões baixas de várzea da Vila Leopoldina. A **FIGURA 2.5** representa a topografia da área de confluência dos rios Tietê e Pinheiros em 1889: nela, é possível observar seus meandros originais, aterrados após a retificação, além do leito natural dos córregos Vila Leopoldina e Cemitério da Lapa. É notável a diferença do caminho das águas naquele período e nos dias de hoje: o córrego Vila Leopoldina, em seu trecho final, corria a noroeste, desaguando no Rio Tietê; e, nesse mapa, ainda é possível distinguir outro córrego que corria sentido Sul, encontrando-se com o córrego Bellini, cujas nascentes se confundem com a localização do atual córrego Cemitério da Lapa.

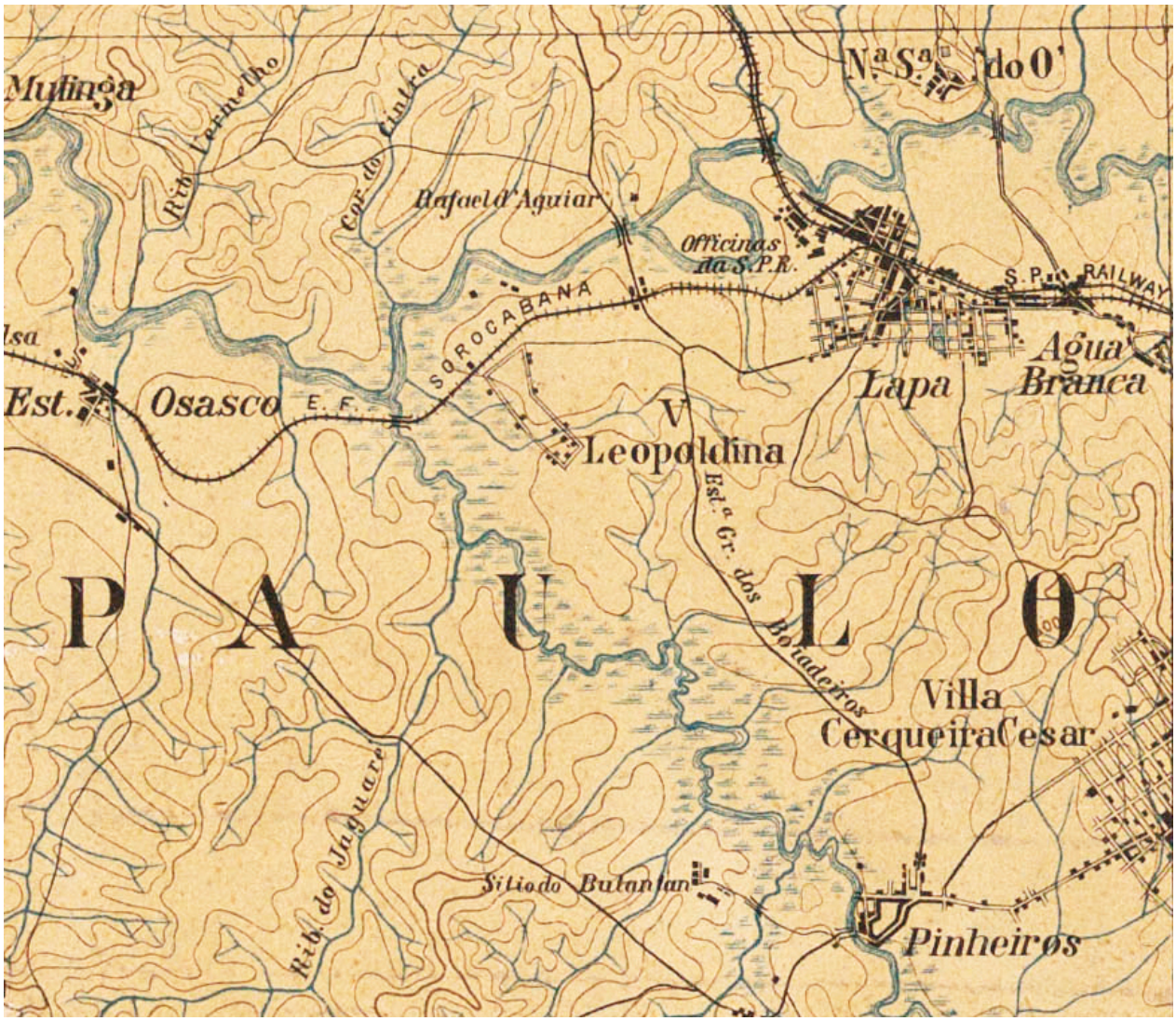


FIGURA 2.5 **Topografia da região de São Paulo na área de confluência dos rios Tietê e Pinheiros. Recorte de mapa do Município de São Paulo de 1889 (fonte: Arquivo Público do Estado de São Paulo)**

2.3 HIDROGRAFIA

Atualmente, o córrego Vila Leopoldina tem sua nascente principal localizada próximo à Rua Belmonte e à Rua Peribebuí, dentro do Centro Educacional e Esportivo Edson Arantes do Nascimento — popularmente conhecido como Pelezão. Ele escoa por galerias subterrâneas pela Rua Dalton e pela Rua Racine, aflorando à superfície em alguns trechos entre a Rua Passo da Pátria e a Avenida Imperatriz Leopoldina, seguindo por esta última até a Rua Mergenthaler, por onde continua até desaguar no Rio Pinheiros.

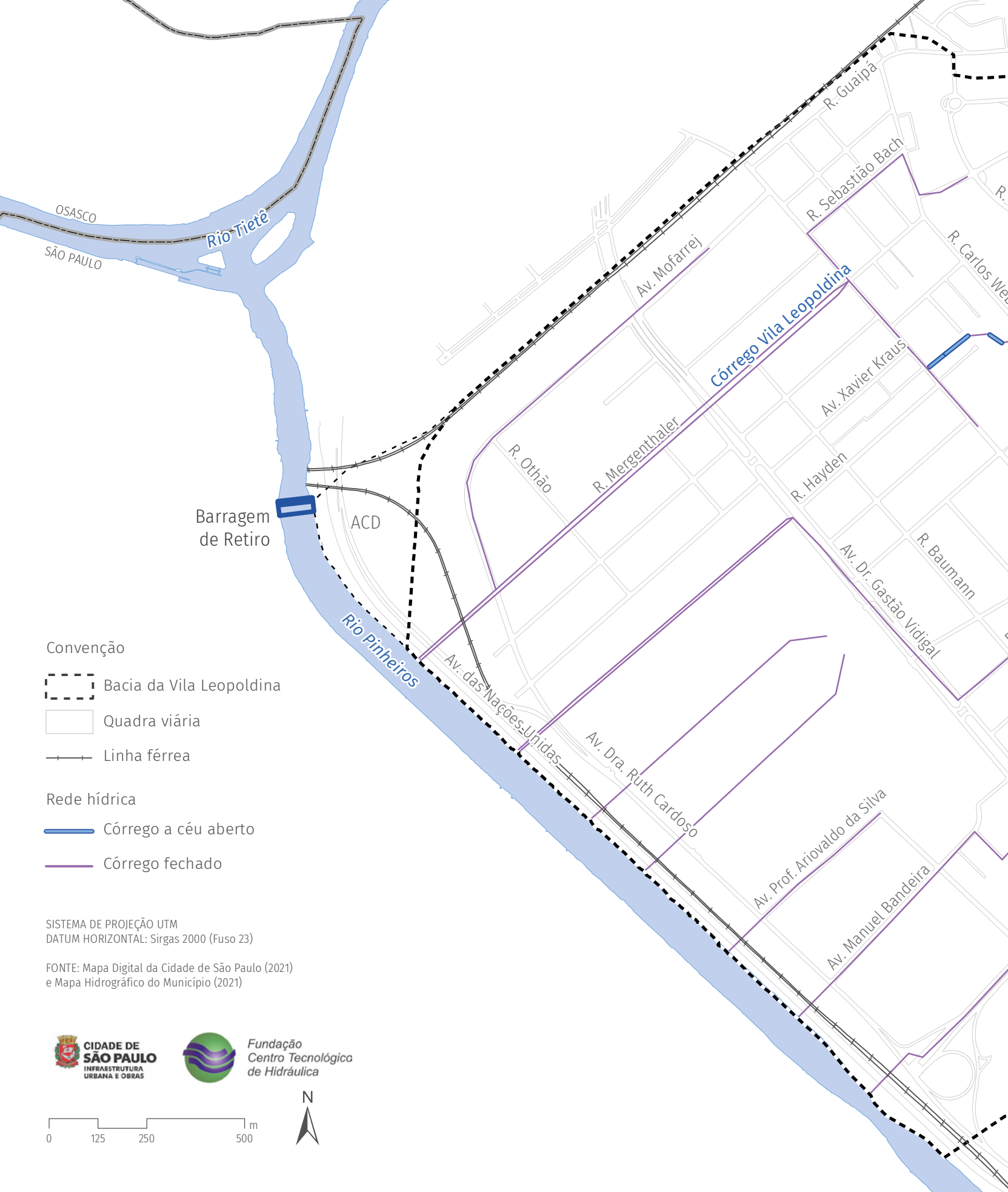
O córrego Cemitério da Lapa tinha sua nascente nas proximidades da Rua Mário Whately, mas a canalização e o tamponamento do córrego, décadas atrás, dificultam encontrar a nascente nos dias atuais. Em sua cabeceira, o córrego tem o reservatório Diógenes, segue por galerias subterrâneas pela Rua Bergson, lateralmente ao cemitério da Lapa, vai pela Rua Paulo Franco e, depois, escoa pela Avenida Queiroz Filho até sua foz no Rio Pinheiros.

O mapa hidrográfico da bacia da Vila Leopoldina é apresentado na **FIGURA 2.6**. O traçado desse mapa leva em consideração a situação atual dos córregos existentes na bacia, tendo sido elaborado com base em cadastros disponíveis na Prefeitura de São Paulo, bem como de cadastro disponibilizado pela Ceagesp. Nesse mapa, é possível observar que os córregos da bacia encontram-se em grande parte canalizados, exceto em alguns trechos a montante da Avenida Imperatriz Leopoldina. A hidrografia principal é composta pelo córrego Vila Leopoldina e pelo córrego Cemitério da Lapa, sendo que a extensão total do primeiro é de 3.500 m, e a do segundo é de 2.600 m.

A **FIGURA 2.7** indica as dimensões das galerias principais da bacia da Vila Leopoldina, assim como a localização das galerias secundárias disponíveis no cadastro do Geoconvias.

Também indicado no mapa da **FIGURA 2.6**, o reservatório Diógenes está localizado no córrego Cemitério da Lapa, no cruzamento da Rua Barbalha com a Rua Jasper Negro, inserido na área sob jurisdição da subprefeitura da Lapa. Foi construído na configuração *in line*, para aumentar a defasagem entre os hidrogramas gerados nas sub-bacias.

O reservatório foi inaugurado em 2019 para sanar problemas de alagamentos locais e tem capacidade de armazenar 2.000 m³ de água. É esvaziado por gravidade, sem a utilização de máquinas ou equipamentos para tanto. Possui revestimento em concreto e é fechado, permitindo a utilização de sua laje (**FIGURA 2.8**).


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Barragem
de Retiro
ACD
Rio Pinheiros
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
Córrego Vila Leopoldina
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
Rede hídrica
Córrego a céu aberto
Córrego fechado
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021)
e Mapa Hidrográfico do Município (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
0
125
250
500
m
N

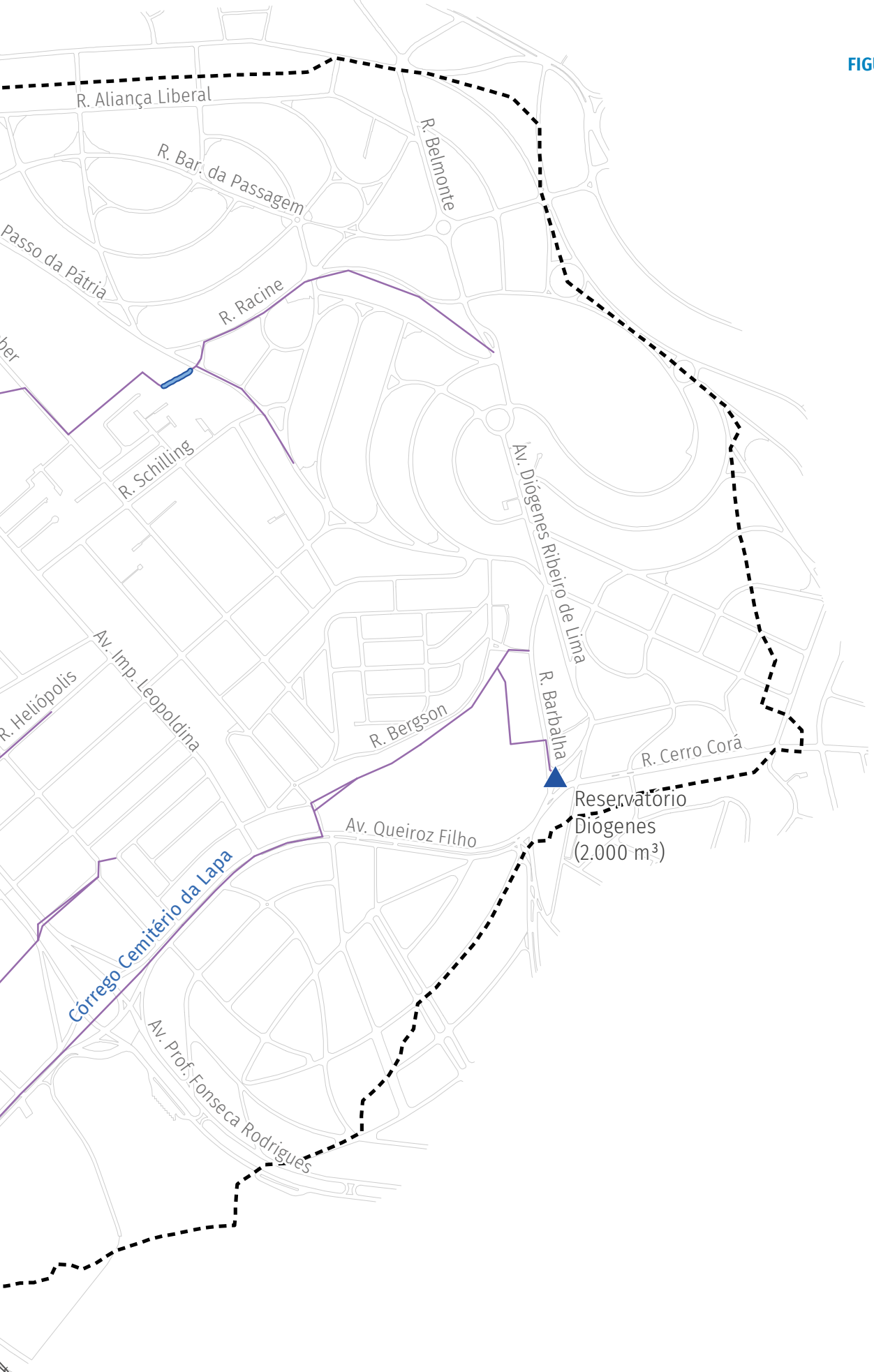


FIGURA 2.6 **Rede hídrica principal da bacia da Vila Leopoldina**



Convenção

- Galeria principal
- Galeria secundária
- Bacia da Vila Leopoldina
- Quadra viária
- Linha férrea

Dimensões em metros

- Ø Seção circular fechada
- ⍁ Seção retangular fechada
- ⌴ Seção retangular aberta

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021), SIURB, subprefeitura da Lapa e Ceagesp

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

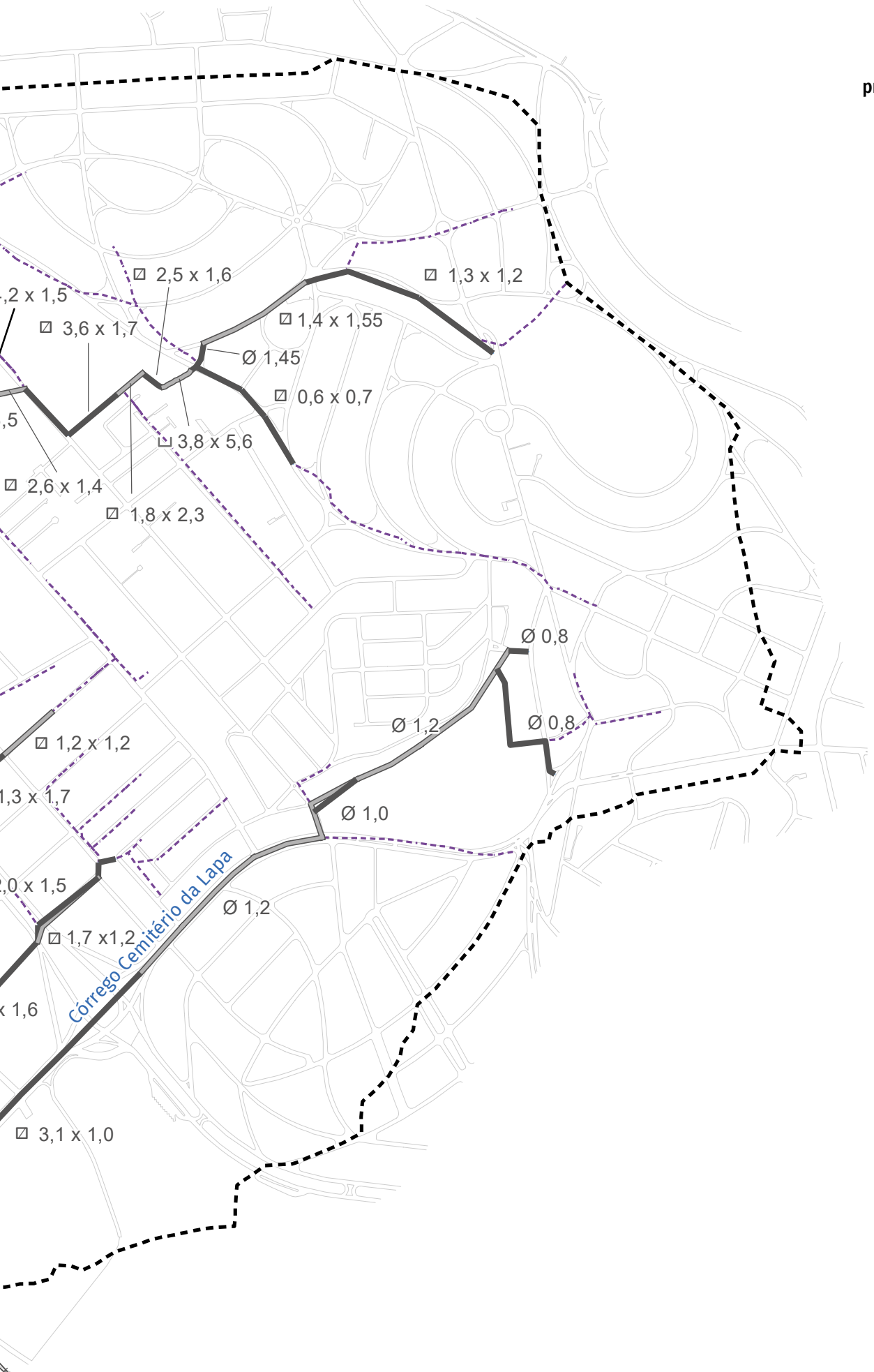


FIGURA 2.7 **Dimensões das principais galerias de drenagem da bacia da Vila Leopoldina**



FIGURA 2.8 **Imagens da implantação do reservatório Diógenes (fotos: SIURB/PMSP)**

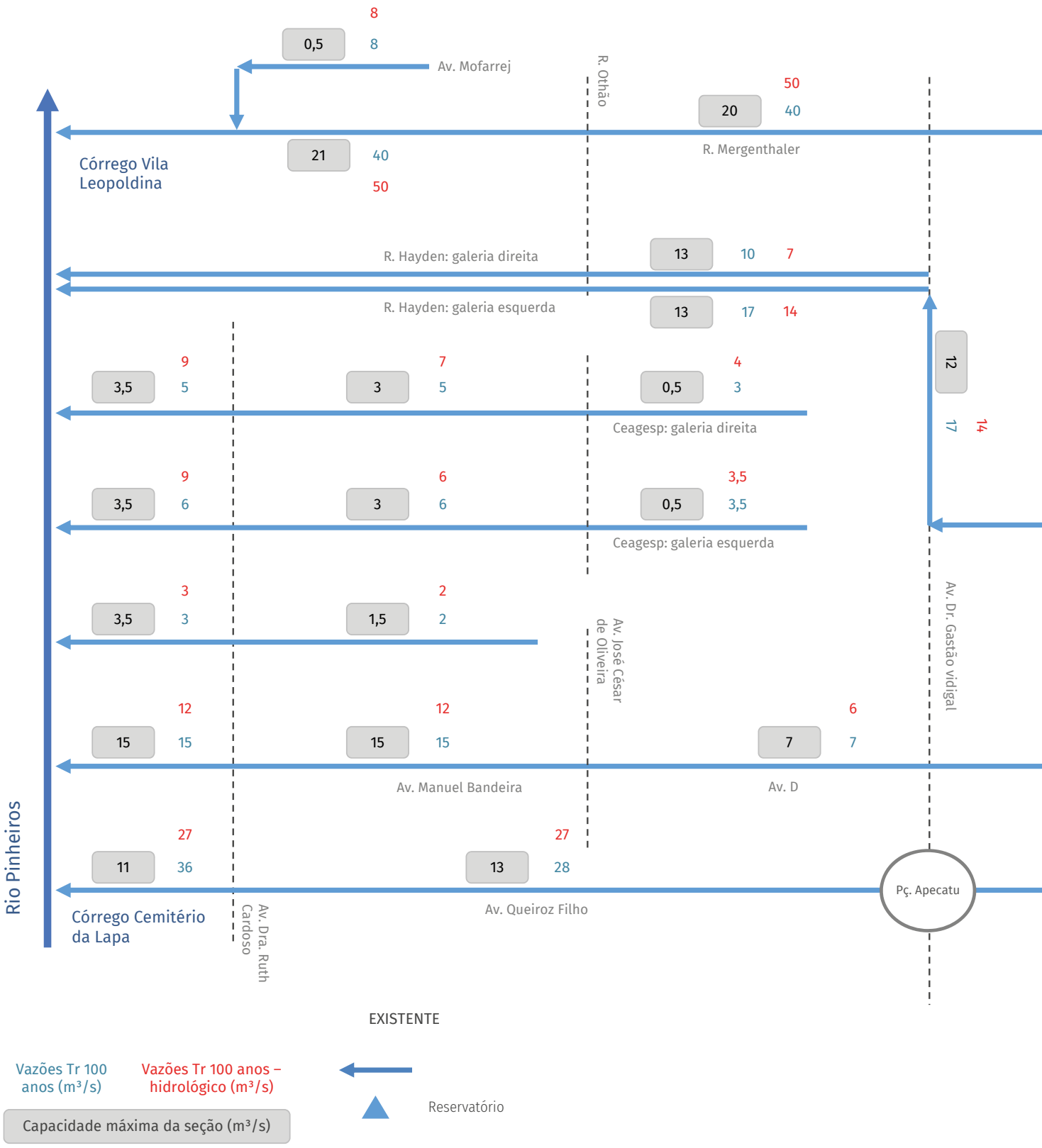
2.3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DE VAZÕES

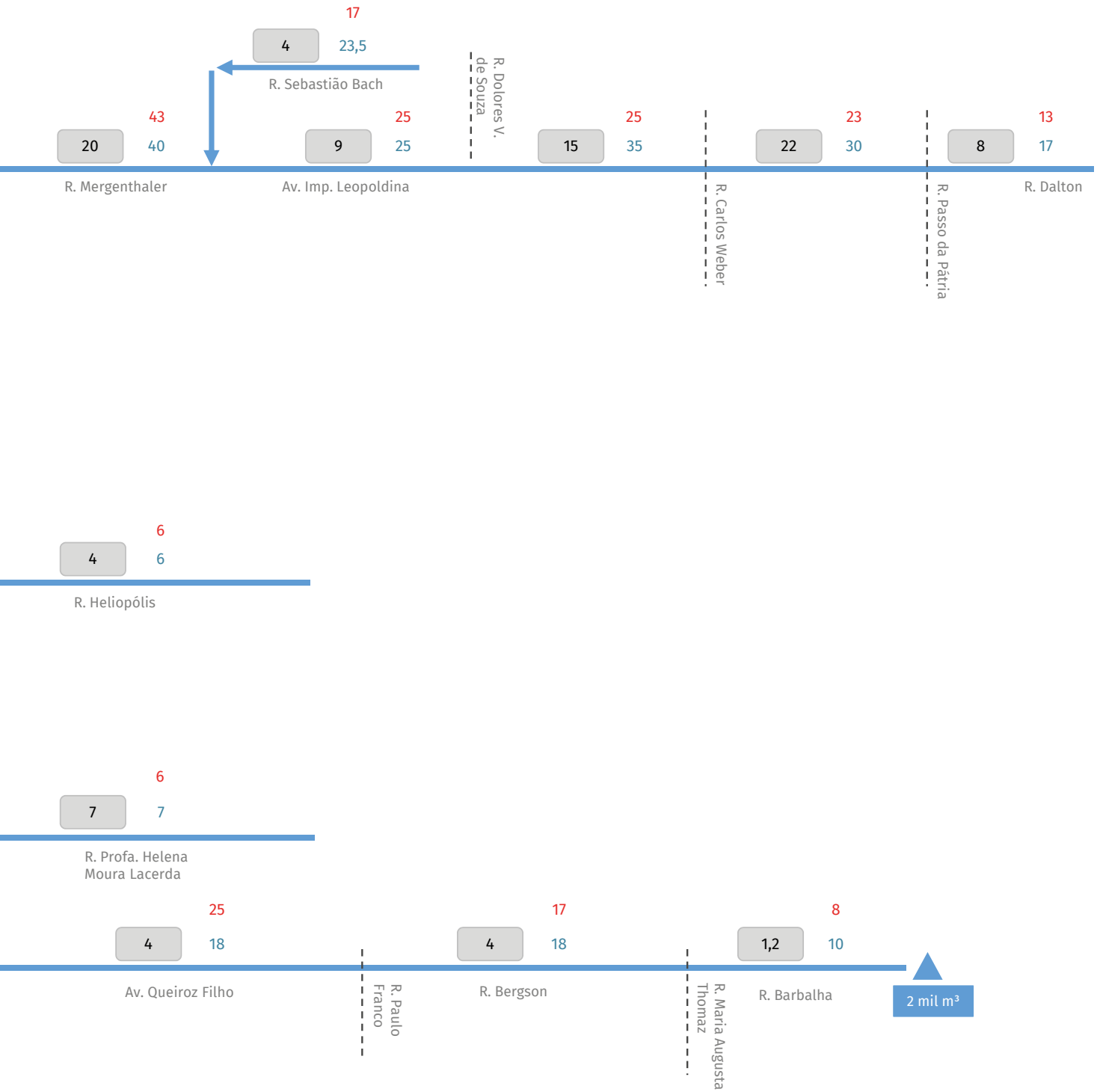
Os diagramas unifilares são esquemas sintéticos dos cursos d'água, nos quais são representados, de forma organizada, os principais elementos da rede hídrica na bacia hidrográfica, tais como afluentes e medidas de controle de cheias, o que permite um melhor entendimento do funcionamento sistemático da fluviometria da bacia. Neles, é representada a posição física sequencial dos componentes da rede, mostrada no organograma esquemático unifilar.

Por conseguinte, o diagrama unifilar da situação atual da bacia da Vila Leopoldina é exibido na **FIGURA 2.9**. Nesse diagrama, são apresentadas as vazões geradas pelo modelo hidráulico-hidrológico, que representa a situação hidráulica da rede existente para uma chuva com período de retorno igual a 100 anos. Também são apresentadas as vazões hidrológicas e as vazões máximas suportadas nas galerias para a mesma chuva de 100 anos. Ressalta-se que, para o cálculo das vazões hidrológicas, não é considerado o amortecimento de cheias nos condutos hidráulicos.

As deficiências no sistema de drenagem da bacia podem ser notadas pela diferença entre a capacidade máxima da seção e a vazão afluente de Tr 100 anos. O sistema de drenagem não apresentaria deficiência se as vazões de Tr 100 anos fossem iguais ou menores do que as capacidades máximas das seções. Na bacia da Vila Leopoldina, é possível notar que a maior parte dos trechos analisados apresenta insuficiência do sistema de drenagem existente. Aqui, destacam-se: galerias da Rua Sebastião Bach, cuja vazão de Tr 100 anos é cinco vezes maior do que a capacidade da rede; toda a extensão do córrego Vila Leopoldina; galerias da Ceagesp; e toda a extensão do córrego Cemitério da Lapa, especialmente no trecho entre a Praça Apecatu e a Rua Barbalha, onde a capacidade da rede é superada em mais de quatro vezes pela vazão de Tr 100 anos.

FIGURA 2.9 **Diagrama unifilar de vazões da bacia da Vila Leopoldina (situação atual)**




17
4
23,5
R. Sebastião Bach
R. Dolores V. de Souza
43
20
40
25
9
25
25
15
35
23
22
30
13
8
17
R. Mergenthaler
Av. Imp. Leopoldina
R. Carlos Weber
R. Passo da Pátria
R. Dalton
6
4
6
R. Heliopólis
6
7
7
R. Profa. Helena Moura Lacerda
25
4
18
17
4
18
8
1,2
10
Av. Queiroz Filho
R. Paulo Franco
R. Bergson
R. Maria Augusta Thomaz
R. Barbalha
2 mil m³

2.3.2 INUNDAÇÕES NA BACIA DA VILA LEOPOLDINA

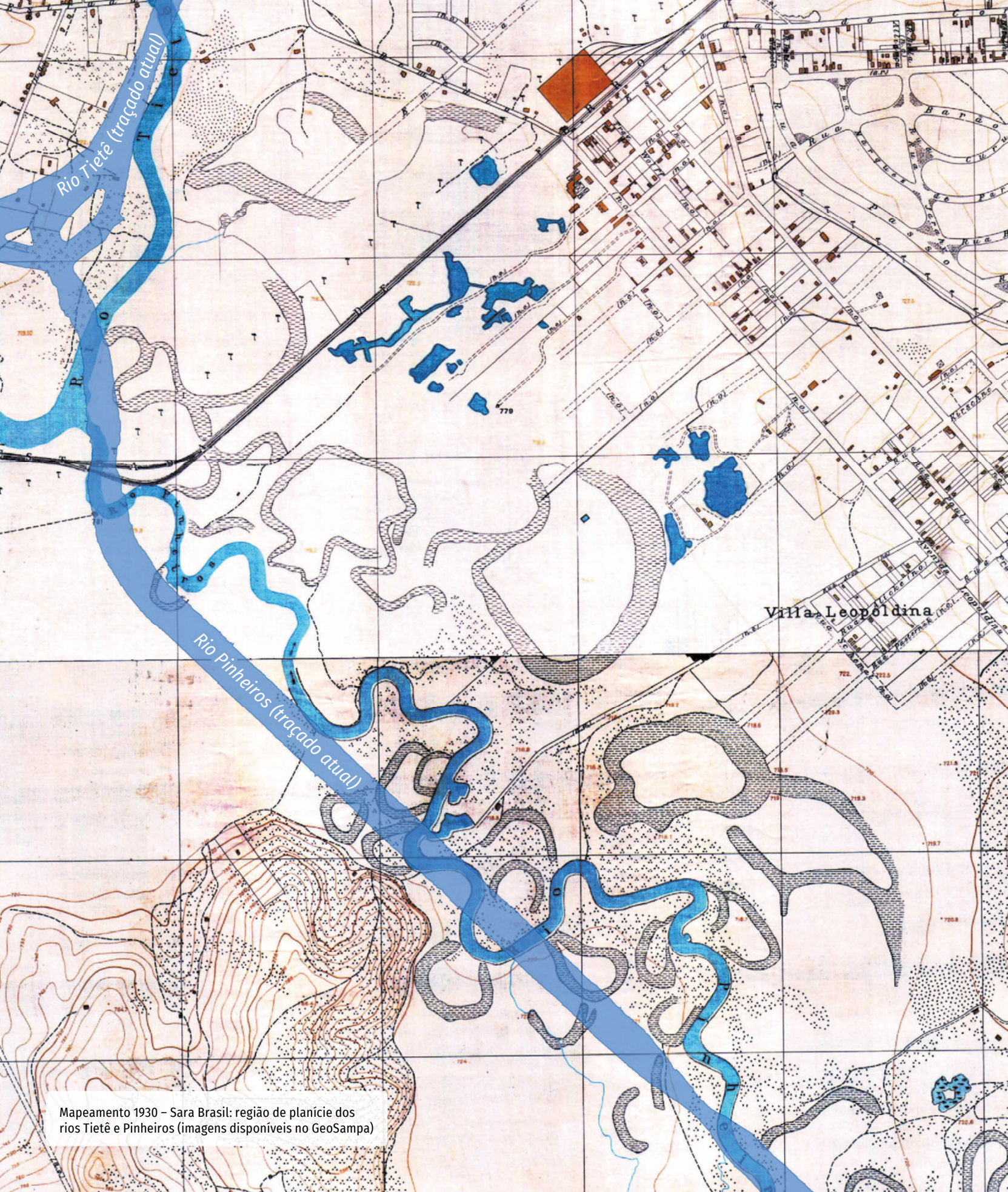
Na bacia da Vila Leopoldina, a exemplo de outras áreas do Município de São Paulo, o sistema de drenagem não acompanhou a evolução da urbanização e da impermeabilização do solo urbano, o que ocasiona as inundações observadas na região. A bacia possui galerias de águas pluviais de pequenas dimensões, além de desemboques no Rio Pinheiros em cotas baixas, fazendo com que as galerias operem em condições normais com seção parcialmente ocupada pelo remanso das águas desse rio. Soma-se a isso o fato de a região de jusante da bacia da Vila Leopoldina ser uma extensa planície aluvial, o que permite o refluxo do Rio Pinheiros para os bairros.

O levantamento dos problemas de inundação na bacia da Vila Leopoldina reuniu informações históricas disponibilizadas pela SIURB, cadastros dos pontos de alagamento realizados pela CET/CGE no período de 2004 a 2021 e, também, levantamentos recentes feitos 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 levantamentos históricos de inundação na bacia.

Os problemas mais recorrentes detectados estão na planície, se estendendo desde a Avenida das Nações Unidas (Marginal Pinheiros) até a Avenida Doutor Gastão Vidigal, e na Avenida Mofarrej, onde as galerias têm pequena dimensão e baixa declividade, além de desembocarem no Rio Pinheiros em cota desfavorável, algumas abaixo da linha-d'água normal desse rio. Na parte mais elevada da bacia, os alagamentos mais recorrentes estão na Rua Passo da Pátria, próximo à Rua Racine, no trecho do córrego Vila Leopoldina.

Salienta-se ainda uma concentração de pontos de alagamento registrados pelo levantamento de dados da CET/CGE: no trecho de jusante do córrego Cemitério da Lapa, na Avenida Queiroz Filho e na Avenida Imperatriz Leopoldina, em dois trechos que contribuem para galerias distintas.

A **FIGURA 2.10** traz o mapa de inundações da bacia da Vila Leopoldina.



Mapeamento 1930 – Sara Brasil: região de planície dos rios Tietê e Pinheiros (imagens disponíveis no GeoSampa)

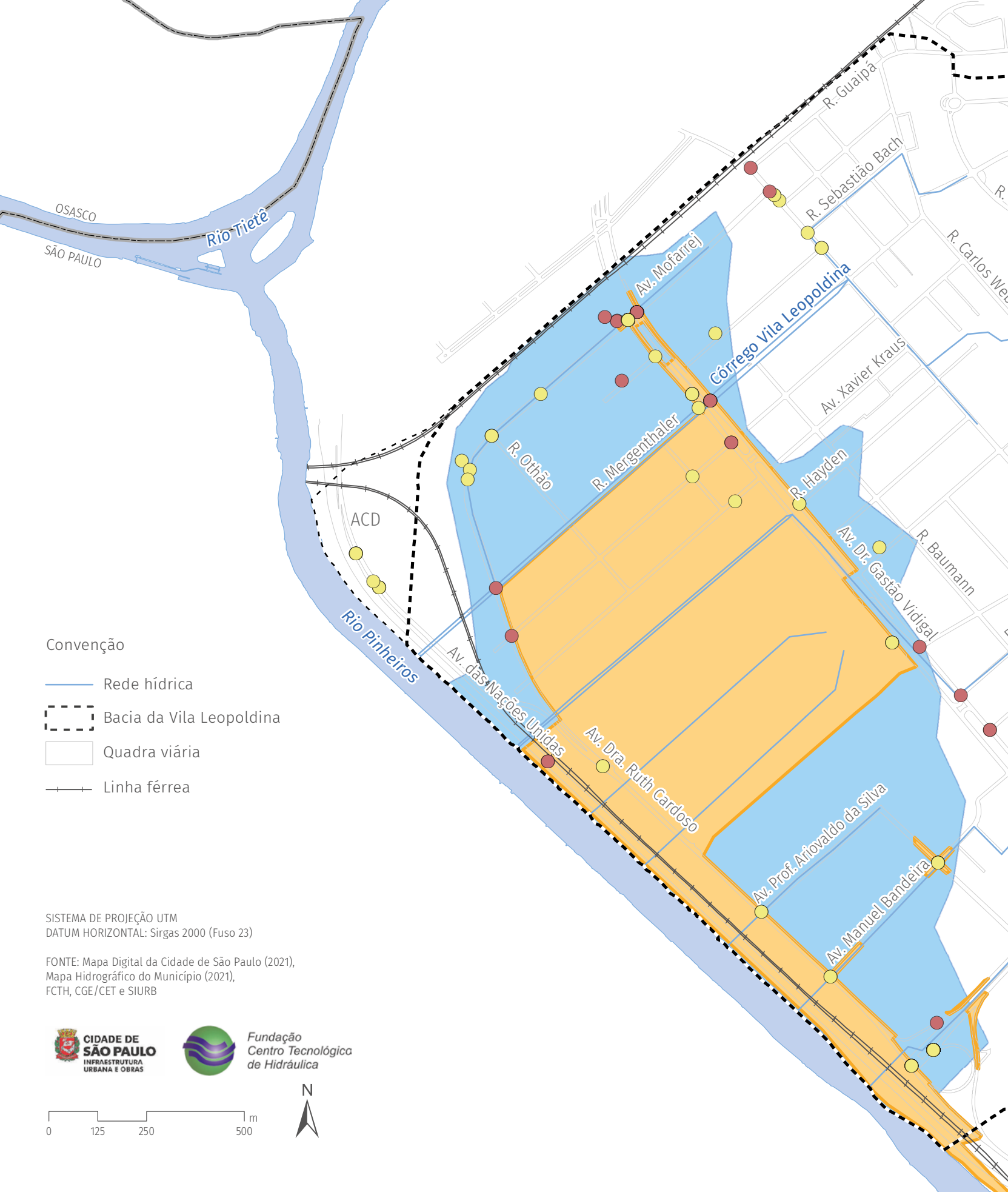

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
R. Carlos Weis
Av. Mofarrej
Córrego Vila Leopoldina
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
ACD
Av. Dr. Gastão Vidigal
R. Baumann
Rio Pinheiros
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021),
FCTH, CGE/CET e SIURB
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 2.10 **Diagnóstico das inundações na bacia da Vila Leopoldina**



2.3.3 MEMORIAL FOTOGRÁFICO

A seguir, apresenta-se o memorial fotográfico da bacia da Vila Leopoldina, iniciando de montante para jusante, conforme indicada a localização no mapa de referência ao lado das fotos. As imagens representam os pontos críticos da bacia em termos de inundação e alagamento, bem como os locais de interesse para a implantação de medidas de controle de cheias, conforme descrição a seguir:

- Região de cabeceira do córrego Cemitério da Lapa: (1) vista do reservatório Diógenes e Rua Barbalha; (2) vista da Rua Bergson e entrada do estacionamento do Cemitério da Lapa; e (3) vista da viela lateral ao cemitério, por onde segue a galeria de drenagem subterrânea (**FIGURA 2.11**);
- Imediações da Avenida Queiroz Filho: (1) vista da Praça Apecatu; (2) marca de inundação em muro na Avenida Doutora Ruth Cardoso; e (3) marca de inundação em parede na Avenida das Nações Unidas (**FIGURA 2.12**);
- Praça Antônio Geballe, na região de cabeceira do córrego Vila Leopoldina, com destaque para as ruas Dalton e Racine, por onde passa o córrego canalizado (**FIGURA 2.13**);
- Rua Passo da Pátria, onde o córrego Vila Leopoldina é exposto à superfície (**FIGURA 2.14**);
- Trechos abertos do córrego Vila Leopoldina: (1) detalhe do prédio construído sobre o canal; (2) vista para montante do córrego em trecho aberto, com detalhe para as obstruções no canal (vegetações e resíduos sólidos) e as contribuições clandestinas de esgoto; e (3) vista do trecho aberto do córrego pela Avenida Imperatriz Leopoldina (**FIGURA 2.15**);
- Ruas Carlos Weber, Mergenthaler e Sebastião Bach. Trecho de montante, do afluente ao córrego Vila Leopoldina (**FIGURA 2.16**);
- Imediações da Rua Mergenthaler: (1) marca de inundação; (2) vista para montante da Rua Mergenthaler; e (3) vista de concessionária na Avenida Doutor Gastão Vidigal, com medidas de convivência com enchentes (**FIGURA 2.17**);
- Ceagesp: (1) marca de inundação dentro do entreposto; (2) vista de uma das entradas e do canteiro central da Avenida Doutor Gastão Vidigal; (3) vista de um dos cantos laterais do entreposto na Rua Xavier Kraus (**FIGURA 2.18**);
- Avenida Mofarrej, trecho problemático afluente ao córrego Vila Leopoldina: (1) cruzamento com a Rua Othão; (2) local

de encontro da galeria pluvial com a galeria principal da Rua Mergenthaler; e (3) altura de inundação observada (**FIGURA 2.19**);

- Desemboque das galerias do córrego Cemitério da Lapa (1) e da Avenida Manoel Bandeira (2 e 3) no Rio Pinheiros. A geratriz inferior dessas galerias ficam abaixo da cota normal do Rio Pinheiros (**FIGURA 2.20**).







Bacia da Vila Leopoldina

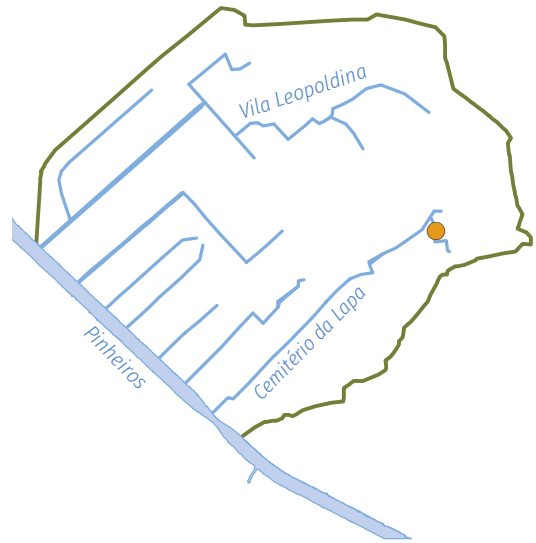




FIGURA 2.11 **Fotos da região de cabeceira do córrego Cemitério da Lapa**







Bacia da Vila Leopoldina





FIGURA 2.12 **Fotos das imediações da Av. Queiroz Filho, córrego Cemitério da Lapa**







Bacia da Vila Leopoldina

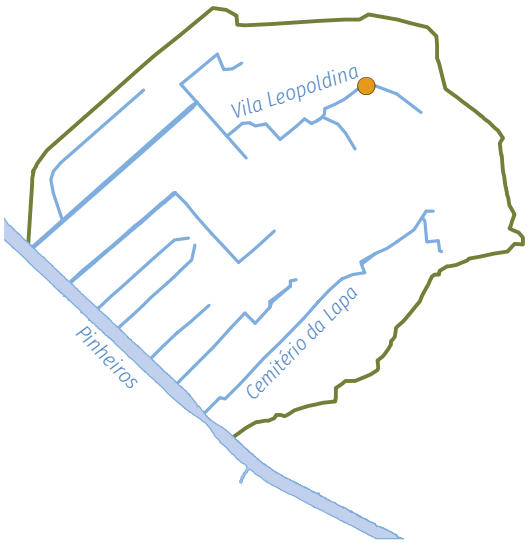




FIGURA 2.13 **Fotos da Pç. Antônio Geballe, na região de cabeceira do córrego Vila Leopoldina**







Bacia da Vila Leopoldina

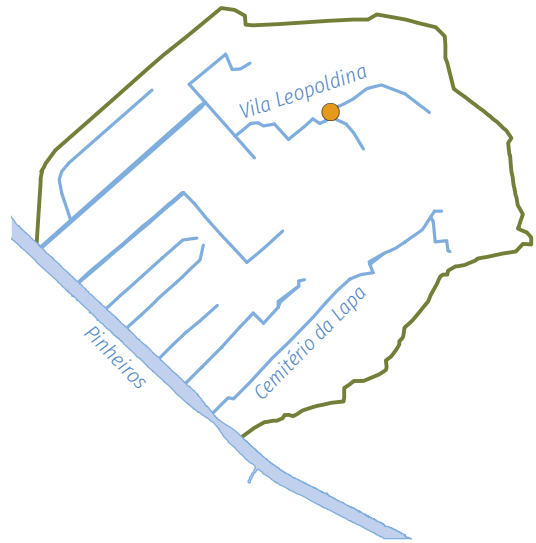




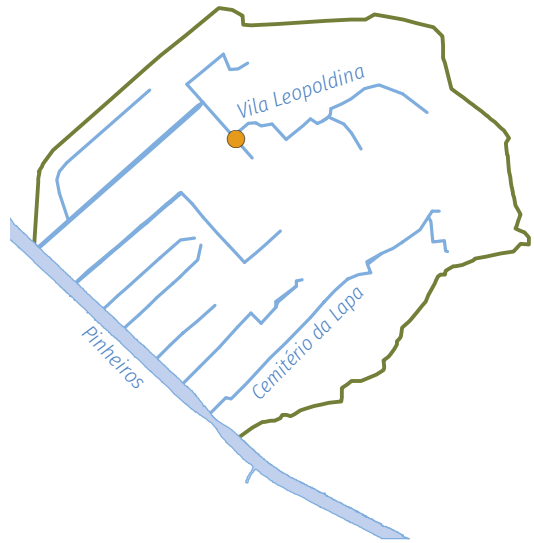
FIGURA 2.14 **Fotos da R. Passo da Pátria, córrego Vila Leopoldina**







Bacia da Vila Leopoldina



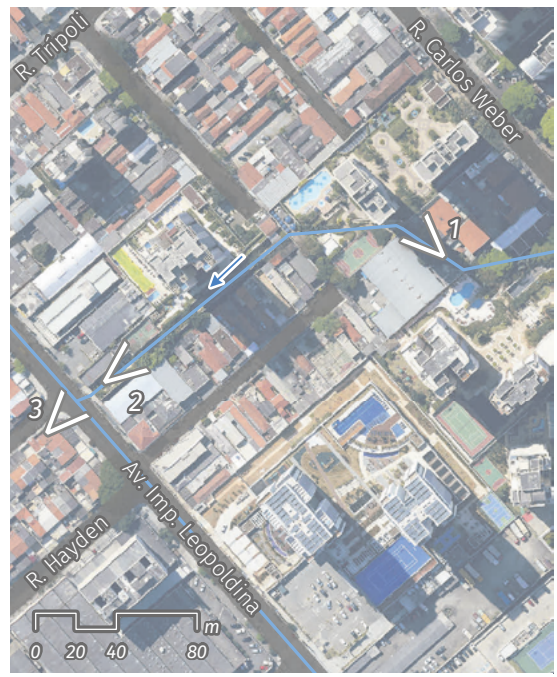


FIGURA 2.15 **Fotos de trechos abertos do córrego Vila Leopoldina**







Bacia da Vila Leopoldina

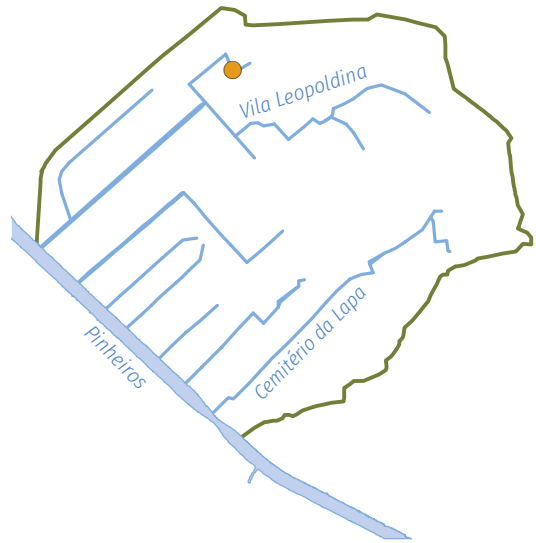




FIGURA 2.16 **Fotos das ruas Carlos Weber, Mergenthaler e Sebastião Bach, córrego Vila Leopoldina**







Bacia da Vila Leopoldina



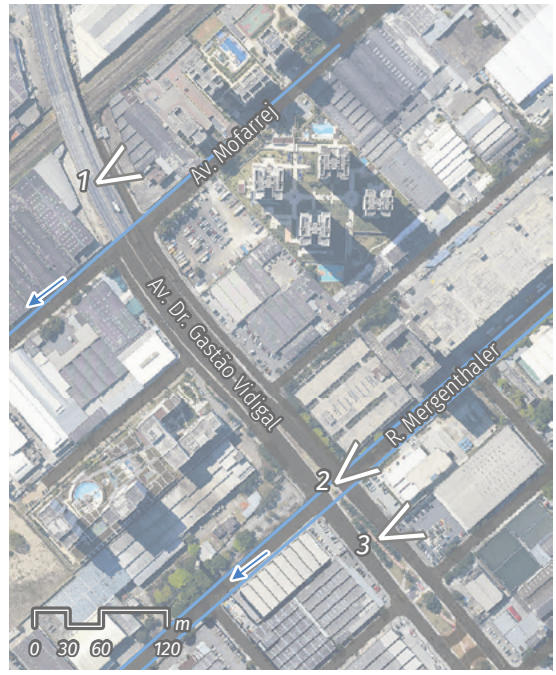


FIGURA 2.17 **Fotos das imediações da R. Mergenthaler, córrego Vila Leopoldina**







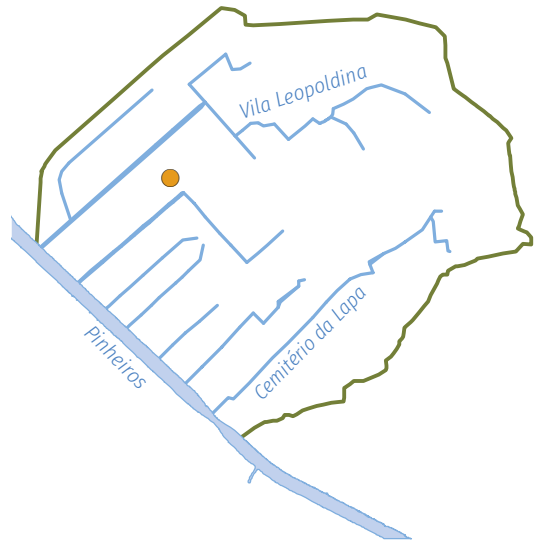
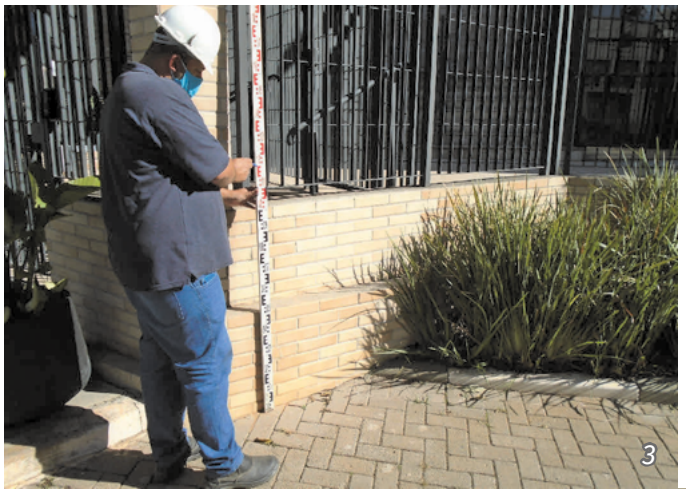




FIGURA 2.18 **Fotos do entreposto Ceagesp, córrego Vila Leopoldina**







Bacia da Vila Leopoldina





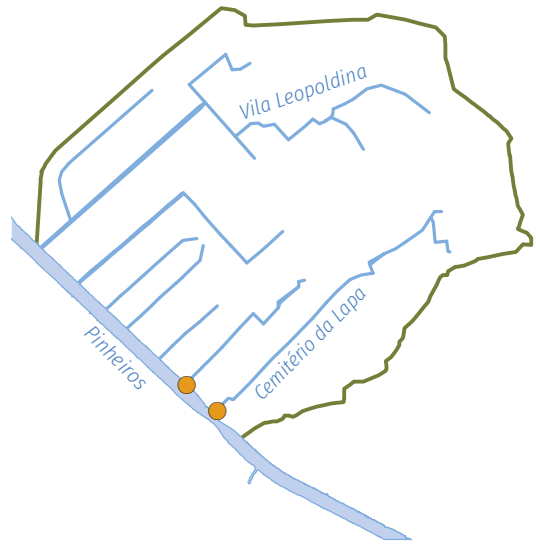
FIGURA 2.19 **Fotos da Av. Mofarrej, córrego Vila Leopoldina**







Bacia da Vila Leopoldina



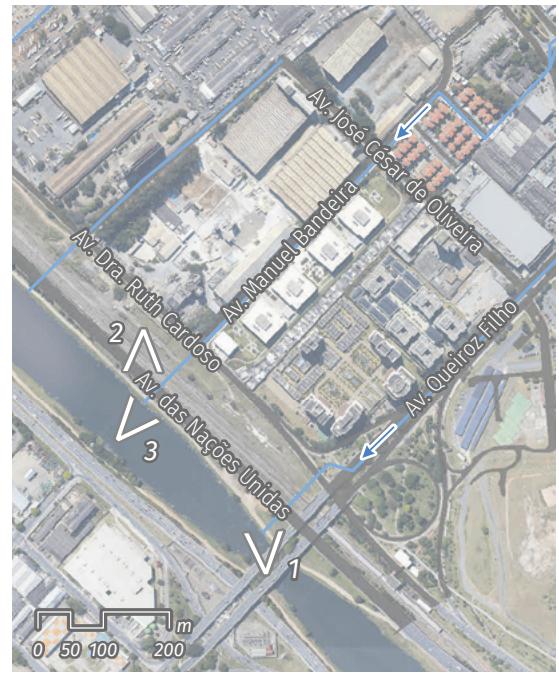


FIGURA 2.20 **Fotos dos desemboques das galerias do córrego Cemitério da Lapa e da Av. Manuel Bandeira no Rio Pinheiros**

2.4 MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

O monitoramento hidrológico realizado no Município de São Paulo é composto por 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 em um 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 báscula, 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 da PHA/EPUSP. A maneira mais comum de realizar esta 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 utilizada.

Nas proximidades da bacia da Vila Leopoldina, existem seis postos da rede telemétrica, conforme descrição a seguir:

- Posto 1000790 – CTH-USP;
- Posto 1000800 – Rio Tietê – Barragem Móvel Jusante;
- Posto 1000847 – Rio Tietê – Barragem Móvel Montante;
- Posto 1001517 – Rio Pinheiros – Estrutura de Retiro;

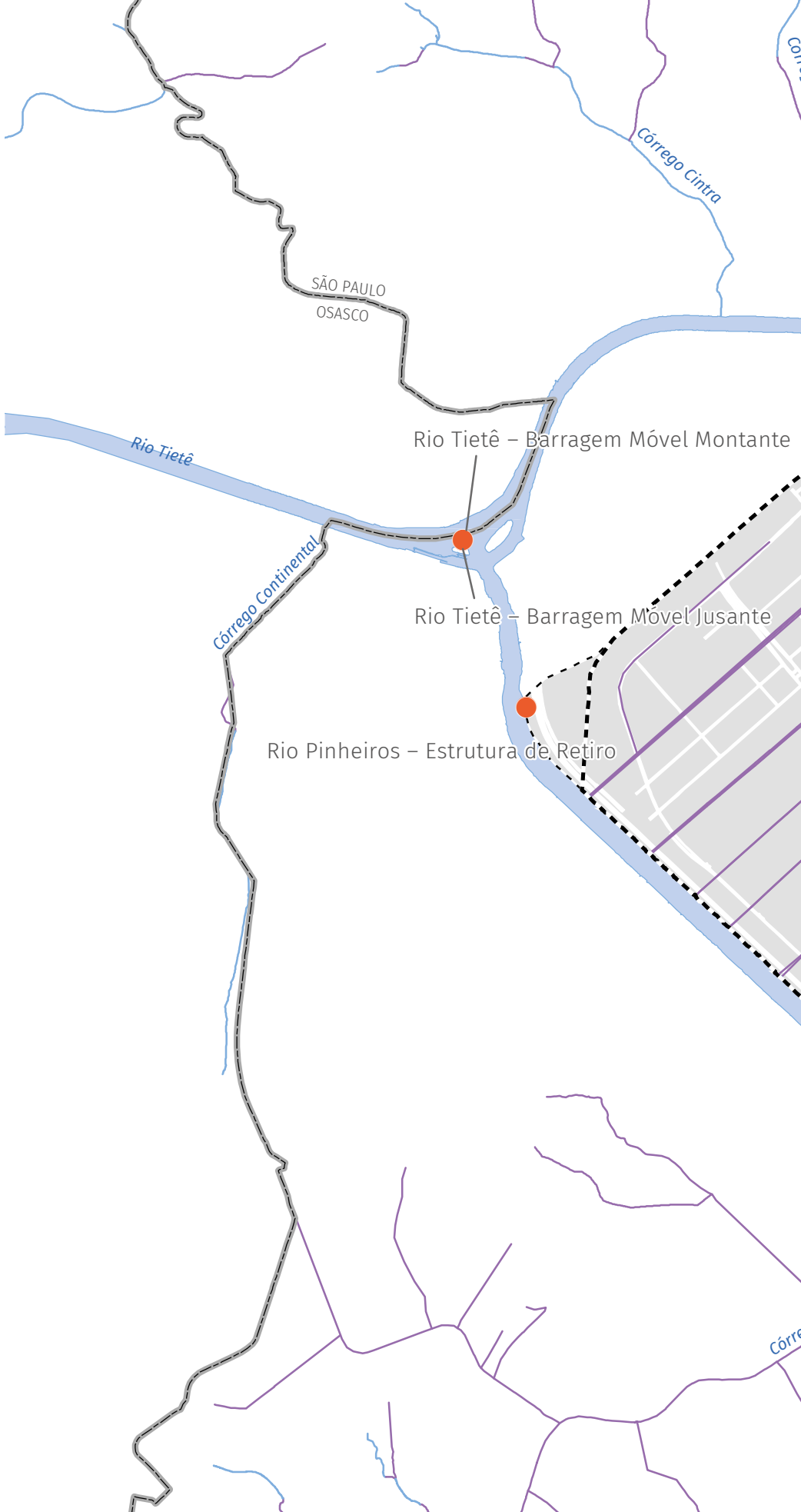
- Posto 277 – Rio Pinheiros – Ponte Cidade Universitária;
- Posto 296 – Rio Tietê – Ponte do Piqueri.

A **FIGURA 2.21** indica a localização dos postos da rede telemétrica considerados neste estudo.

Da **FIGURA 2.22** à **FIGURA 2.27**, são apresentadas as séries históricas dos dados pluviométricos e fluviométricos registrados (a cada 10 minutos) nos postos considerados neste estudo.

Por fim, na **FIGURA 2.28** e na **FIGURA 2.31** estão indicadas as precipitações médias mensais do posto 1000790 – CTH-USP e do posto 296 – Rio Tietê – Ponte do Piqueri, respectivamente.

FIGURA 2.21 **Localização dos postos da rede telemétrica de hidrologia do SAISP nas imediações da bacia da Vila Leopoldina**



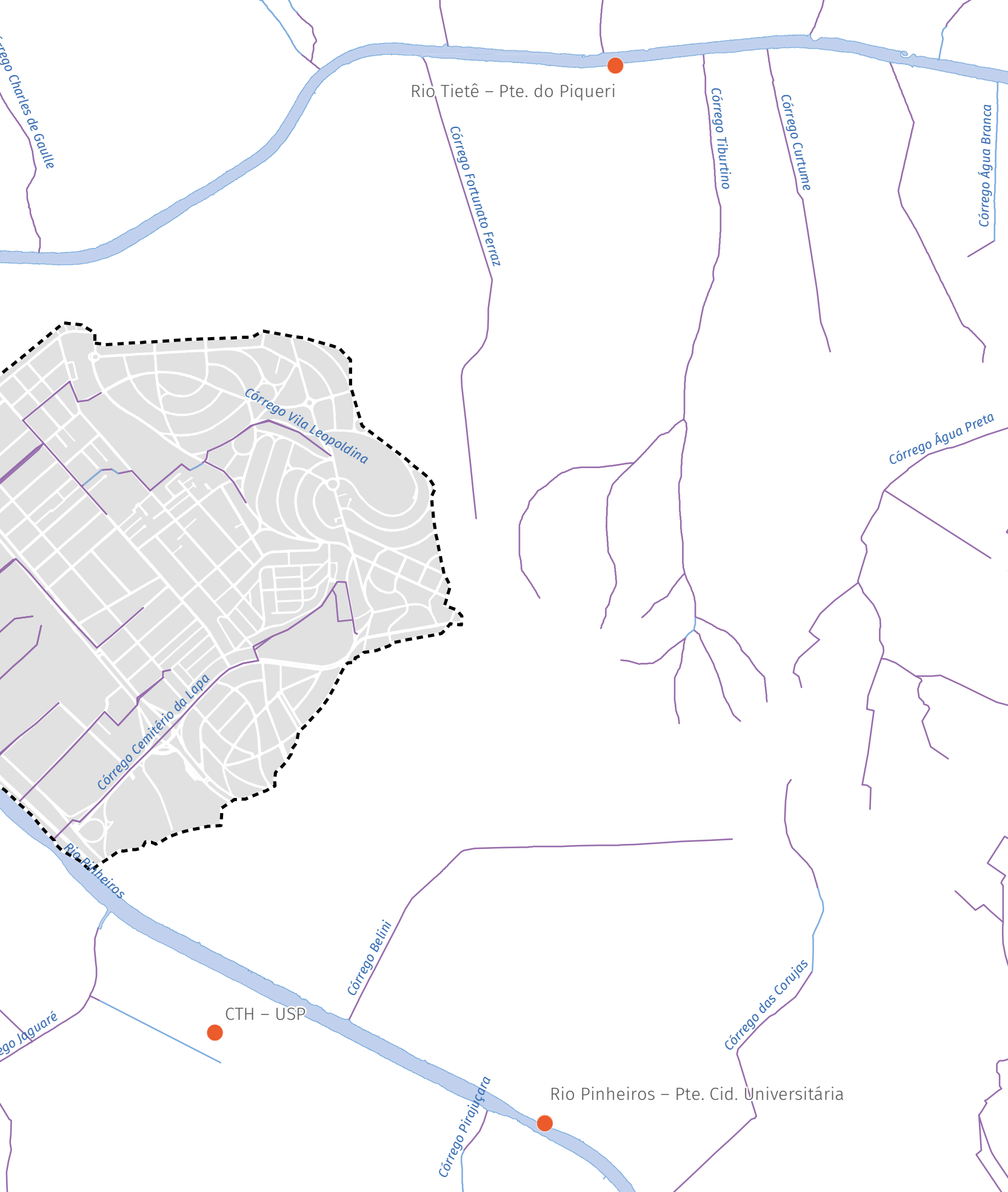

Rio Tietê – Pte. do Piqueri
Córrego Charles de Gaulle
Córrego Fortunato Ferraz
Córrego Tiburtino
Córrego Curtume
Córrego Água Branca
Córrego Vila Leopoldina
Córrego Água Preta
Córrego Cemitério da Lapa
Rio Pinheiros
Córrego Belini
Córrego das Corujas
CTH – USP
Córrego Pirajuçara
Rio Pinheiros – Pte. Cid. Universitária

FIGURA 2.22 Pluviograma histórico do Posto 1000790 – CTH-USP

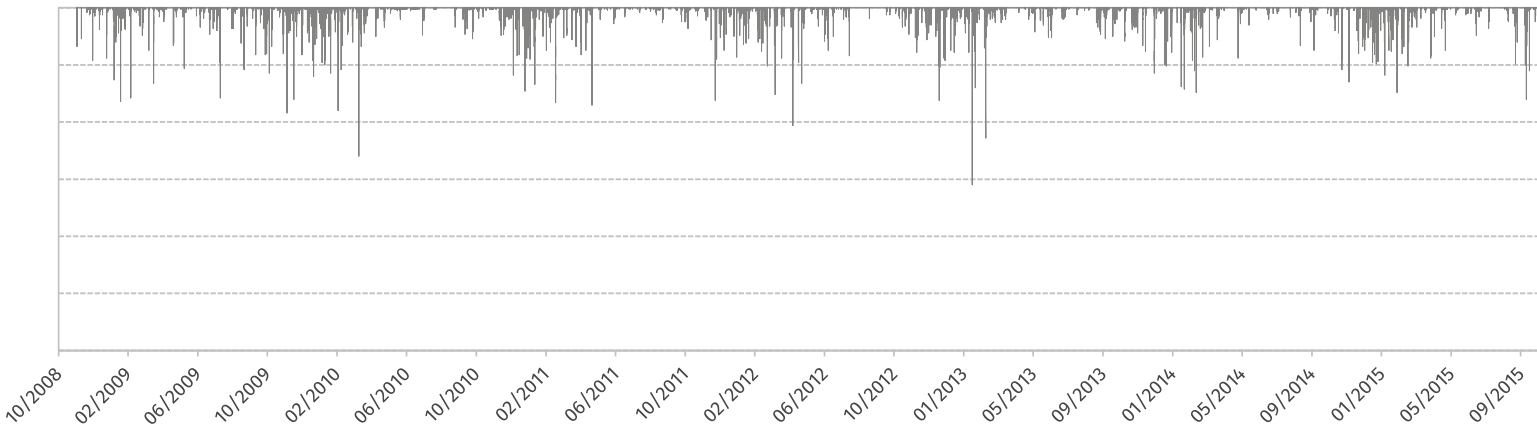


FIGURA 2.23 Fluviograma histórico do Posto 1000800 – Rio Tietê – Barragem Móvel Jusante

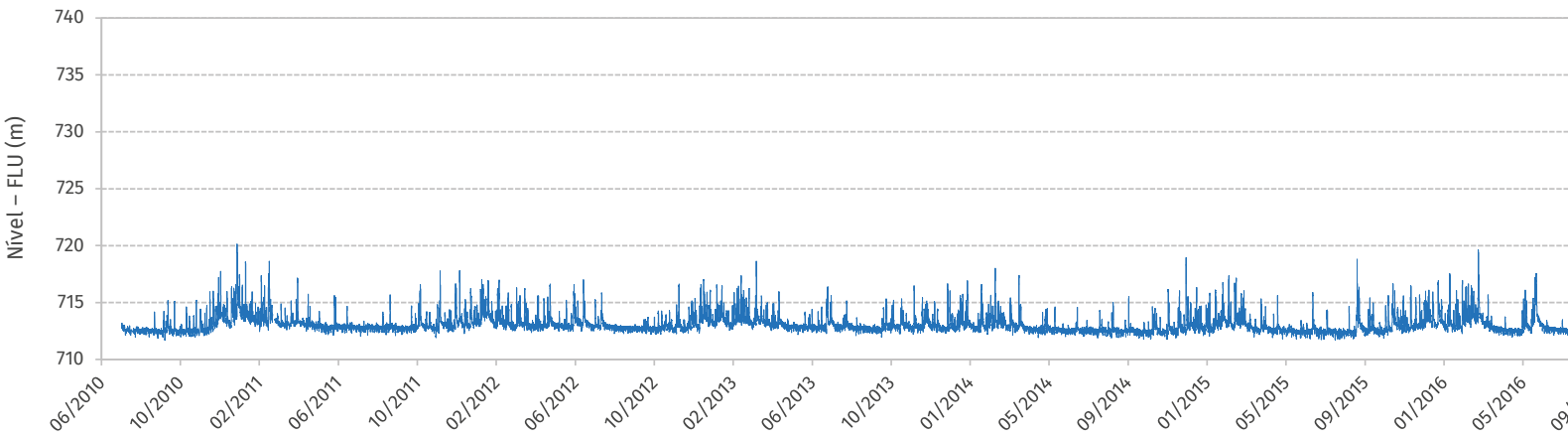
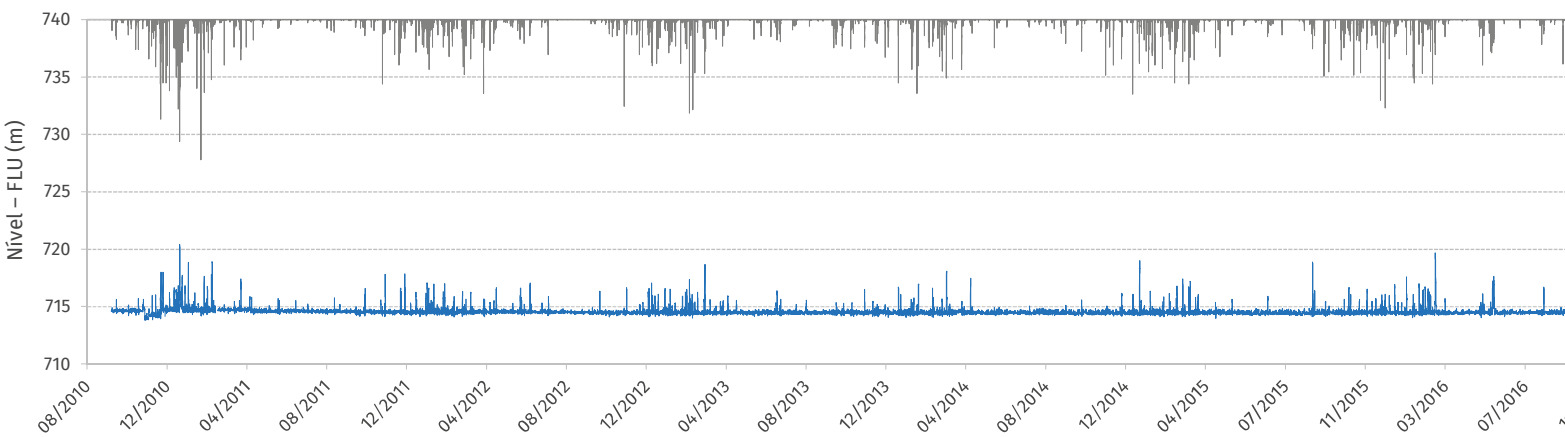
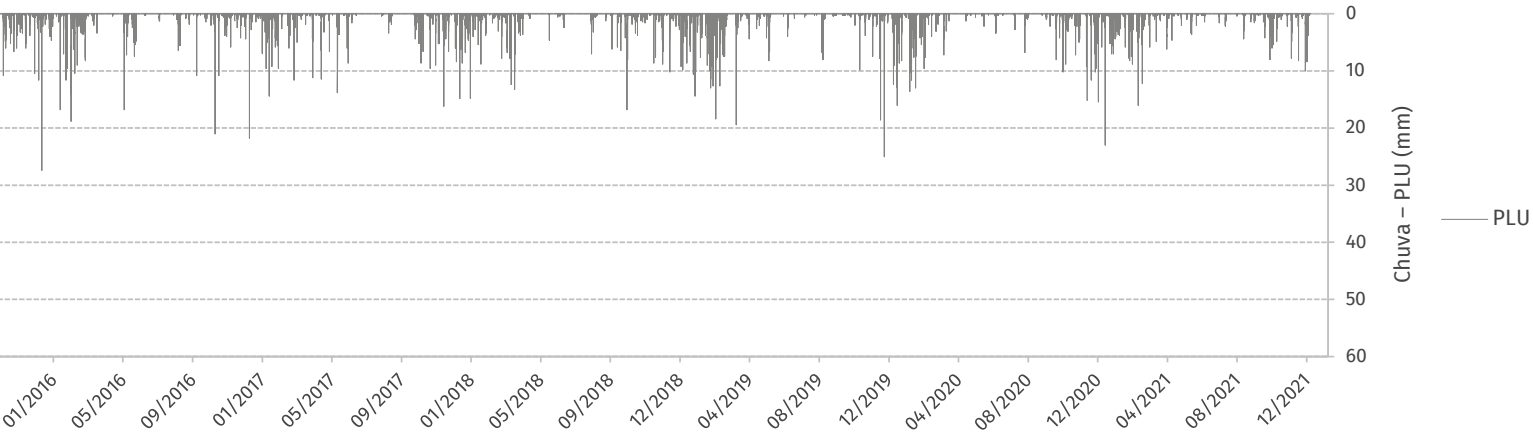
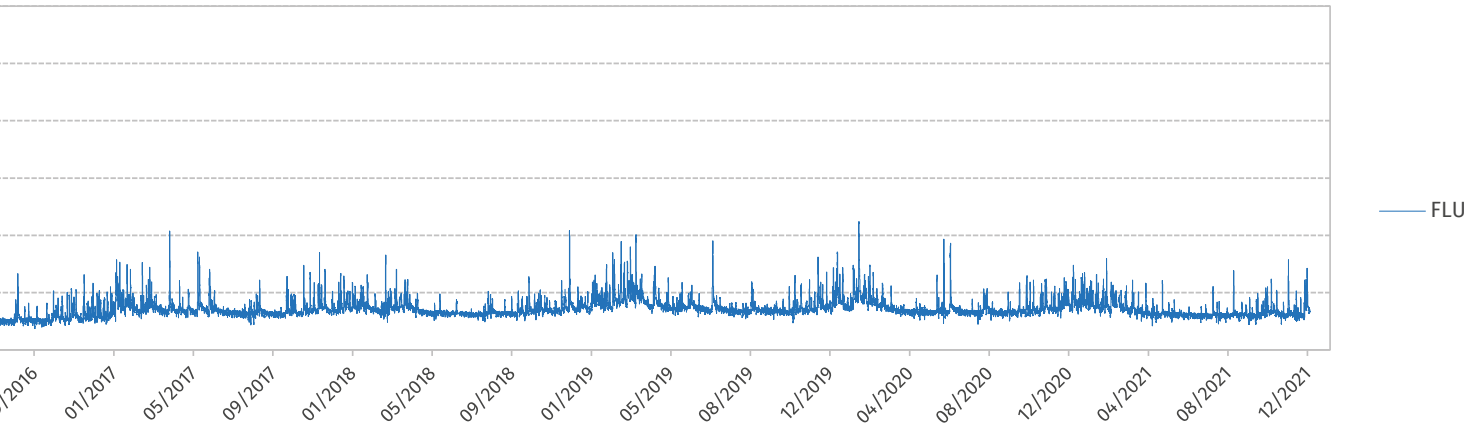


FIGURA 2.24 Pluviograma e fluviograma histórico do Posto 1000847 – Rio Tietê – Barragem Móvel Montante




0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
PLU
01/2016
05/2016
09/2016
01/2017
05/2017
09/2017
01/2018
05/2018
09/2018
12/2018
04/2019
08/2019
12/2019
04/2020
08/2020
12/2020
04/2021
08/2021
12/2021


FLU
01/2017
05/2017
09/2017
01/2018
05/2018
09/2018
01/2019
05/2019
08/2019
12/2019
04/2020
08/2020
12/2020
04/2021
08/2021
12/2021

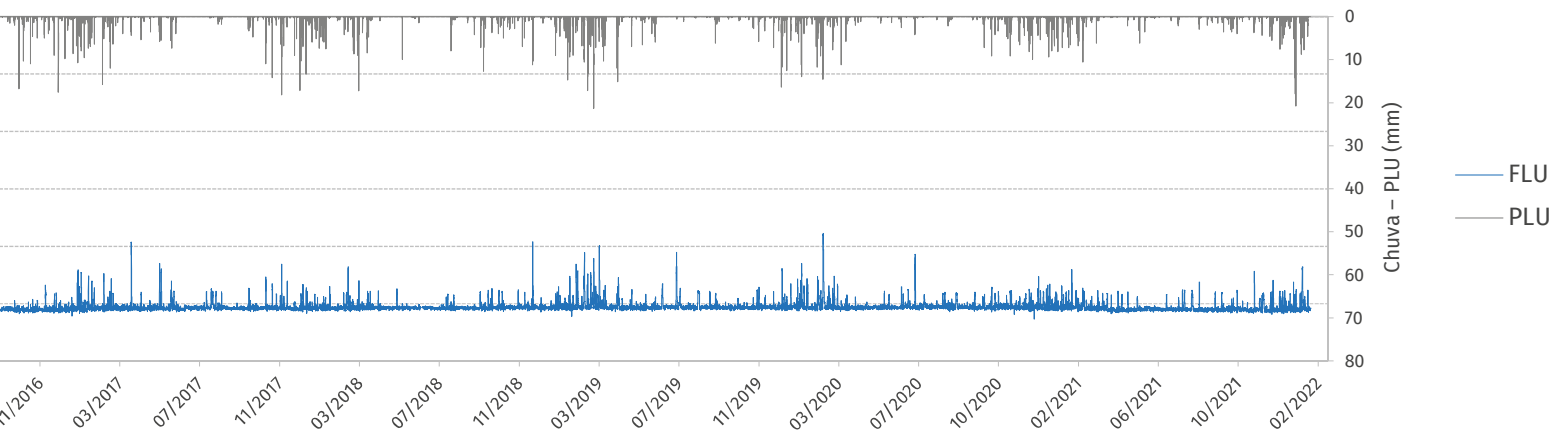

0
10
20
30
40
50
60
70
80
Chuva – PLU (mm)
FLU
PLU
03/2017
07/2017
11/2017
03/2018
07/2018
11/2018
03/2019
07/2019
11/2019
03/2020
07/2020
10/2020
02/2021
06/2021
10/2021
02/2022

FIGURA 2.25 **Fluviograma histórico do Posto 1001517 – Rio Pinheiros – Estrutura de Retiro**

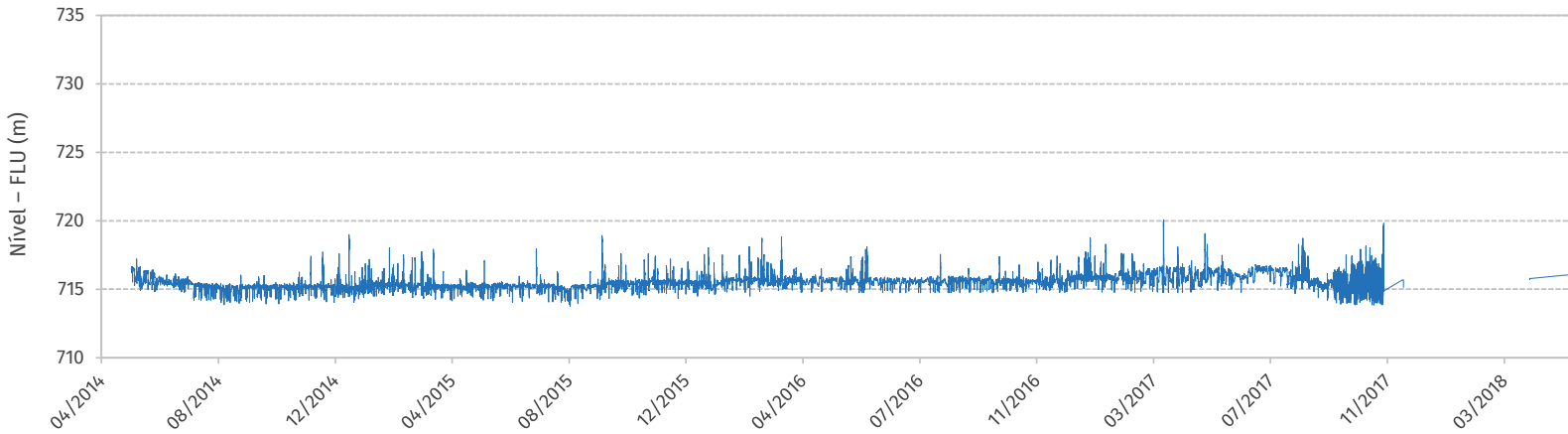


FIGURA 2.26 **Pluviograma e fluviograma histórico do Posto 277 – Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária**

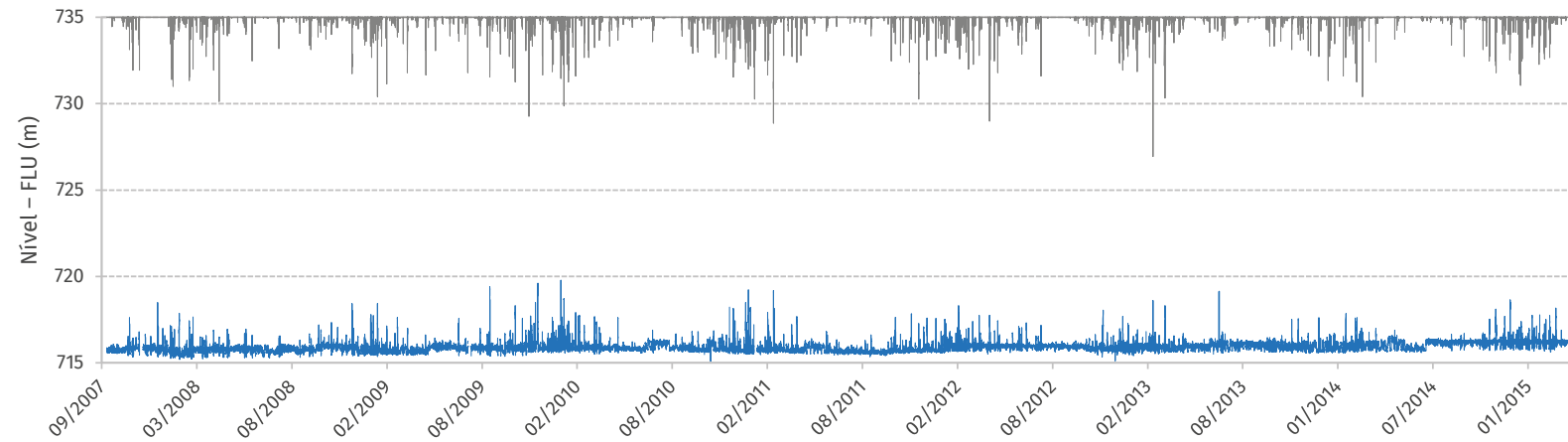
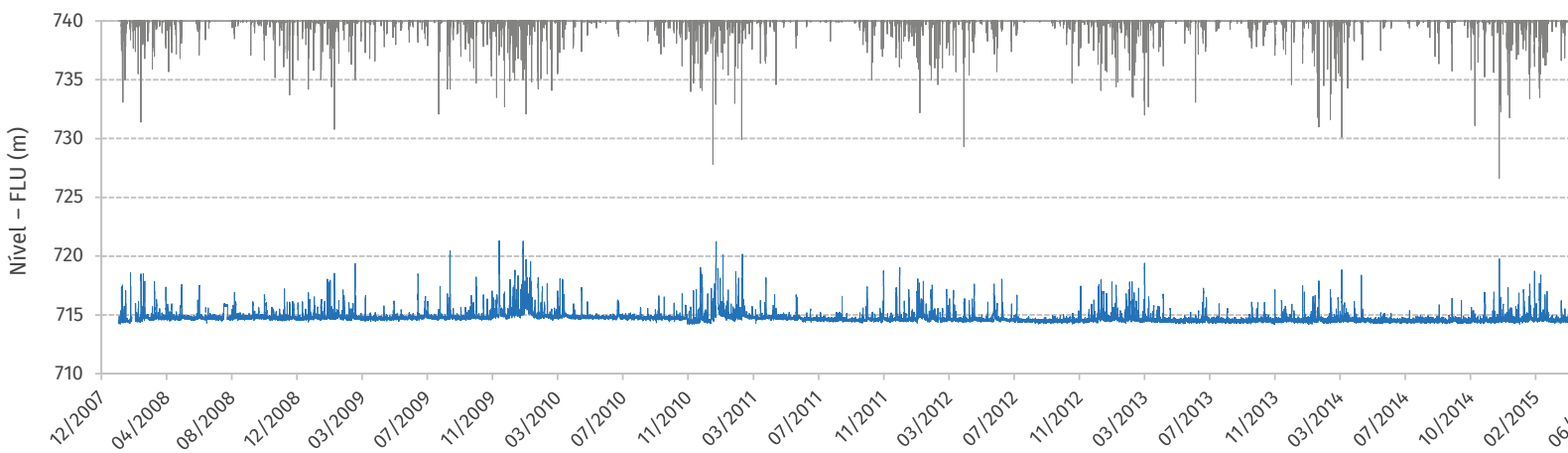
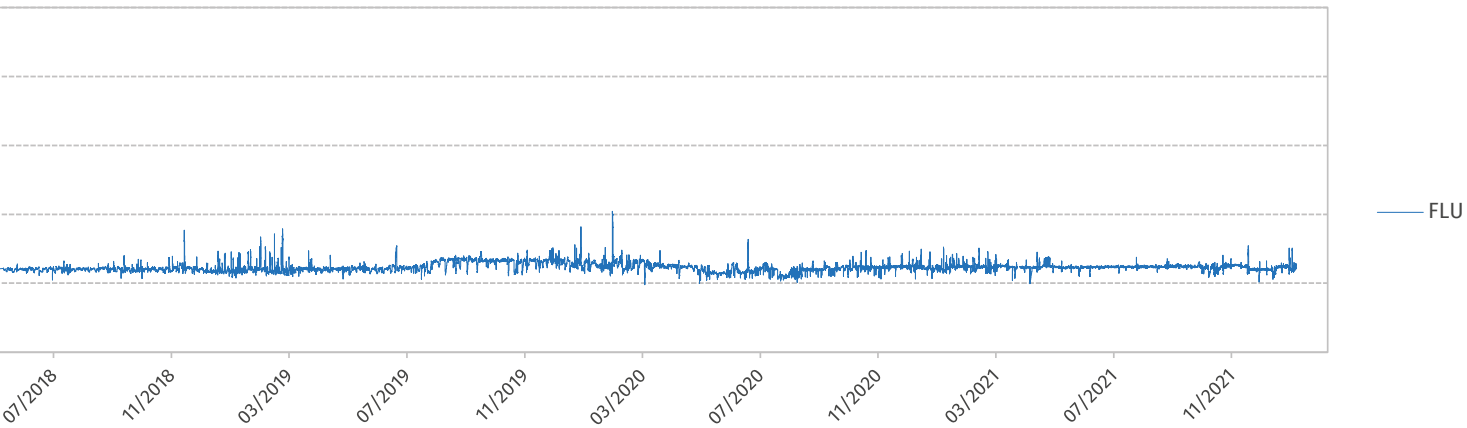
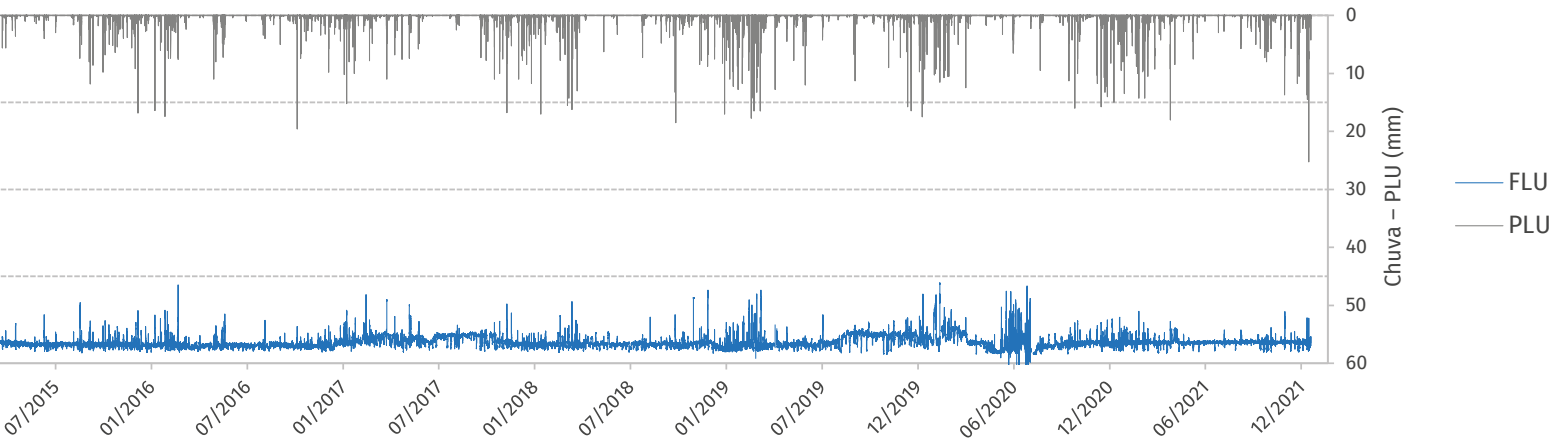


FIGURA 2.27 **Pluviograma e fluviograma histórico do Posto 296 – Rio Tietê – Pte. do Piqueri**




FLU
07/2018
11/2018
03/2019
07/2019
11/2019
03/2020
07/2020
11/2020
03/2021
07/2021
11/2021


0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
FLU
PLU
07/2015
01/2016
07/2016
01/2017
07/2017
01/2018
07/2018
01/2019
07/2019
12/2019
06/2020
12/2020
06/2021
12/2021

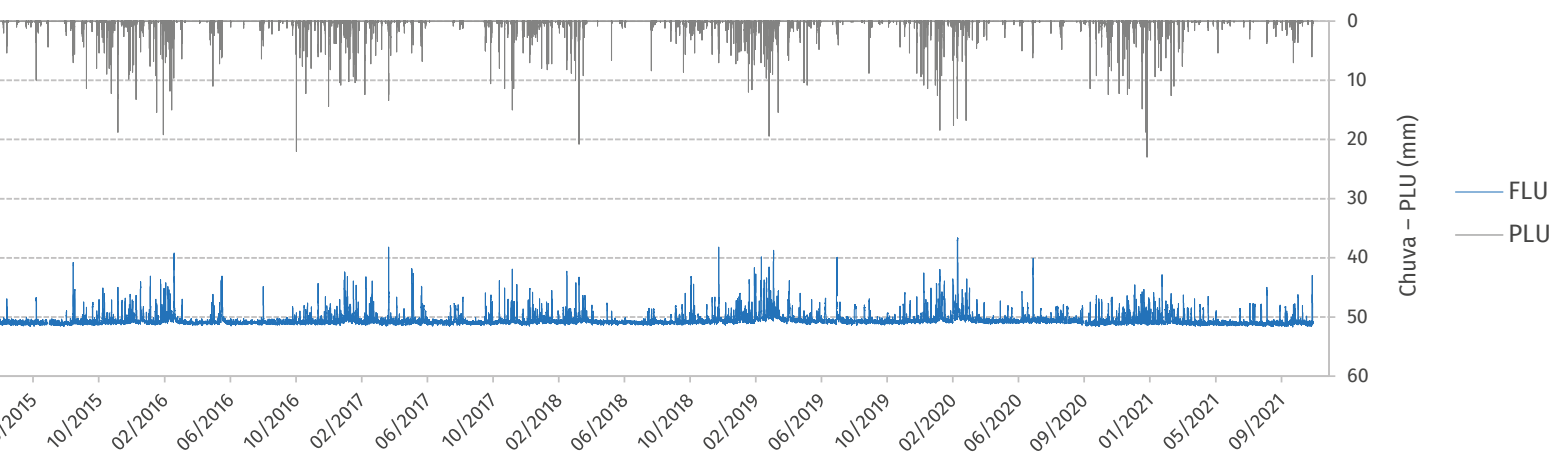

0
10
20
30
40
50
60
Chuva – PLU (mm)
FLU
PLU
10/2015
02/2016
06/2016
10/2016
02/2017
06/2017
10/2017
02/2018
06/2018
10/2018
02/2019
06/2019
10/2019
02/2020
06/2020
09/2020
01/2021
05/2021
09/2021

FIGURA 2.28 **Precipitação média mensal no Posto 1000790 – CTH-USP**

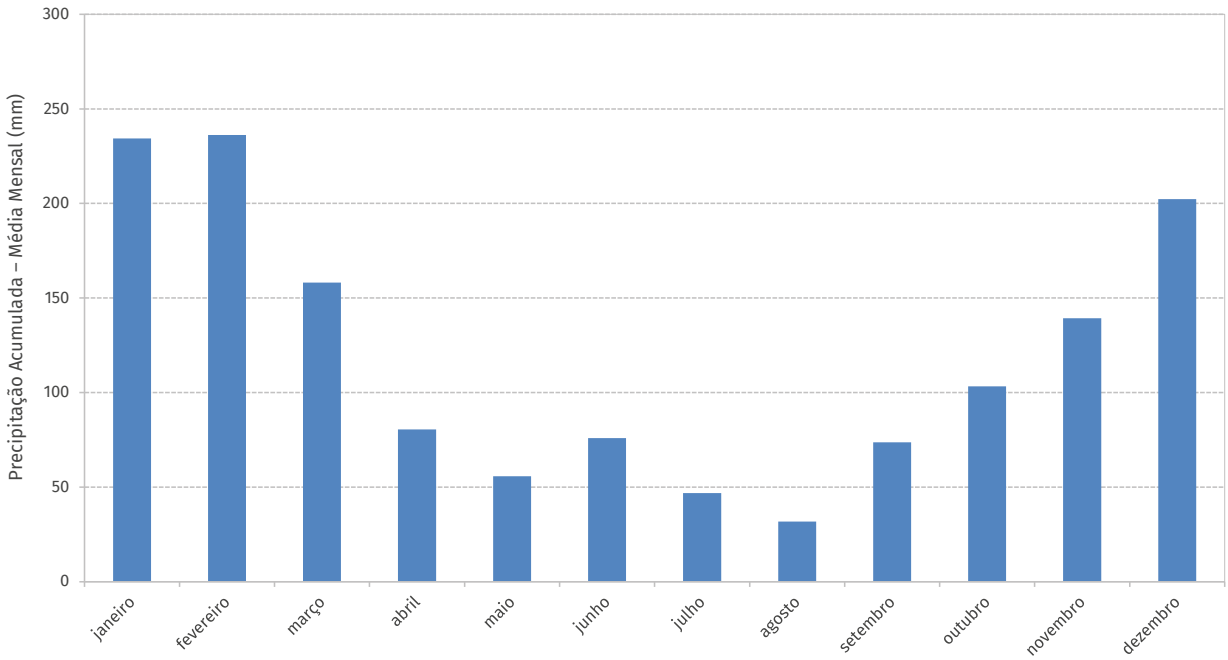


FIGURA 2.29 **Precipitação média mensal no Posto 1000847 – Rio Tietê – Barragem Móvel Montante**

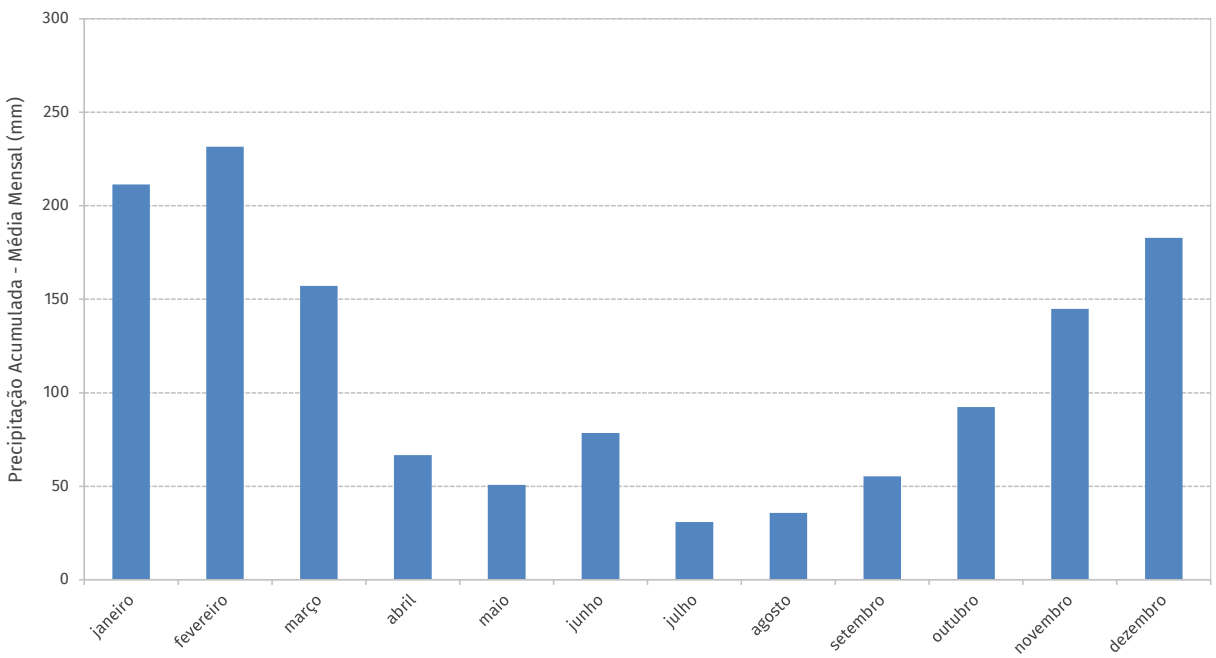


FIGURA 2.30 Precipitação média mensal no Posto 277 – Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária

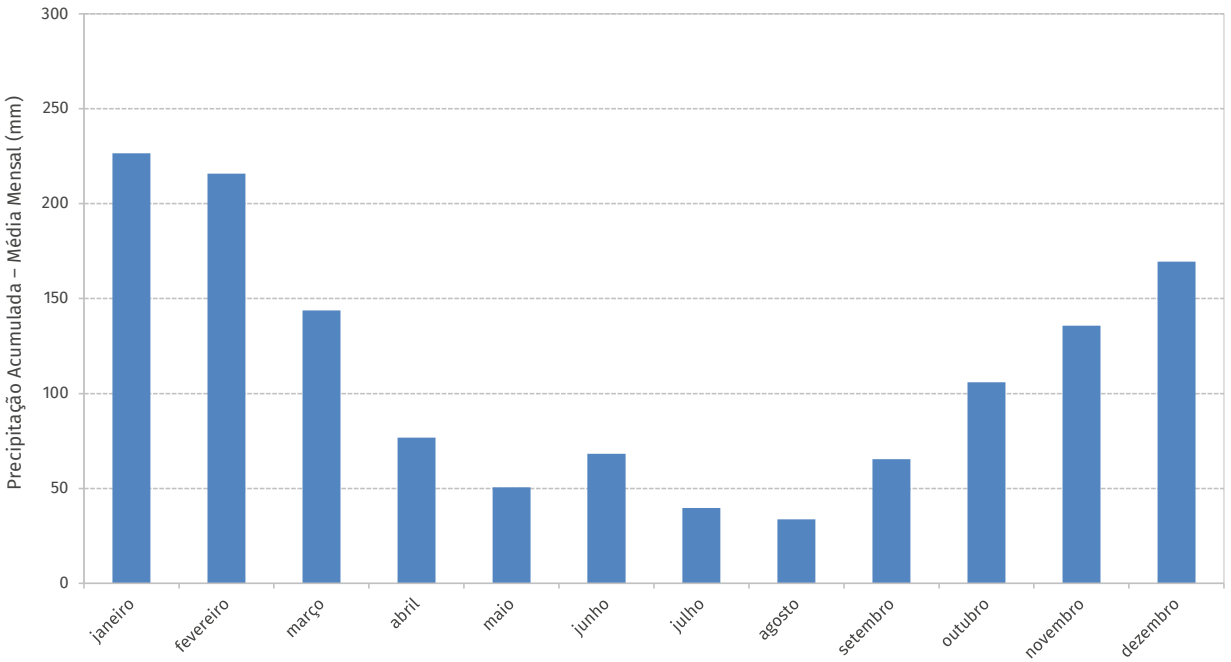
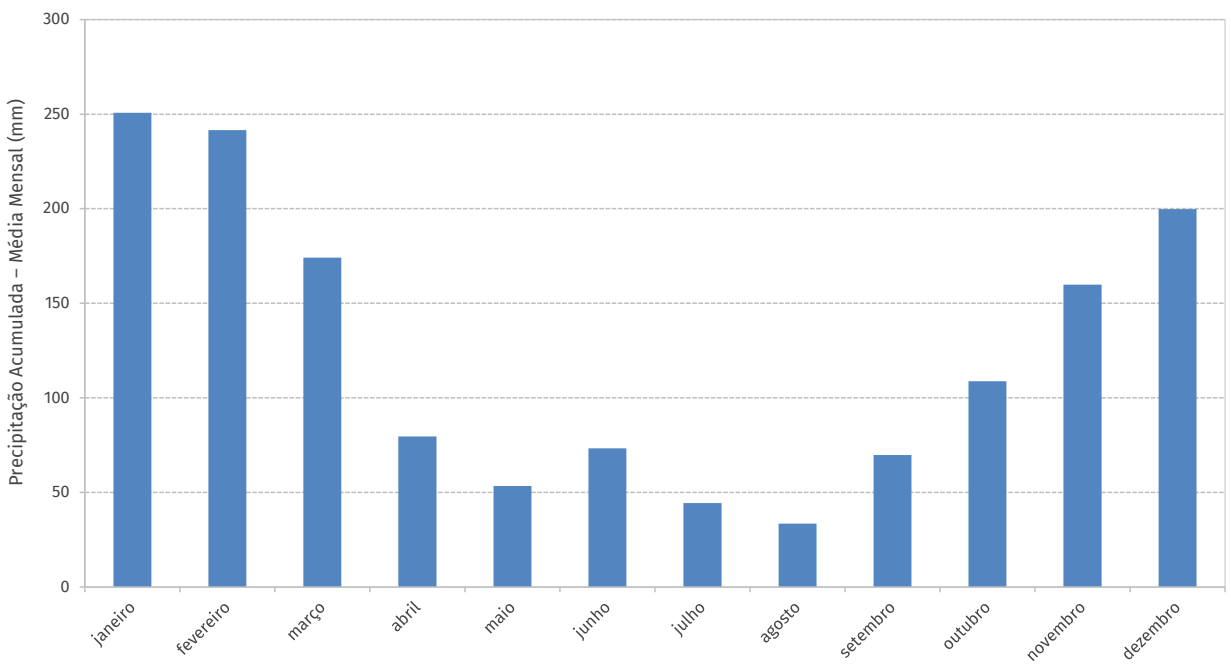


FIGURA 2.31 Precipitação média mensal no Posto 296 – Rio Tietê – Pte. do Piqueri



2.5 RELEVO

Os elementos topográficos do sítio urbano de São Paulo nos quais a bacia se insere são os terraços fluviais do nível intermediário; os baixos terraços fluviais do vale do Rio Pinheiros, em geral mantidos por cascalheiros e aluviões antigos; e a planície aluvial do Rio Pinheiros. Esta é dotada de dois níveis: a planície de inundação, sujeita a inundações periódicas e ligeiramente mais alta e menos encharcada, com predomínio de aluviões argiloarenosos e solos turfosos de várzea; e a planície sujeita a enchentes anuais, caracterizada como uma zona de "banhados" marginais e meandros abandonados, com solos argilosos escuros e permanentemente encharcados. Na porção nordeste da bacia, são observadas as maiores elevações do terreno — no bairro Alto da Lapa —, que correspondem às formações de altas colinas dos rebordos dos espigões principais. Tal formação é composta de altos esporões do espigão principal do planalto paulistano, onde se localizam as cabeceiras dos afluentes do Rio Pinheiros dessa bacia[8].

Na **FIGURA 2.32**, é apresentado o perfil longitudinal dos córregos Vila Leopoldina e Cemitério da Lapa. Em média, a declividade desses trechos é de 0,010 m/m (Vila Leopoldina) e 0,012 m/m (Cemitério da Lapa).

O mapa hipsométrico com as elevações da bacia da Vila Leopoldina é apresentado na **FIGURA 2.33**. Ele foi desenvolvido por meio de informações de elevação do Mapa Digital da Cidade (MDC). As elevações dessa bacia variam de 813 m na cabeceira até 713 m no exutório.

8. AB'SÁBER, A. N. O sítio urbano de São Paulo. *In*: AZEVEDO, A. de (org.), **A cidade de São Paulo**: estudo de geografia urbana. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1958. p. 169-243.

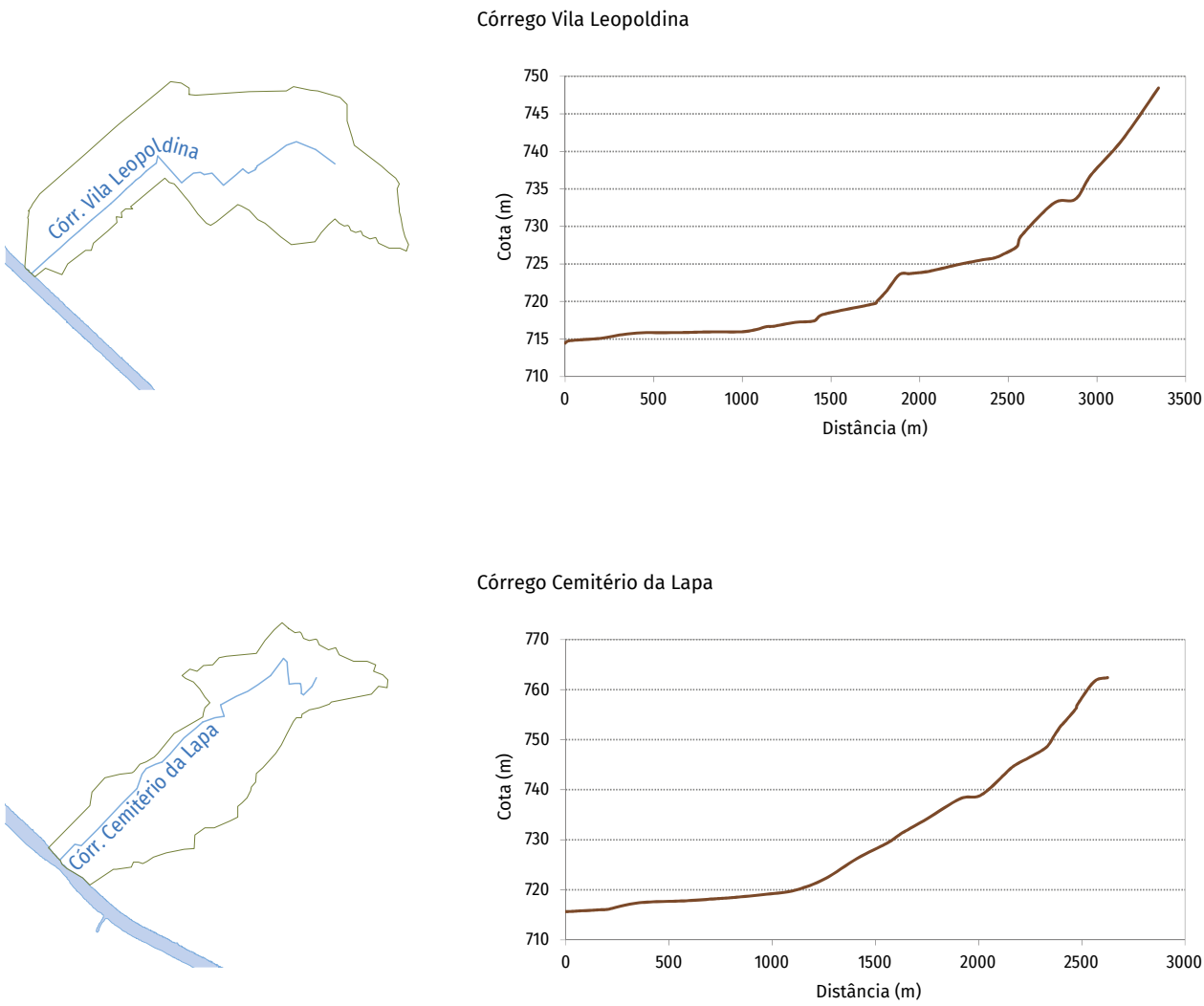


FIGURA 2.32 **Perfil longitudinal dos córregos Vila Leopoldina e Cemitério da Lapa**


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021)
e Mapa Hidrográfico do Município (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

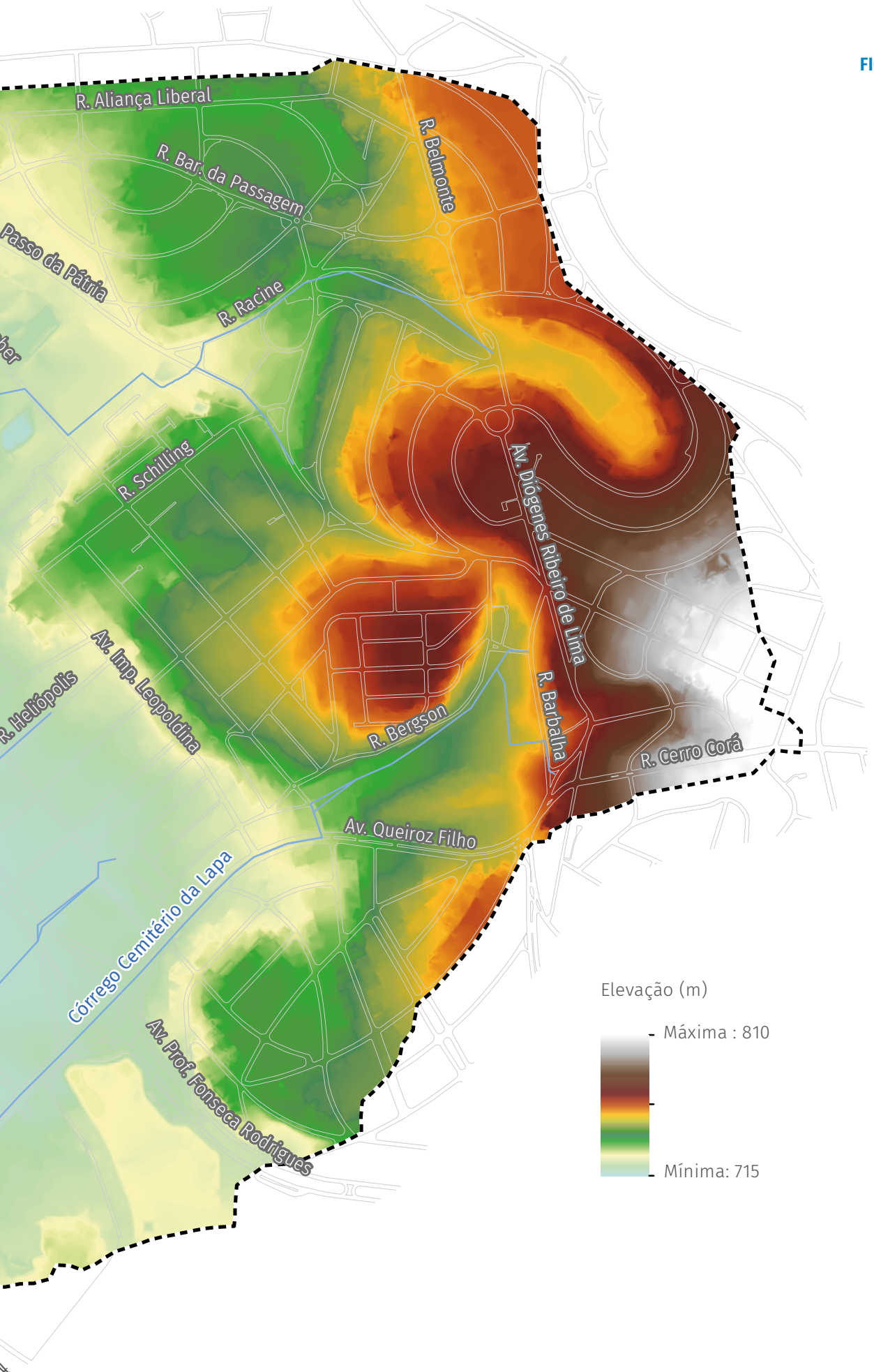


FIGURA 2.33 **Mapa hipsométrico da bacia da Vila Leopoldina**

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.

A **FIGURA 2.34** apresenta a carta geotécnica na área da bacia da Vila Leopoldina, com suas unidades geológicas. Destaca-se nesse mapa a planície aluvial e as áreas de fundo de vale com baixa declividade (menores que 5%), ocupando grande parte do trecho médio da bacia e de toda a área baixa, estendendo-se da Avenida Imperatriz Leopoldina até o Rio Pinheiros. Nessa porção, são predominantes os solos arenoargilosos, os solos compressíveis e a terra mole, e o nível do lençol freático é raso.

A bacia constitui-se principalmente de sedimentos terciários, formados em particular por argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados. Capeando esses sedimentos, há uma camada relativamente espessa de solo argiloso laterizado, vermelho, denominado tecnicamente de argila porosa.

O solo superficial apresenta textura argilosa e é bem laterizado, e o horizonte mais profundo tem textura predominantemente argilosa, com intercalações mais arenosas onde podem ocorrer lençóis-d'água suspensos.

Ao norte da bacia há uma pequena área com uma formação de solo de granitoides; e, ao leste, no bairro Boaçava, é observada uma formação de solo de gnaisse, uma rocha metamórfica derivada da deformação de sedimentos arcósicos ou de granitos.

2.7 USO DO SOLO

A caracterização do uso do solo da bacia 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 na bacia da Vila Leopoldina, com suas respectivas porcentagens em relação à área total da bacia. O mapa contendo os usos predominantes do solo é apresentado na **FIGURA 2.35**.

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

Os parques e as áreas verdes existentes na bacia da Vila Leopoldina estão localizados no mapa da **FIGURA 2.36**.

TABELA 2.1 Usos do solo registrados na bacia da Vila Leopoldina

Usos do solo	Área (km²)	Área da bacia (%)
Ruas e áreas pavimentadas	1,40	22,51
Residencial horizontal médio alto padrão	1,11	17,84
Espaço aberto	0,79	12,70
Entreposto Ceagesp	0,61	9,75
Residencial vertical médio alto padrão	0,56	8,95
Indústria e armazém	0,42	6,77
Comércio, serviços, indústria e armazém	0,37	5,93
Comércio e serviços	0,35	5,62
Residencial, comércio e serviços	0,29	4,69
Equipamento urbano	0,21	3,35
Residencial, indústria e armazém	0,09	1,37
Residencial horizontal baixo padrão	0,02	0,34
Residencial vertical baixo padrão	0,01	0,18
Total	**6,22**	**100,00**

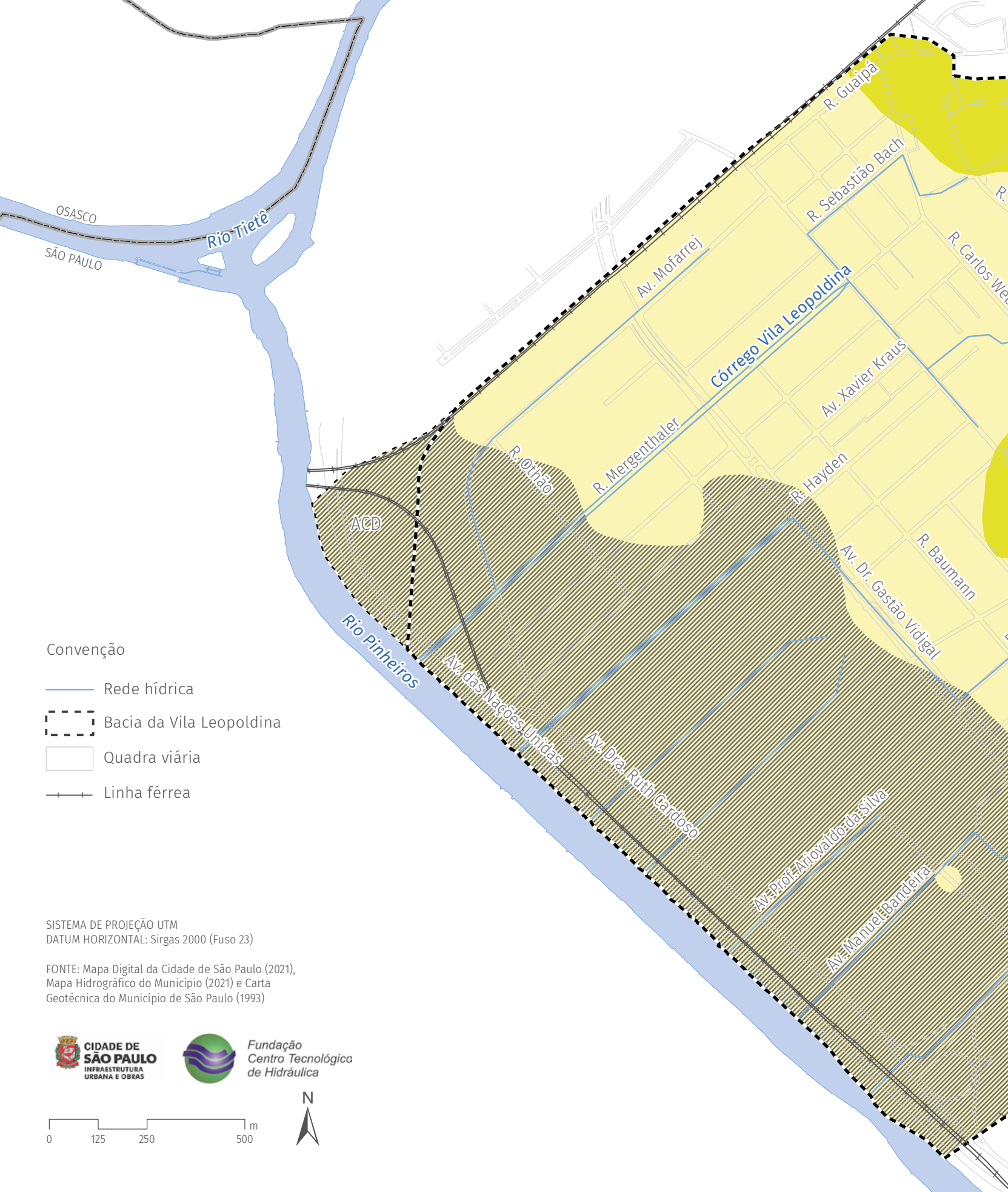
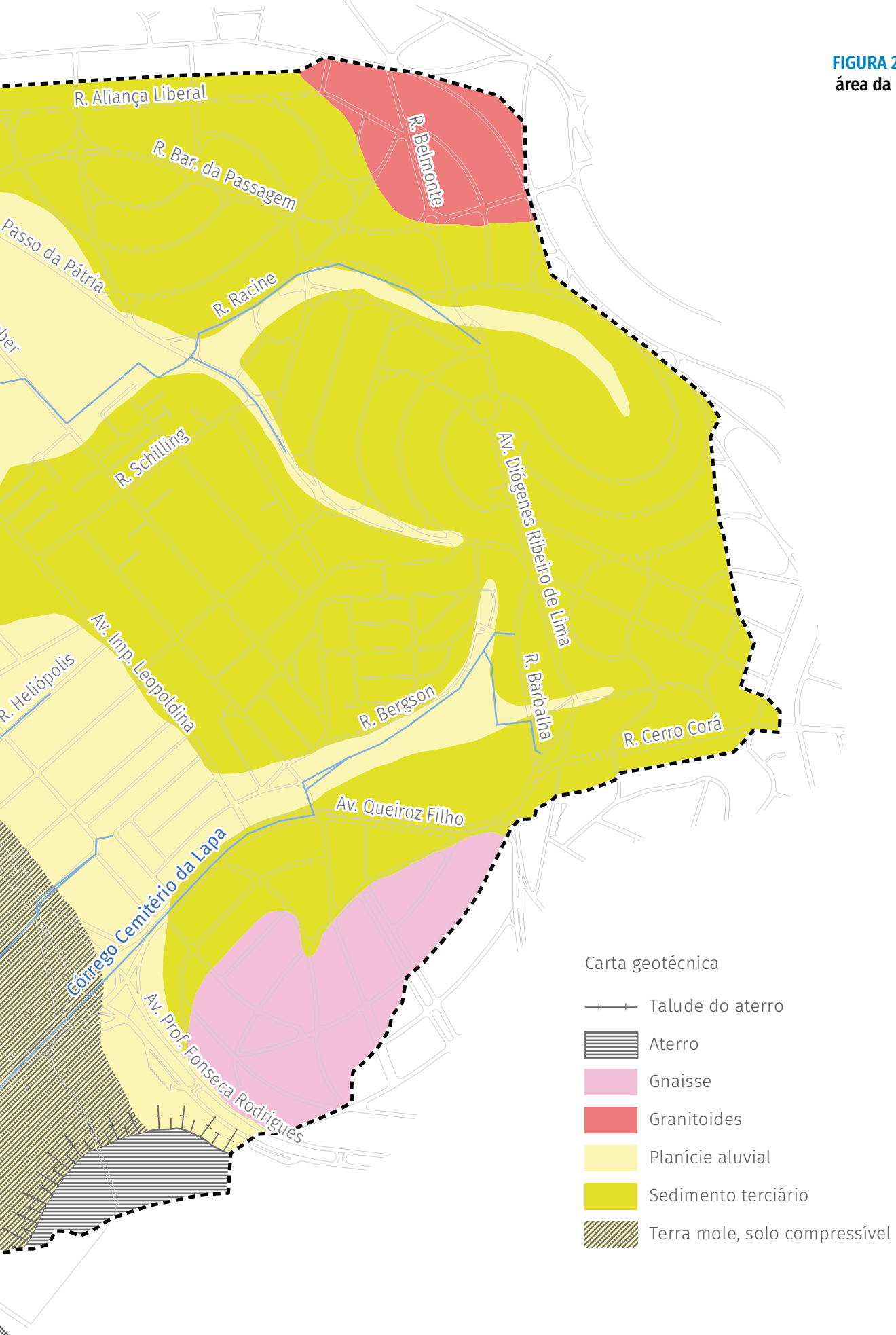
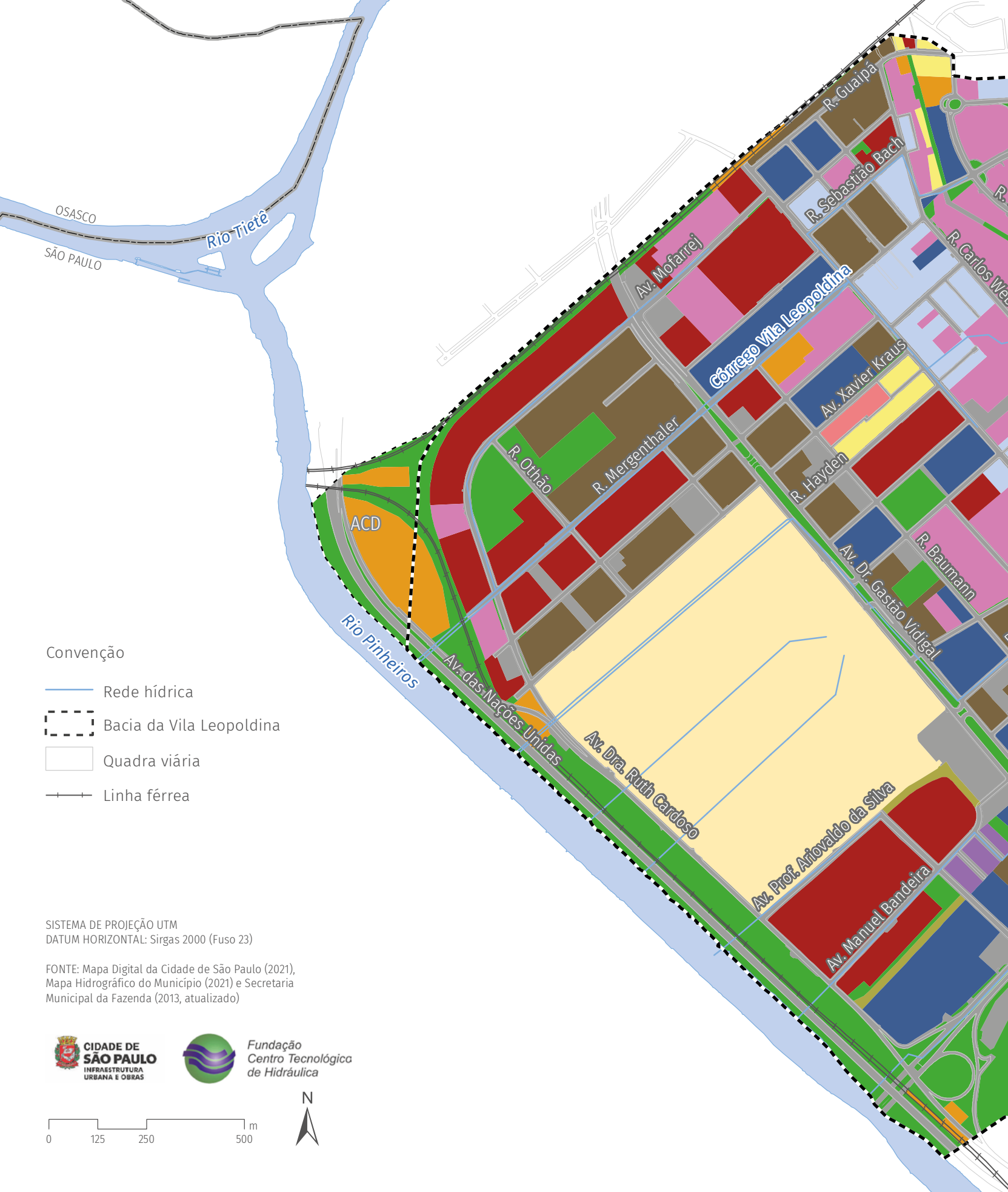

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
Córrego Vila Leopoldina
Av. Xavier Kraus
R. Mergenthaler
R. Otthão
R. Hayden
ACD
Av. Dr. Gastão Vidigal
R. Baumann
Rio Pinheiros
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Arlindo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Carta Geotécnica do Município de São Paulo (1993)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 2.34 **Carta geotécnica da área da bacia da Vila Leopoldina**





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Secretaria Municipal da Fazenda (2013, atualizado)

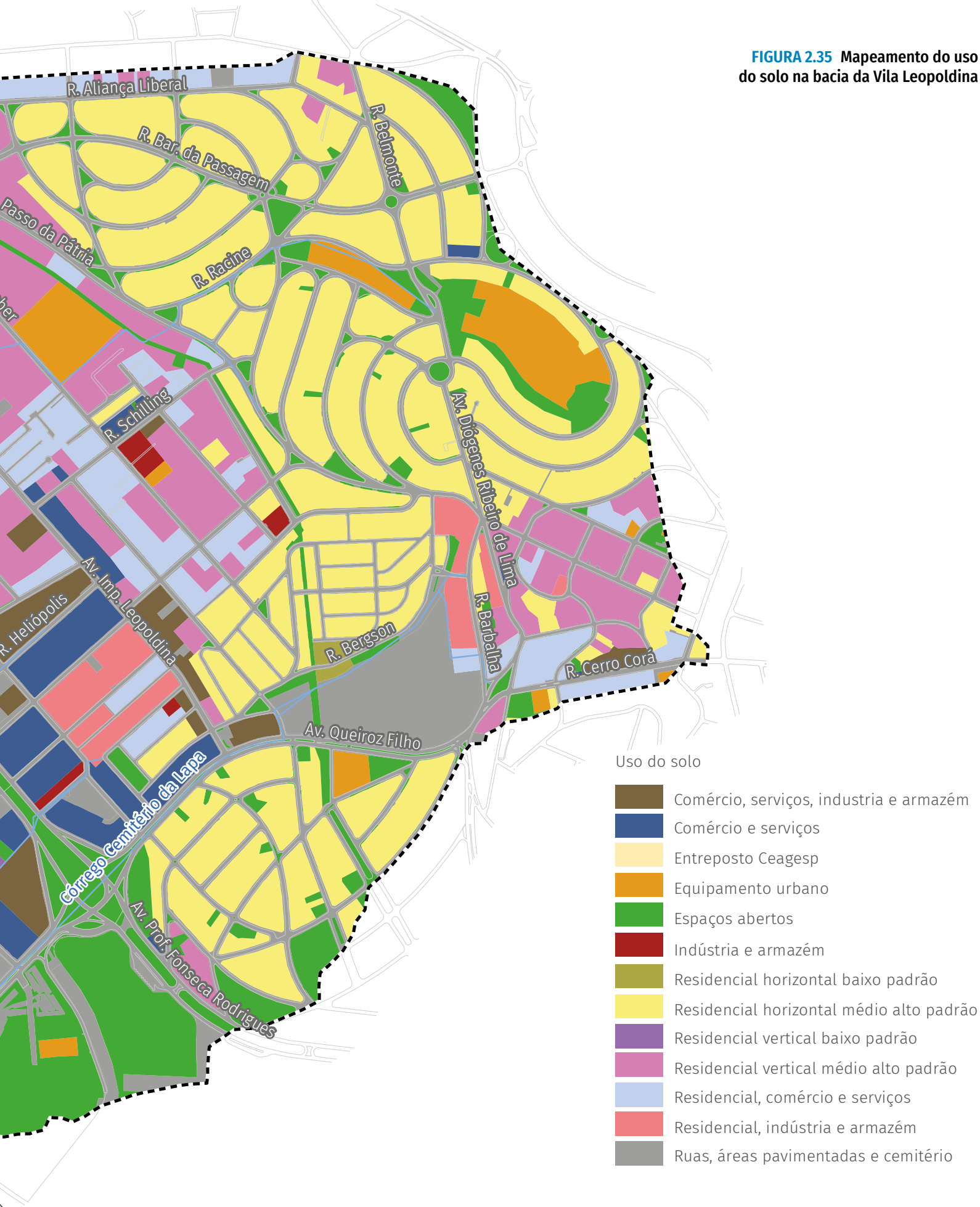
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

FIGURA 2.35 **Mapeamento do uso do solo na bacia da Vila Leopoldina**




OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Pq.
P
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
Parque estadual existente
Praça e canteiro
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Plano Diretor Estratégico (2014)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

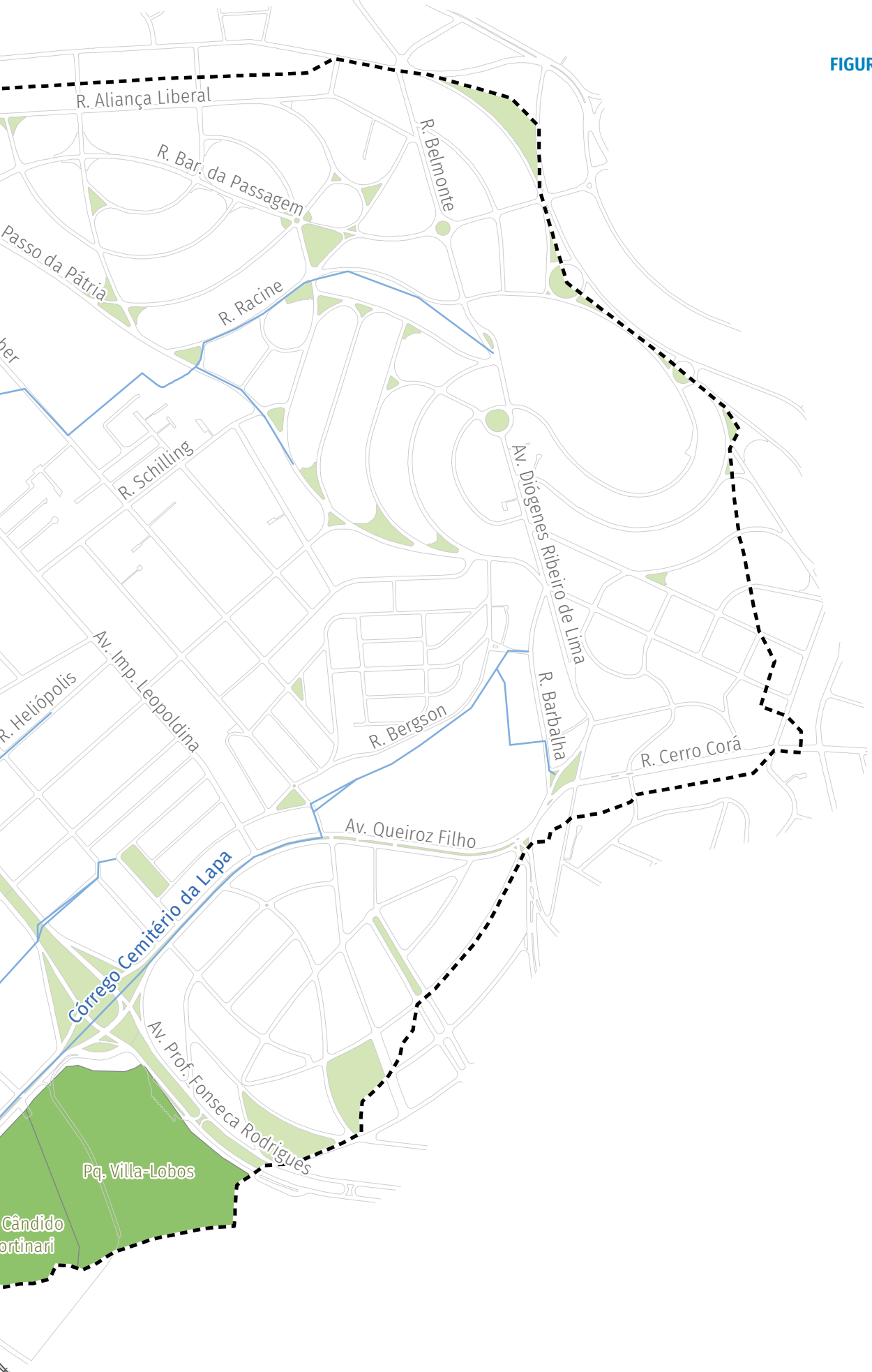


FIGURA 2.36 **Parques e áreas verdes da bacia da Vila Leopoldina**

2.8 ZONEAMENTO URBANO

O zoneamento da bacia da Vila Leopoldina se insere no contexto do Plano Regional das subprefeituras da Lapa e de Pinheiros.

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 nova Lei de Zoneamento, as zonas foram organizadas em três diferentes agrupamentos:

- **Territórios de transformação:** objetiva a promoção do adensamento construtivo e populacional das atividades econômicas e dos serviços públicos, a diversificação de atividades e a qualificação paisagística dos espaços públicos de forma a adequar o uso do solo à oferta de transporte público coletivo. (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).

A bacia da Vila Leopoldina está inserida nas macroáreas de urbanização consolidada e estruturação metropolitana, conforme pode ser visualizado na **FIGURA 2.37**. Além disso, apresenta seu zoneamento classificado conforme indica a **FIGURA 2.38**.



Ortofotos 2017 – PMSP: região de planície dos rios Tietê e Pinheiros (ortofotos disponíveis no GeoSampa)

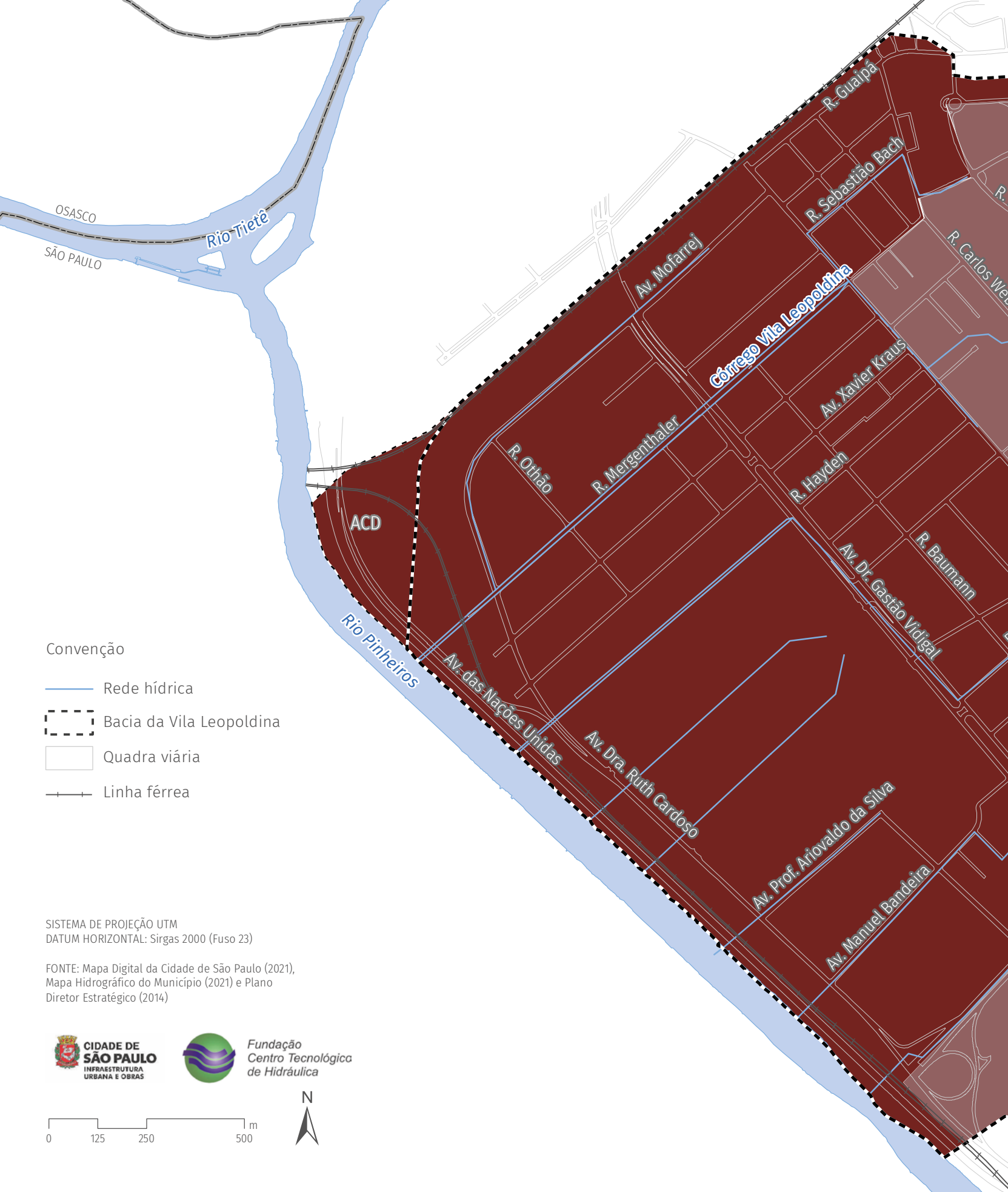
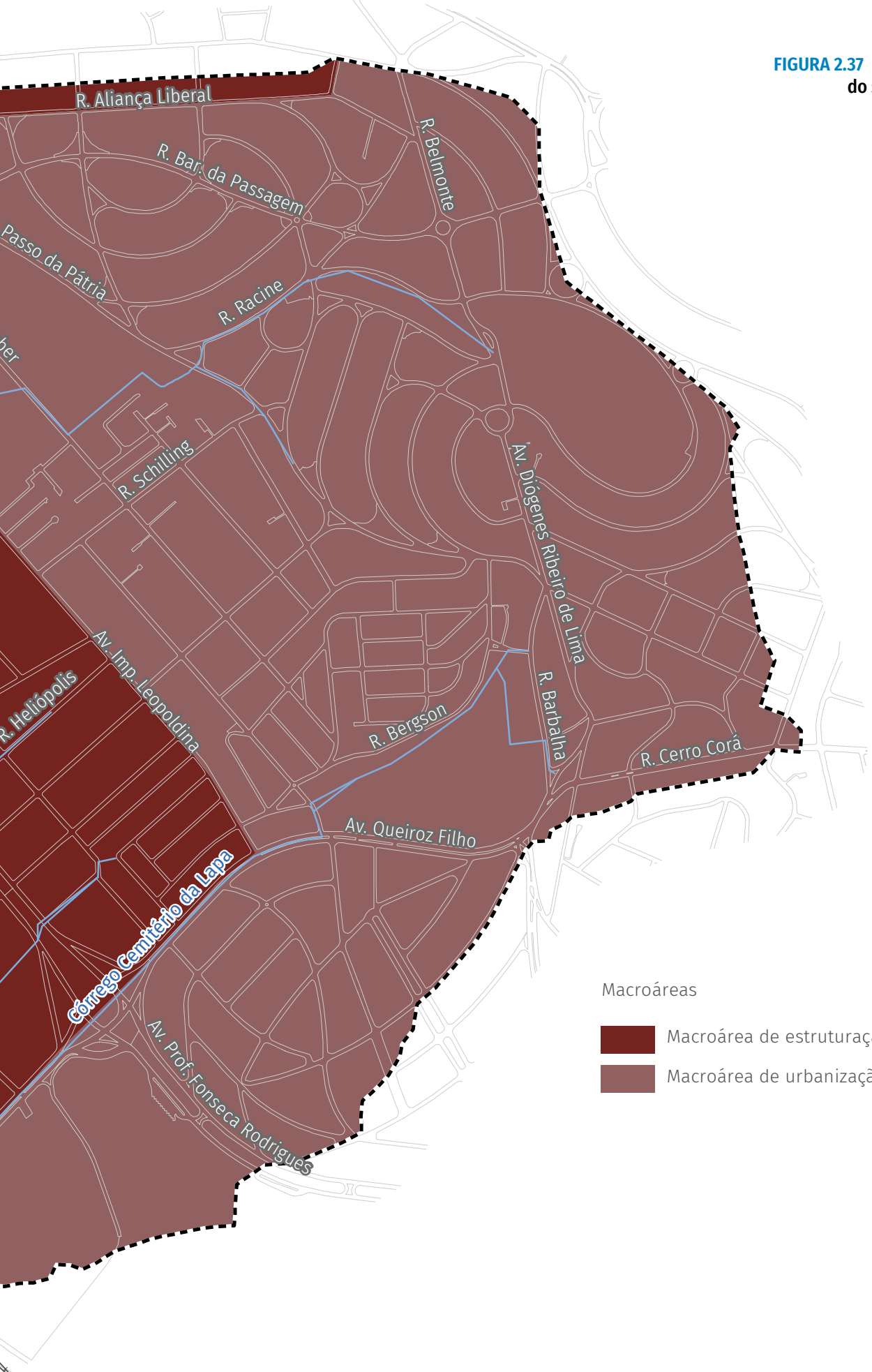

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Plano Diretor Estratégico (2014)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 2.37 **Macroáreas de uso e ocupação do solo – PDE (Lei nº 16.050/2014) na bacia da Vila Leopoldina**



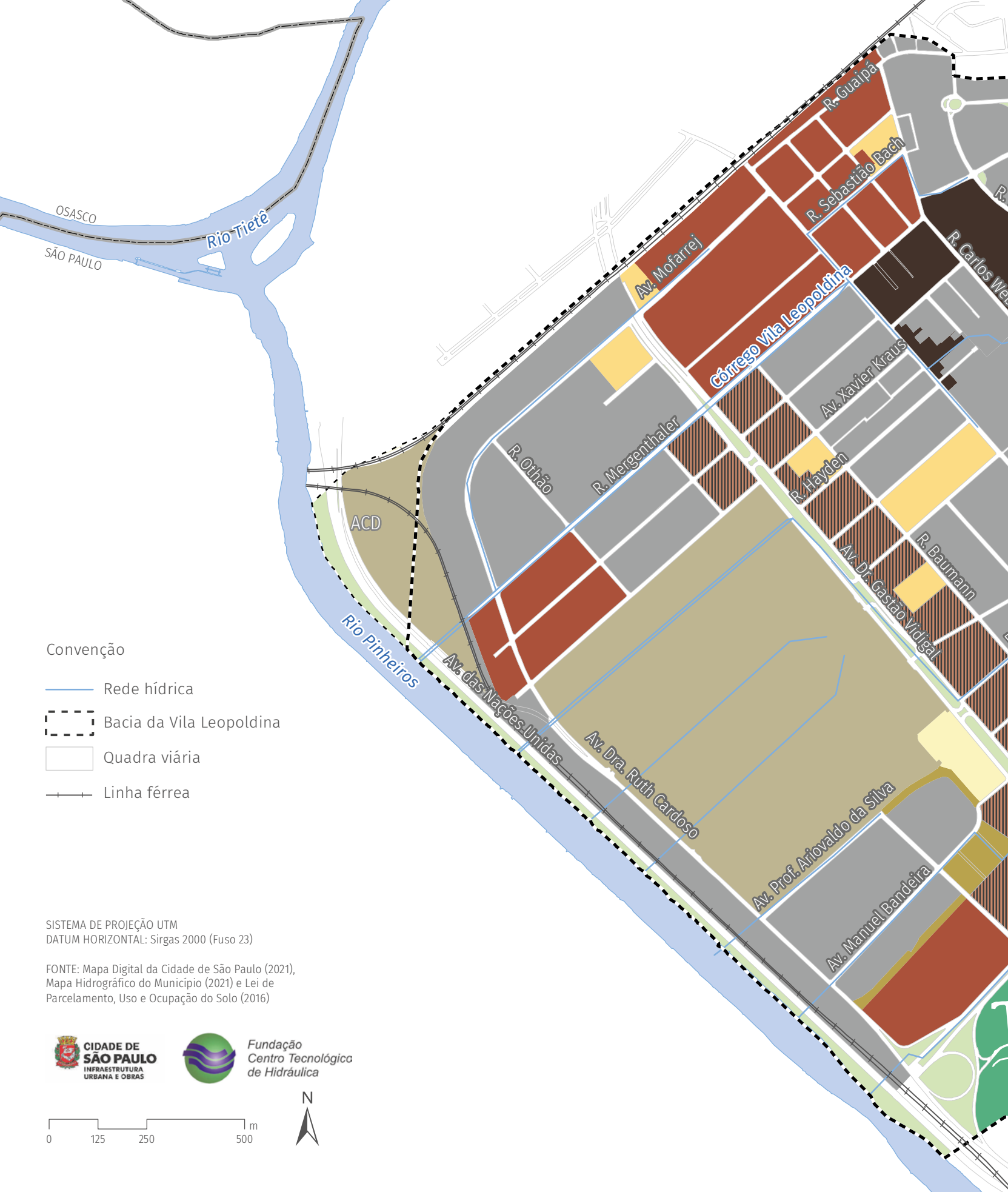
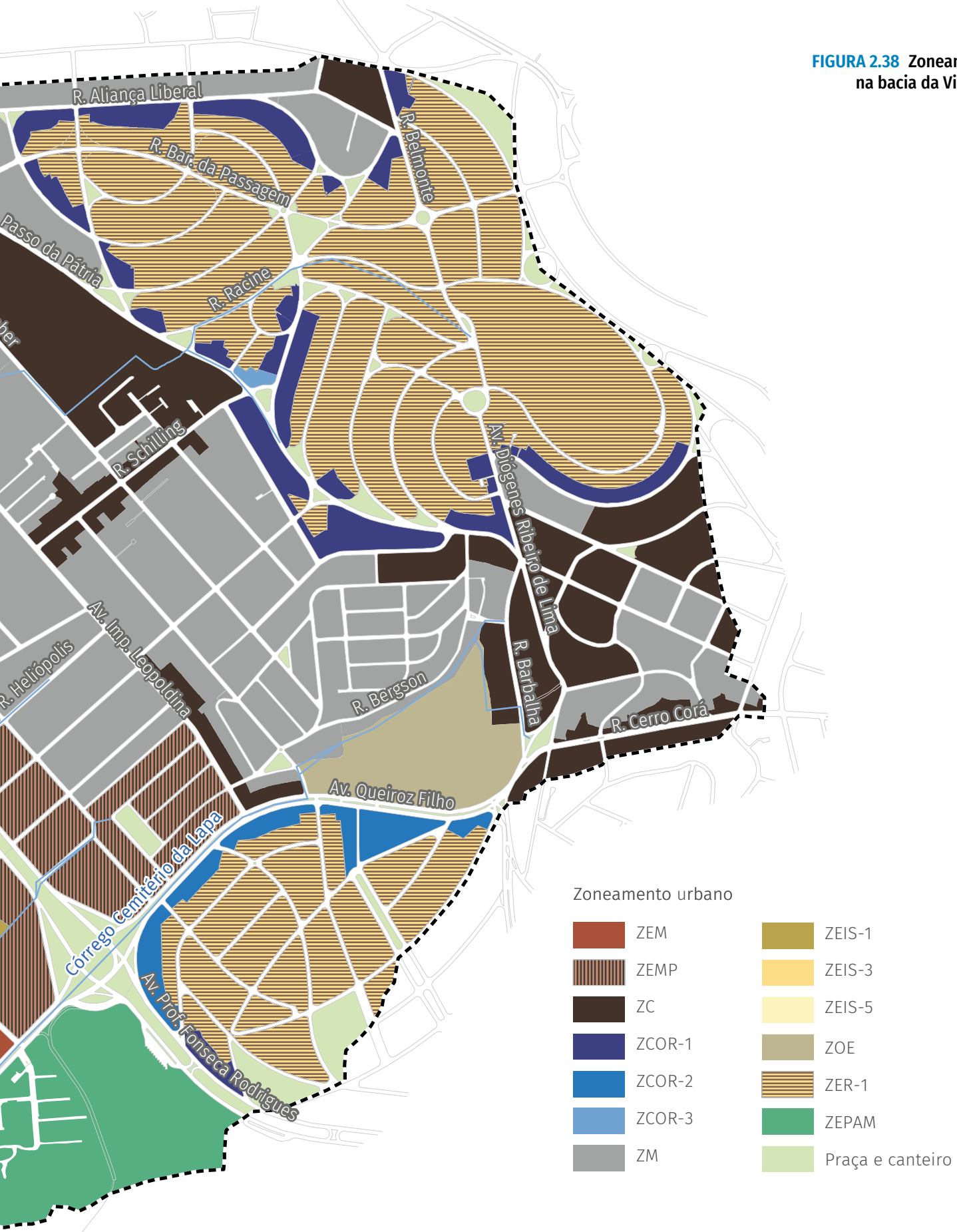

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
ACD
Av. Dr. Gastão Vidigal
R. Baumann
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 2.38 **Zoneamento urbano na bacia da Vila Leopoldina**



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

TABELA 2.2 Descrição das zonas de uso e ocupação do solo na bacia da Vila Leopoldina

Zonas	Sigla	Área da bacia (%)
Zona Mista	ZM	30,57
Zona Exclusivamente Residencial 1	ZER-1	16,68
Zonas de Ocupação Especial	ZOE	14,97
Zona Centralidade	ZC	9,12
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana	ZEM	7,75
Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto	ZEMP	6,15
Praça e Canteiro	PracaCant	4,63
Zona Especial de Preservação Ambiental	ZEPAM	3,77
Zona Corredor 1	ZCOR-1	2,90
Zona Especial de Interesse Social 3	ZEIS-3	1,47
Zona Corredor 2	ZCOR-2	0,95
Zona Especial de Interesse Social 1	ZEIS-1	0,55
Zona Especial de Interesse Social 5	ZEIS-5	0,44
Zona Corredor 3	ZCOR-3	0,06

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 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 as 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 potencial de transformação teriam exigências menores em termos de QA[9].

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.

---

9. CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. 369 f. 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/tde-31052016-141005/pt-br.php. Acesso em: 18. set. 2018.

Na área da bacia da Vila Leopoldina, estão incluídos os PAs 1 e 5. 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 2.39** indica os perímetros de qualificação ambiental existentes na bacia da Vila Leopoldina, e a **FIGURA 2.40** mostra a 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 à bacia, devem obedecer às taxas estabelecidas pelas 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, no tópico 3.4, juntamente com a comparação da situação atual de impermeabilização da bacia.

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 m²	Lote > 500 m²
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

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

(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.

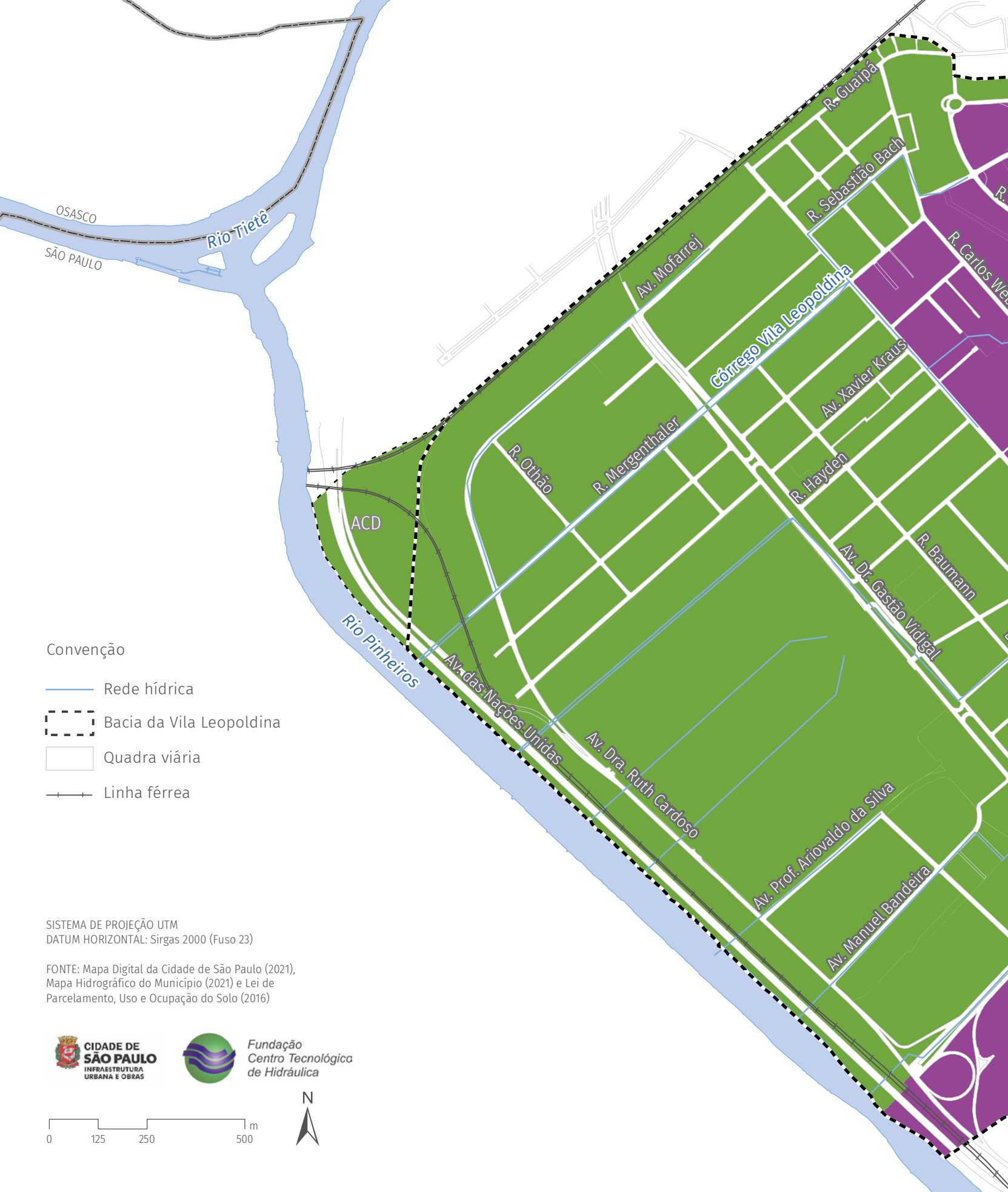
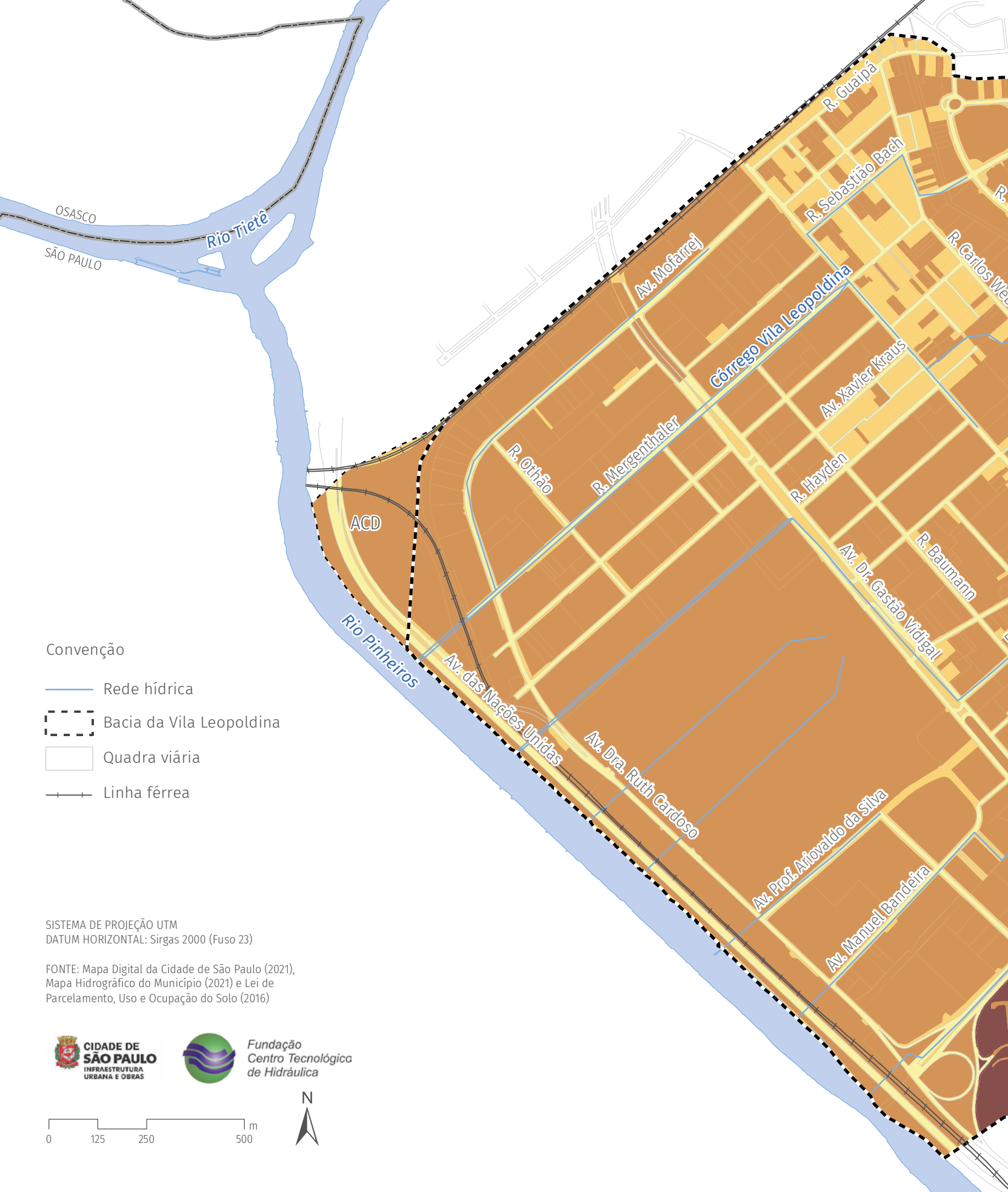

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
Av. Xavier Kraus
R. Mergenthaler
R. Othão
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m



FIGURA 2.39 **Perímetro de qualificação ambiental na bacia da Vila Leopoldina**



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

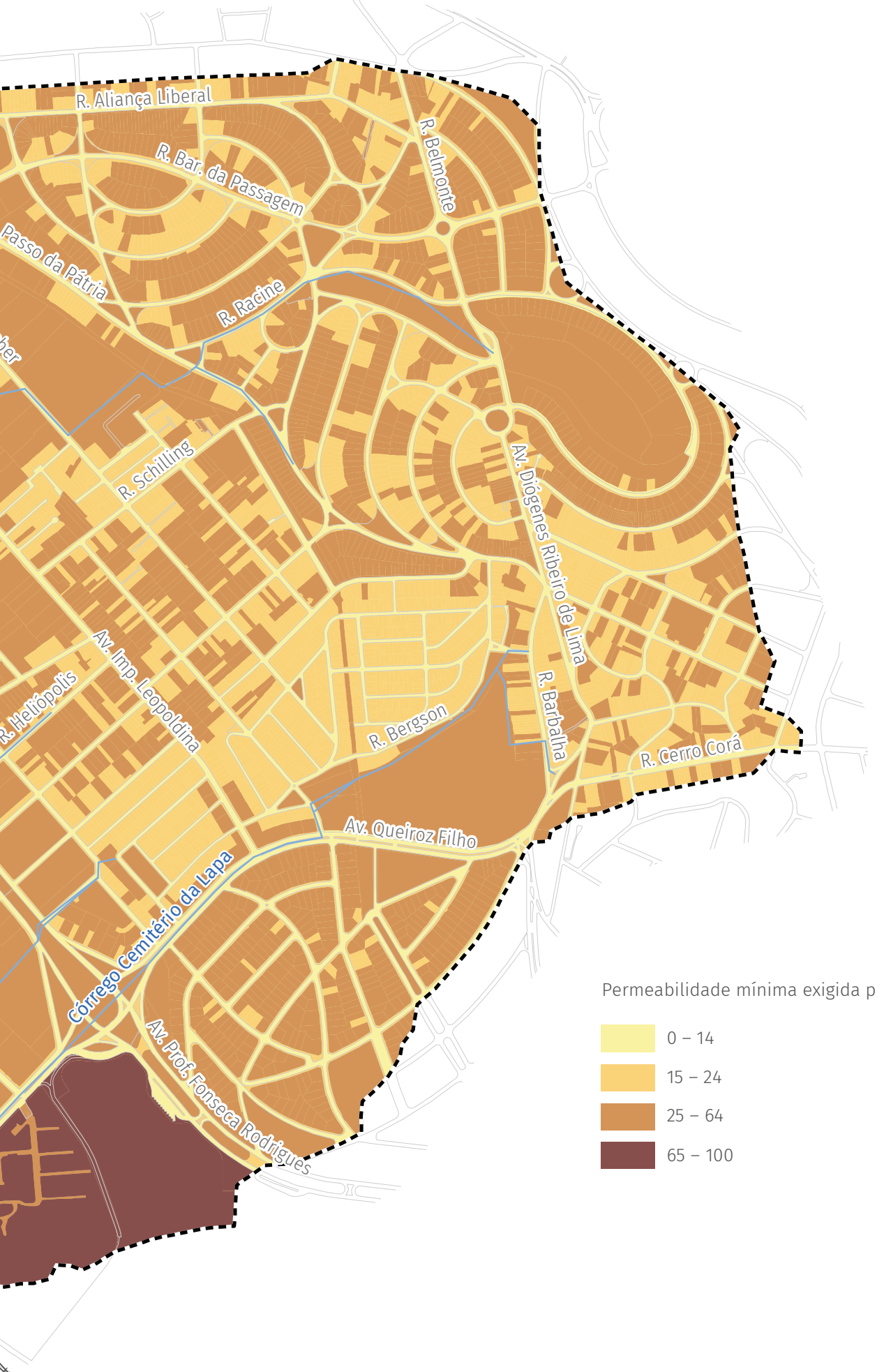
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

FIGURA 2.40 **Taxa de permeabilidade mínima na bacia da Vila Leopoldina**



2.9 POPULAÇÃO

2.9.1 DENSIDADE DEMOGRÁFICA

A **FIGURA 2.41** apresenta a densidade populacional da bacia da Vila Leopoldina, onde residem 41 mil habitantes.

Foram adotadas cinco classes de densidade demográfica (habitantes/hectare) para a bacia, conforme segue: < 15 – muito baixa; de 16 a 50 – baixa; de 51 a 150 – média; de 151 a 350 – alta; e > 350 – muito alta[10].

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 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 muitos casos, o local de residência pode significar uma barreira de acesso aos serviços (educação, saúde, transportes etc.) e ao mercado

10. 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.

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 caracteriza-se 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 a bacia da Vila Leopoldina. Na **FIGURA 2.42**, é apresentado o mapa desse índice na bacia.

2.10 DIVISÃO ADMINISTRATIVA MUNICIPAL

A administração territorial da bacia da Vila Leopoldina se dá pelas subprefeituras da Lapa e de Pinheiros.

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 2.43** indica a divisão territorial administrativa da bacia da Vila Leopoldina.

TABELA 2.4 Grupos do IPVS na bacia da Vila Leopoldina

Grupo	IPVS 2010	Situação socioeconômica	Ciclo de vida familiar	Situação e tipo de setores por grupo	Classificação IPVS (% área)
0	Não classificados	-	-	-	1,22
1	Baixíssima vulnerabilidade	Muito alta	Famílias jovens, adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	35,41
2	Vulnerabilidade muito baixa	Média	Famílias adultas e idosas	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	62,26
3	Vulnerabilidade baixa	Média	Famílias jovens	Urbanos e rurais não especiais e subnormais	0,00
4	Vulnerabilidade média	Baixa	Famílias adultas e idosas	Urbanos não especiais e subnormais	0,30
5	Vulnerabilidade alta	Baixa	Famílias jovens em setores urbanos	Urbanos não especiais	0,00
6	Vulnerabilidade muito alta	Baixa	Famílias jovens residentes em aglomerados subnormais	Urbanos subnormais	0,82
7	Altíssima vulnerabilidade	Baixa	Famílias idosas, adultas e jovens em setores rurais	Rurais	-



Vista aérea da região da R. Racine, no córrego Vila Leopoldina (foto: Jean M. M. Suplicy)

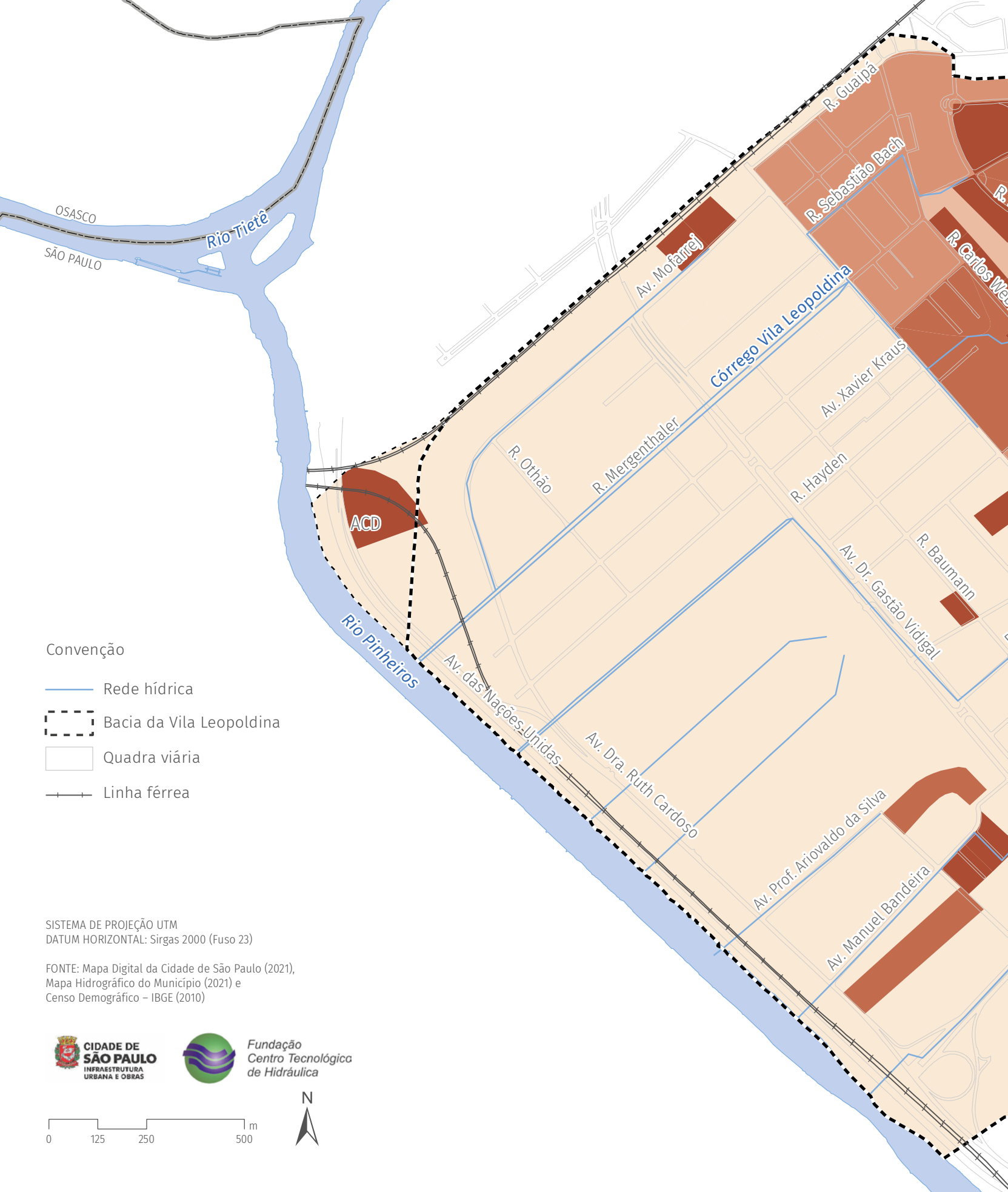
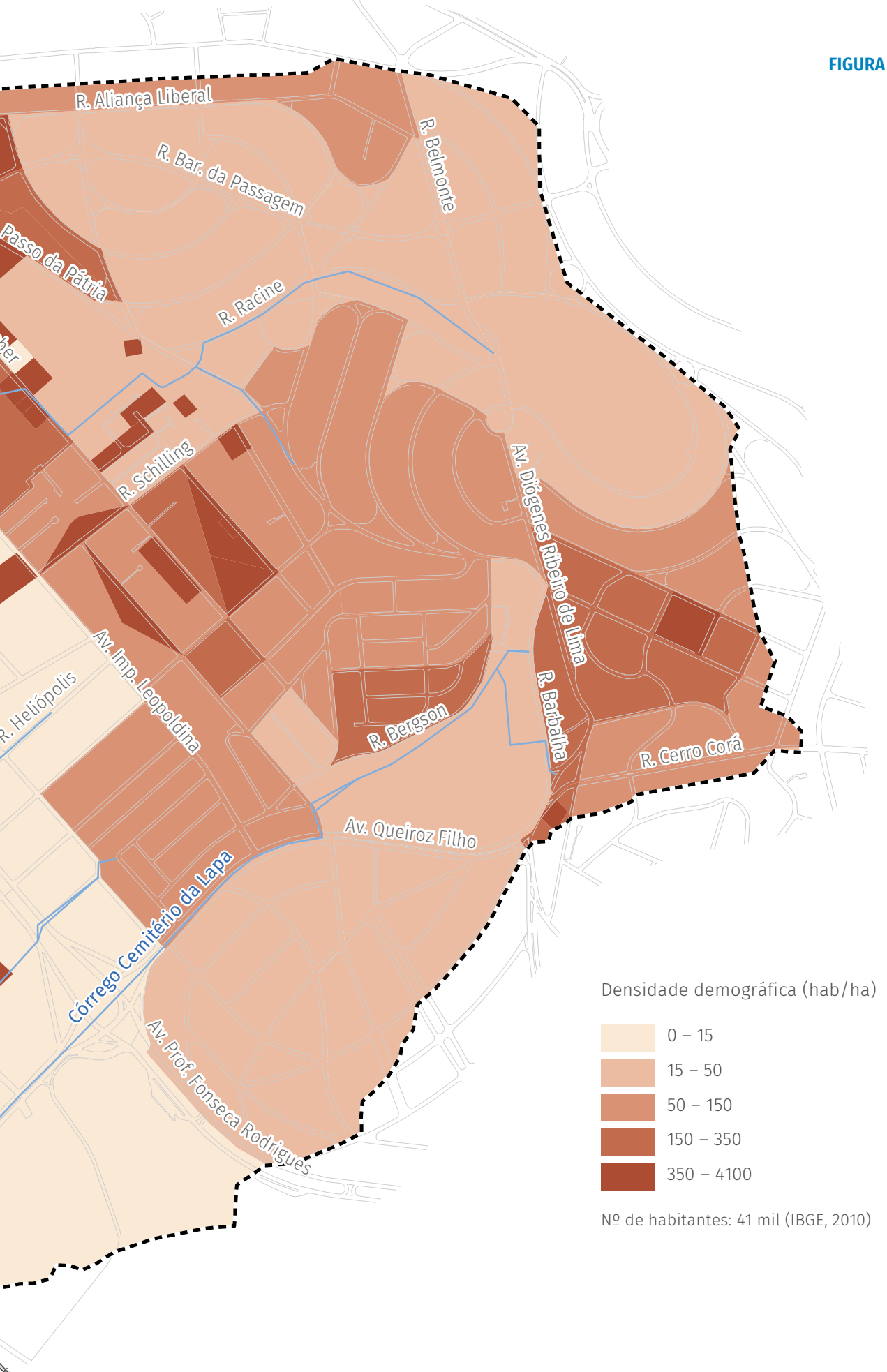

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
R. Carlos Wes
Av. Mofarrej
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e
Censo Demográfico – IBGE (2010)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 2.41 **Densidade demográfica da bacia da Vila Leopoldina**





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e SEADE (2010)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

FIGURA 2.42 **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social da bacia da Vila Leopoldina**



FIGURA 2.43 **Divisão territorial administrativa da bacia da Vila Leopoldina**



Convenção

- Rede hídrica
- Bacia da Vila Leopoldina
- Quadra viária
- Linha férrea

Subprefeitura

- Lapa
- Pinheiros

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

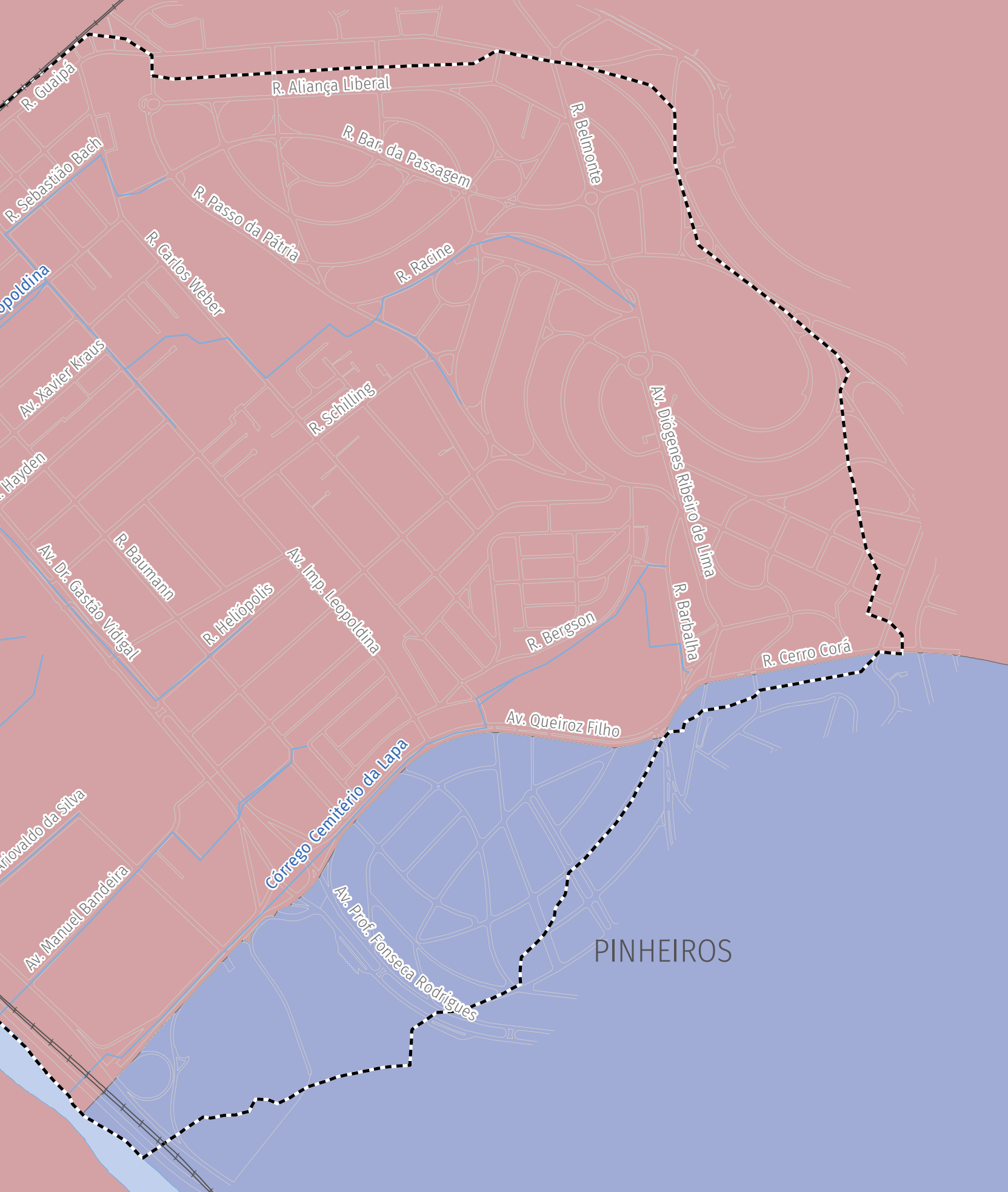
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021) e Mapa Hidrográfico do Município (2021)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

0 125 250 500 m

N


R. Guaipá
R. Aliança Liberal
R. Bar. da Passagem
R. Belmonte
R. Sebastião Bach
R. Passo da Pátria
R. Carlos Weber
R. Racine
opoldina
Av. Xavier Kraus
R. Schilling
Av. Diógenes Ribeiro de Lima
. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
R. Heliópolis
Av. Imp. Leopoldina
R. Bergson
R. Barbalha
R. Cerro Corá
Av. Queiroz Filho
Córrego Cemitério da Lapa
riovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Av. Prof. Fonseca Rodrigues
PINHEIROS

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 esgotos[11].

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.

Os dois córregos principais da bacia da Vila Leopoldina estão em processo de despoluição no âmbito do Programa Córrego Limpo, desenvolvido pela Sabesp em parceria com a Prefeitura do Município de São Paulo (**FIGURA 2.44**).

A **FIGURA 2.45** apresenta a rede e os coletores de esgoto existentes nessa bacia.

2.12 SISTEMA VIÁRIO

A relação histórica de implantação de avenidas do tipo fundo 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 grande 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

11. Art. 209 da Lei n. 16.050/2014.

FIGURA 2.44 **Imagens da placa do Programa Córrego Limpo no córrego Vila Leopoldina (fotos: Pedro L. de C. Algodoal)**





canalização de rios e córregos. Essas obras foram aproveitadas para a implantação de vias ao longo dos rios e córregos.

No Município de São Paulo, essa política foi reproduzida, a partir de 1987, pelo Programa de Canalização de Córregos e Construção de Avenidas de Fundo de Vale (PROVAC).

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

O PDE classifica o sistema viário em três componentes: vias estruturais, vias não estruturais (coletoras, locais, ciclovias e circulação de pedestres) e vias abertas.

Assim, para o planejamento do sistema de drenagem urbana nos cadernos de Bacia Hidrográfica, foi levantada a rede viária estrutural. Essas vias possuem a importância funcional das ligações viárias e a articulação entre regiões extremas da cidade, sendo considerado um dos elementos estruturadores do território. As vias estruturais são classificadas em três níveis: N1, N2 e N3.

As vias N1 são aquelas que estabelecem a ligação da capital com os demais municípios do Estado de São Paulo e Estados da

Federação. As N2 são utilizadas como ligação com os municípios da Região Metropolitana e com as vias do primeiro nível. Já as N3 são aquelas não incluídas nos níveis anteriores, e utilizadas como ligações internas no Município.

A bacia da Vila Leopoldina é estruturada de acordo com os seguintes eixos viários: a foz é na Marginal Pinheiros, e a porção de jusante dos córregos e galerias de macrodrenagem seguem, independentemente entre si, pelas seguintes vias: Avenida Queiroz Filho, Avenida Manoel Bandeira, Rua Hayden e Rua Mergenthaler. Uma sub-bacia central segue pela Avenida Doutor Gastão Vidigal e depois escoa para a Rua Hayden. Já o córrego Cemitério da Lapa passa pela Avenida Queiroz Filho, e o córrego Vila Leopoldina passa pela Rua Passo da Pátria e pela Avenida Imperatriz Leopoldina.

Outras vias importantes da bacia são a Avenida Professor Fonseca Rodrigues, a Avenida Diógenes Ribeiro de Lima, a Rua Doutor José Elias, a Rua Schilling e a Rua Guaipa.

A **FIGURA 2.46** apresenta o sistema viário estrutural da bacia da Vila Leopoldina.



Vista para a região de várzea da bacia, entre a Av. Imperatriz Leopoldina e a área do Ceagesp (foto: Davi Cernausan Elias)


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
ACD
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Mergenthaler
R. Othão
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021), Plano Diretor Estratégico (2014) e Sabesp (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m



FIGURA 2.45 **Sistema de esgotamento sanitário da bacia da Vila Leopoldina**


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Córrego Vila Leopoldina
R. Guaipá
R. Dr. Seidel
R. Froben
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
ACD
Rio Pinheiros
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Plano Diretor Estratégico (2014)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m



FIGURA 2.46 **Sistema viário estrutural da bacia da Vila Leopoldina**

3

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., determinam a velocidade com que a água escoa 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 na bacia da Vila Leopoldina, a partir dos registros do radar meteorológico e dos postos da rede telemétrica, e 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 da bacia hidrográfica. 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) da bacia 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 da bacia da Vila Leopoldina foram estimadas através da equação IDF para a cidade de São Paulo (Equação 3.1), ajustada para o posto do Observatório IAG (Martinez e Piteri, 2015)[12].

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

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

(Equação 3.1)

válida para 10 ≤ t ≤ 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;
$I_{td,Tr}$ 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)[13], 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)[14], em que foram analisados eventos extremos de precipitação na região de Illinois, a precipitação

13. TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995.
14. HUFF, F. A. Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. **Water Resources Research**, v. 3, n. 4, p. 1007-1019, 1967.

é classificada em quartis e determina-se, 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 extenso 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 da bacia em estudo, localizadas no setor hídrico Pinheiros, foram analisados 74 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 3.1 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	8,5	11,5	13,6	16,1	19,8
20	13,7	18,6	21,8	25,9	31,9
30	10,4	14,1	16,6	19,7	24,3
40	5,5	7,4	8,7	10,3	12,7
50	1,1	1,6	1,8	2,2	2,7
60	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Precipitação total acumulada	**39,5**	**53,6**	**63**	**74,8**	**92,1**

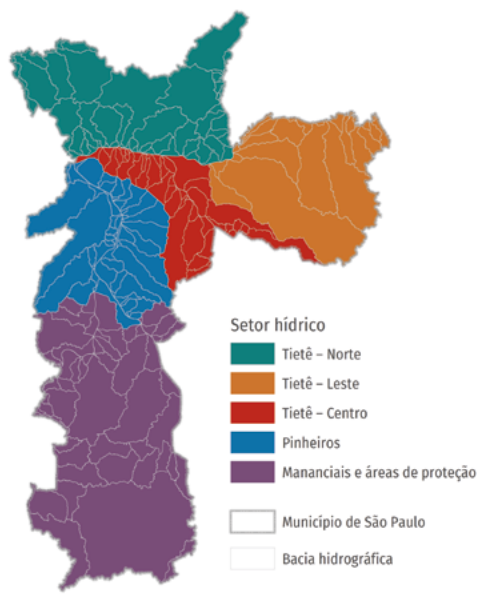
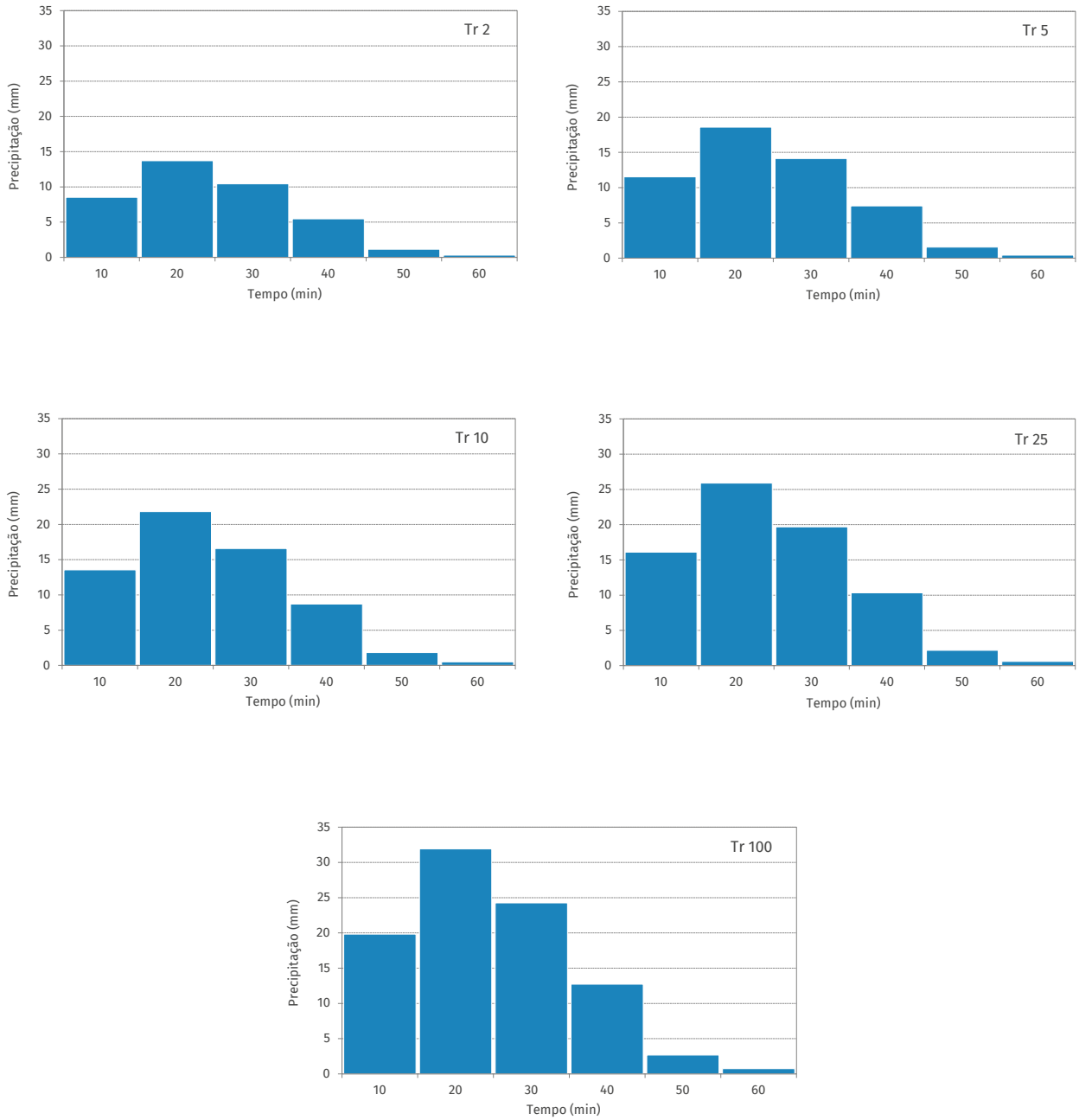
TABELA 3.2 Número de postos telemétricos analisados em cada setor hídrico		
Setor	Número de postos	Mapa dos setores
Pinheiros	46	
Tietê – Centro	36	
Tietê – Leste	29	
Tietê – Norte	21	
Mananciais	11	

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



3.2 ANÁLISE DE EVENTO OBSERVADO

Nos dias 9 e 10 de fevereiro de 2020, a bacia da Vila Leopoldina sofreu sérios problemas devido a um evento de precipitação prolongada na cidade de São Paulo. O nível máximo do Rio Pinheiros observado durante esse evento foi de 720,21 m (*datum* vertical, SIRGAS, 2000, ortométrico), no posto fluviométrico da Barragem de Retiro. Esse foi um evento crítico bastante documentado pelos meios de comunicação.

Os dados de precipitação indicaram 130 mm e 127 precipitados em um período de 17 horas nos postos CTH-USP e Ponte Cidade Universitária, respectivamente. Já os postos pluviométricos Barragem Móvel Montante e Ponte do Piqueri apresentaram valores de chuva acumulada próximos de 158 mm e 178 mm, respectivamente e nesse mesmo período (**FIGURA 3.2**). Esse evento apresentou baixa intensidade de precipitação, porém, ocorreu por um período prolongado.

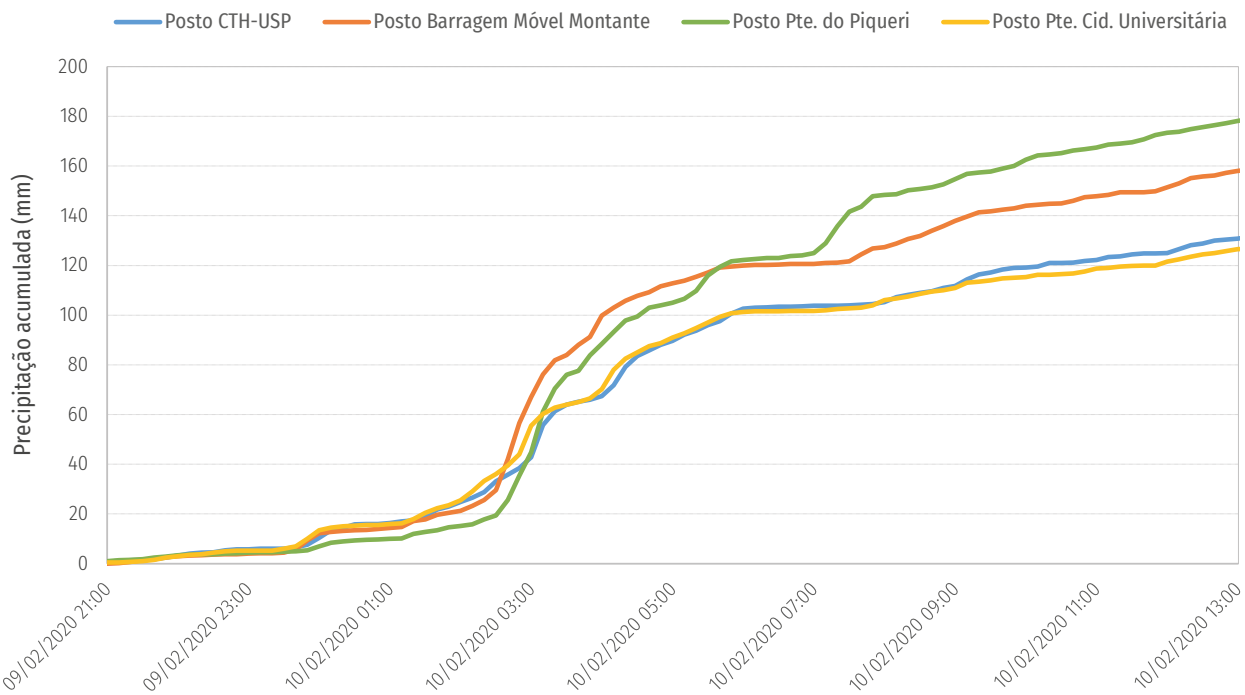


FIGURA 3.2 **Precipitação acumulada no evento de 10 de fevereiro de 2020 nos três postos mais próximos da bacia (em mm) (fonte: SAISP, 2021)**

O Rio Pinheiros extravasou, e suas águas adentraram sobre a bacia, invadindo a via Marginal, a ferrovia e a planície aluvial da bacia – nas áreas da Ceagesp até a Avenida Doutor Gastão Vidigal. Não obstante, as galerias de macrodrenagem sofreram refluxo e ficaram afogadas, impossibilitando o escoamento das águas superficiais oriundas da chuva que precipitava sobre a bacia da Vila Leopoldina.

O resultado desse evento foram alagamentos generalizados, com altura d'água maior que 1,5 m em alguns trechos, se estendendo desde a Marginal Pinheiros até a Avenida Doutor Gastão Vidigal e a Avenida Mofarrej (**FIGURA 3.3**). Isso evidencia a alta vulnerabilidade da região em função das cotas baixas, sendo frequentemente atingida pelo extravasamento do Rio Pinheiros. Há áreas em que as cotas são inferiores à cota de extravasamento desse rio.



Inundação na Av. Manoel Bandeira
(foto: Aloisio Mauricio/Estadão Conteúdo)



Vista da Marginal Pinheiros alagada, próximo à
Pte. do Jaguaré (foto: Zanone Fraissat/Folhapress)

FIGURA 3.3 **Fotografias da inundação de 10 de fevereiro de 2020 na bacia da Vila Leopoldina**

3.3 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para fins de modelagem, a bacia da Vila Leopoldina foi dividida em 33 sub-bacias, obedecendo à contribuição dos afluentes principais e das redes de microdrenagem, bem como à direção do fluxo do escoamento superficial. A **TABELA 3.3** indica as principais características físicas de cada sub-bacia.

No mapa da **FIGURA 3.4**, é apresentada a divisão de sub-bacias empregada no modelo hidrológico-hidráulico adotado.

TABELA 3.3 Principais características físicas das sub-bacias da Vila Leopoldina

Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)	Sub-bacia	Área (km²)	Declividade média (%)	Comprimento do talvegue (m)
VLP-01	0,18	18,6	580	VLP-18	0,12	5,3	709
VLP-02	0,08	15,8	331	VLP-19	0,15	5,9	495
VLP-03	0,32	13,7	570	VLP-20	0,12	7,1	487
VLP-04	0,17	11,4	490	VLP-21	0,18	10,7	658
VLP-05	0,21	10,7	131	VLP-22	0,32	5,6	876
VLP-06	0,34	7,7	751	VLP-23	0,29	5,3	985
VLP-07	0,30	12,5	750	VLP-24	0,19	7,8	503
VLP-08	0,23	10,1	346	VLP-25	0,28	6,1	1.051
VLP-09	0,32	13,9	1.139	VLP-26	0,12	4,4	305
VLP-10	0,16	10,3	467	VLP-27	0,09	4,4	235
VLP-11	0,25	8,8	504	VLP-28	0,07	7,4	240
VLP-12	0,14	7,0	337	VLP-29	0,09	4,7	193
VLP-13	0,49	8,3	1.139	VLP-30	0,10	5,2	209
VLP-14	0,26	5,8	704	VLP-31	0,09	6,6	363
VLP-15	0,13	6,1	676	VLP-32	0,04	4,9	431
VLP-16	0,12	6,6	704	VLP-33	0,05	7,1	364
VLP-17	0,12	5,8	684				

3.4 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA

A área impermeável atual foi estimada por meio de fotointerpretação de imagens aéreas disponíveis para a região de estudo[15]. Essa avaliação consistiu na identificação das áreas permeáveis, ou espaços abertos, e impermeáveis, de acordo com cada uso do solo identificado nessa bacia.

Para essa avaliação, foram selecionadas quadras com tipologias de uso do solo homogêneas. Foram analisadas todas as tipologias de solo presentes na bacia 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 da bacia; 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**.

TABELA 3.4 Valor médio de impermeabilidade adotado na segmentação das imagens

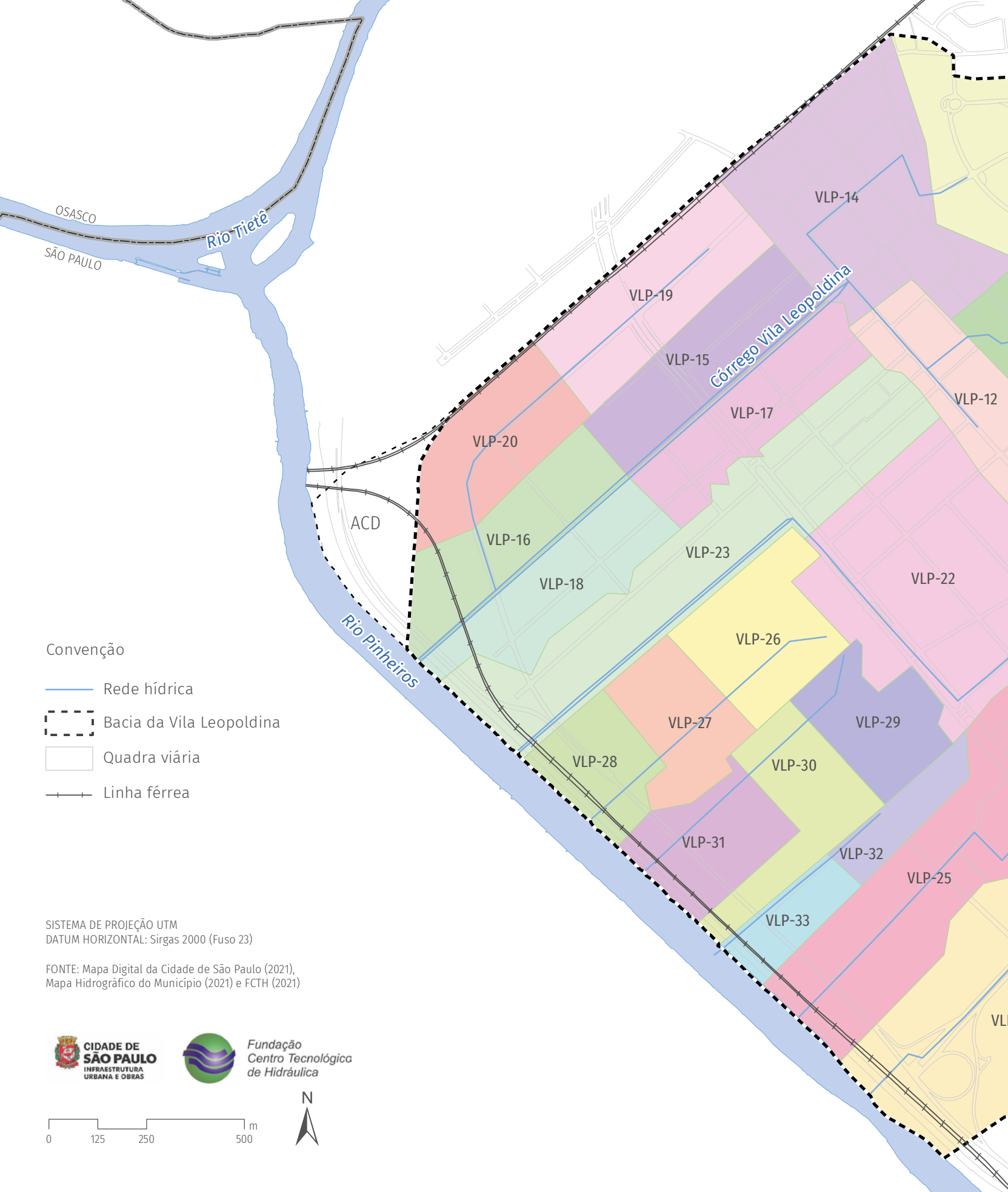
Classe	% Impermeável adotada
Espaços abertos	15
Áreas edificadas	95
Outros	80

A impermeabilização resultante para cada tipologia de uso do solo na bacia da Vila Leopoldina é apresentada na **TABELA 3.5**.

TABELA 3.5 Impermeabilização resultante por tipologia de uso do solo

Uso do solo	% Impermeável
Comércio e serviços	76,4
Equipamento urbano	66,5
Indústria e armazém	83,2
Residencial horizontal baixo padrão	84,6
Residencial horizontal médio alto padrão	70,4
Residencial vertical baixo padrão	72,7
Residencial vertical médio alto padrão	60,4
Espaços abertos	21,6
Entreposto Ceagesp	92,7

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


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
VLP-12
VLP-14
VLP-15
VLP-16
VLP-17
VLP-18
VLP-19
VLP-20
VLP-22
VLP-23
VLP-25
VLP-26
VLP-27
VLP-28
VLP-29
VLP-30
VLP-31
VLP-32
VLP-33
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

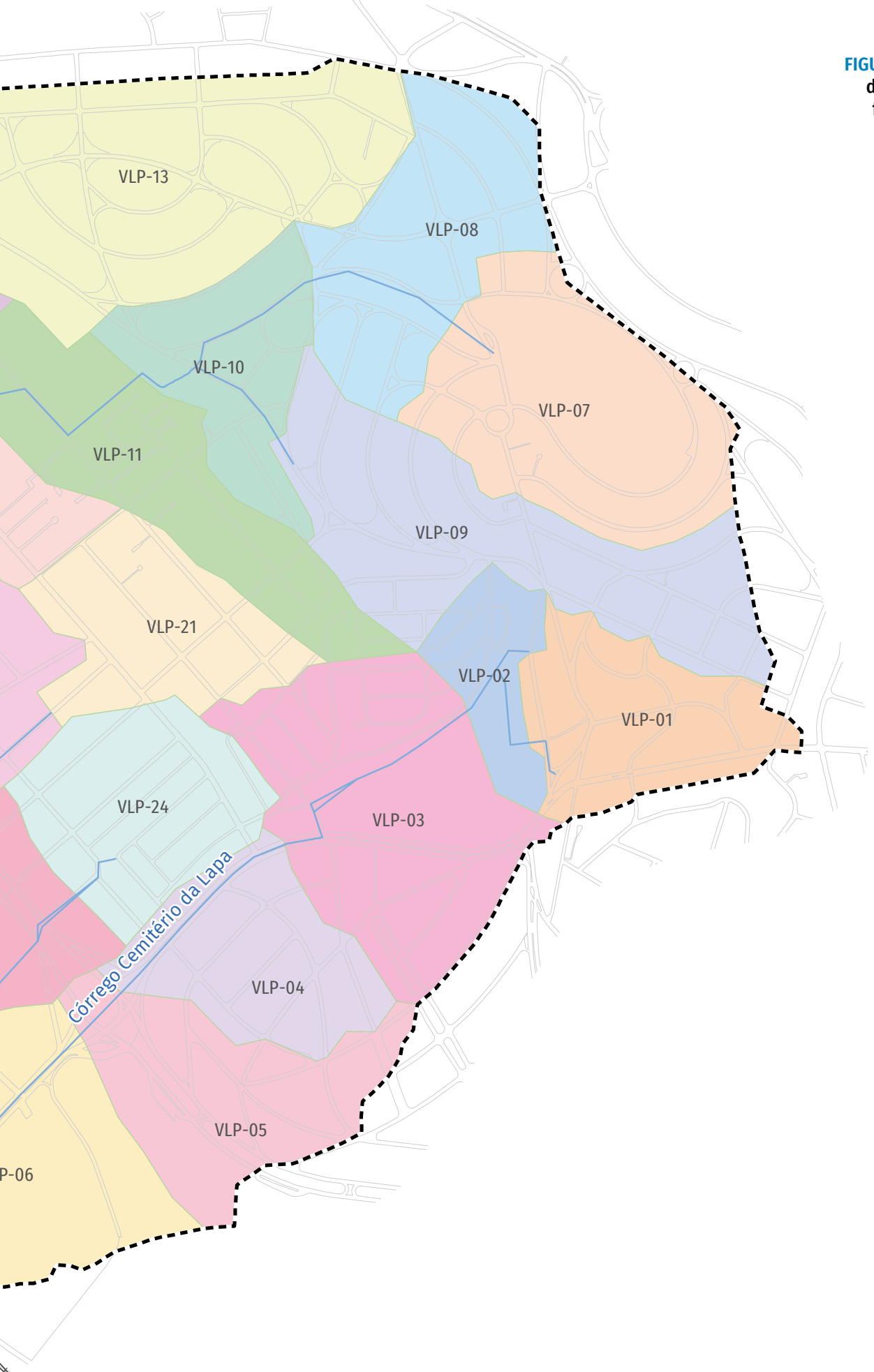


FIGURA 3.4 Divisão em sub-bacias da área da Vila Leopoldina para fins de modelação matemática

Assim, os valores de impermeabilização atual da bacia da Vila Leopoldina foram obtidos considerando as tipologias de uso do solo e as respectivas porcentagens de área impermeável. A **FIGURA 3.5** ilustra a impermeabilização atual da bacia.

A metodologia adotada para a estimativa da impermeabilização máxima permitida para a bacia 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**.

A impermeabilização máxima permitida foi estimada a partir da complementação dos valores exigidos para a permeabilidade mínima. 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 3.6**.

A **TABELA 3.6** indica a parcela de área impermeável de cada sub-bacia da bacia da Vila Leopoldina para a condição atual e a máxima permitida por lei.

Do total das 33 sub-bacias, 11 delas já apresentam taxa de impermeabilidade maior do que a máxima permitida, e as demais têm taxas de impermeabilização consideravelmente menores do que a máxima permitida por lei.

Os valores médios da impermeabilização máxima permitida e da impermeabilização atual são, respectivamente, 77% e 73%. Analisando esse resultado hidrologicamente, tem-se que os valores estimados não produzem alterações significativas nos hidrogramas.

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
VLP-01	73	83	VLP-18	79	78
VLP-02	83	81	VLP-19	74	77
VLP-03	77	80	VLP-20	62	77
VLP-04	73	79	VLP-21	76	81
VLP-05	52	63	VLP-22	75	79
VLP-06	54	48	VLP-23	83	79
VLP-07	66	79	VLP-24	80	82
VLP-08	70	80	VLP-25	73	78
VLP-09	73	81	VLP-26	93	75
VLP-10	69	79	VLP-27	93	75
VLP-11	70	80	VLP-28	67	78
VLP-12	76	81	VLP-29	93	75
VLP-13	72	79	VLP-30	88	75
VLP-14	79	82	VLP-31	73	77
VLP-15	79	78	VLP-32	87	77
VLP-16	63	77	VLP-33	69	78
VLP-17	80	78	**Média**	**73**	**77**

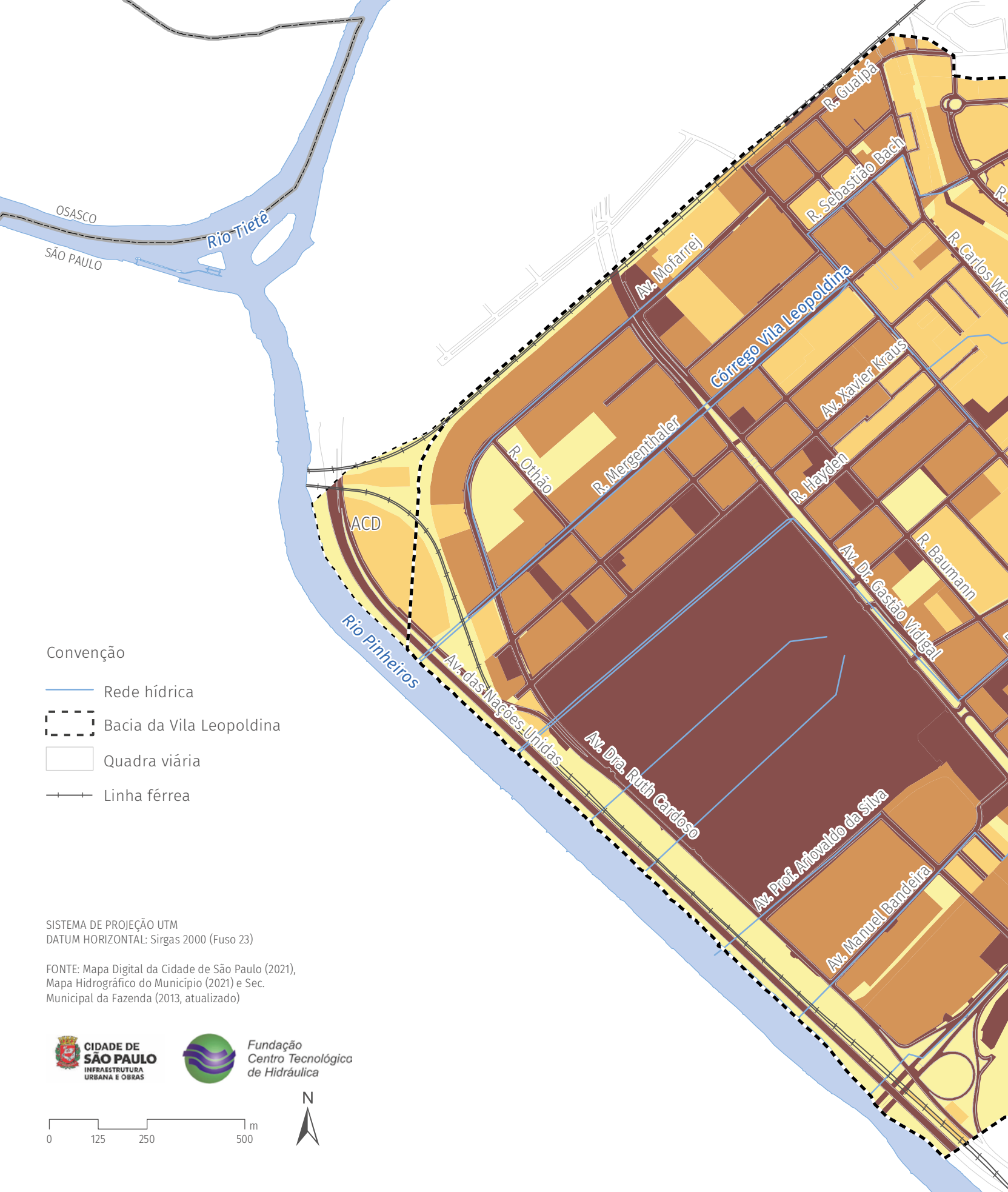
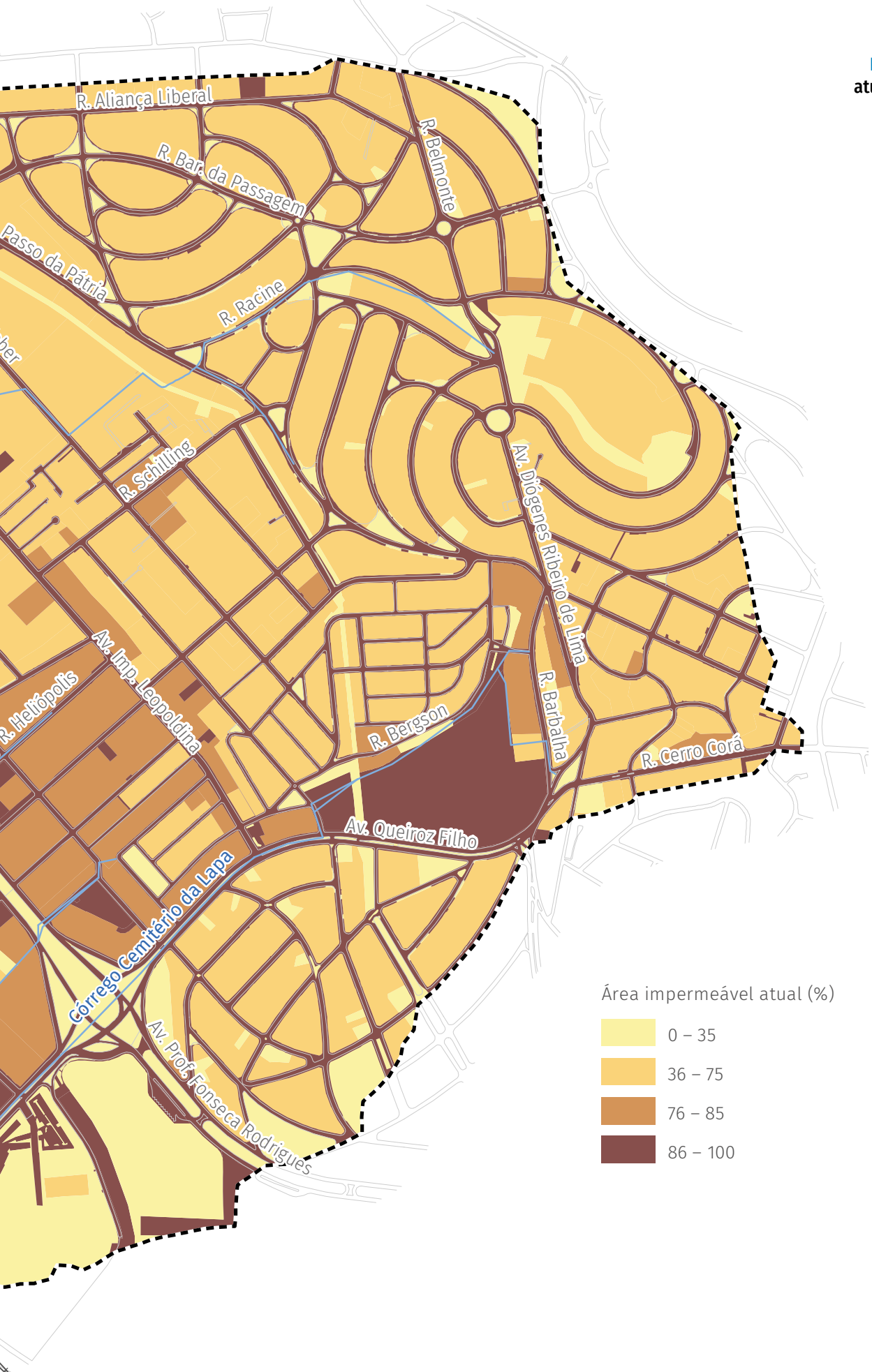
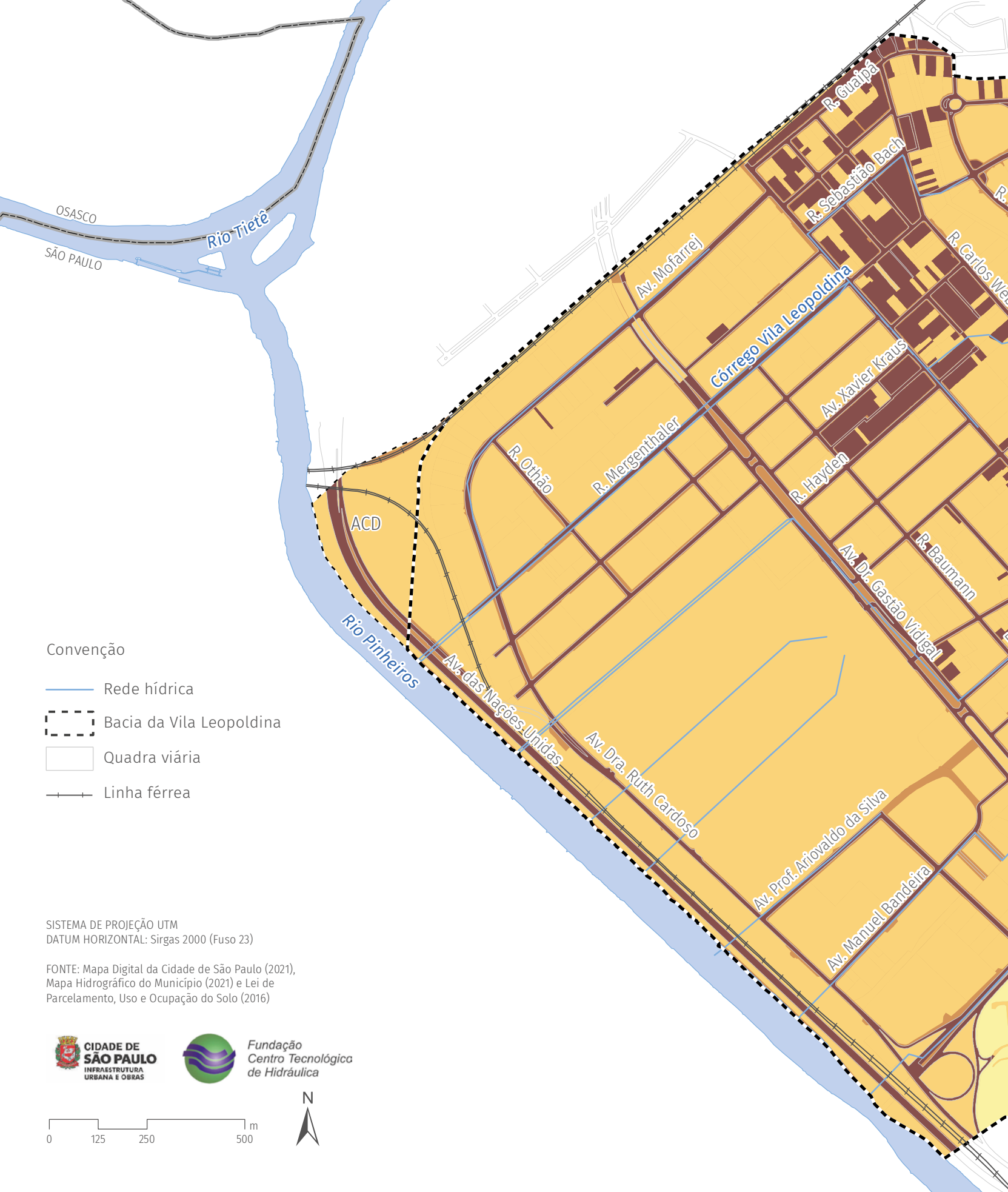

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
Córrego Vila Leopoldina
Av. Xavier Kraus
R. Carlos Wes
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Sec. Municipal da Fazenda (2013, atualizado)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 3.5 **Impermeabilização atual da bacia da Vila Leopoldina**





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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

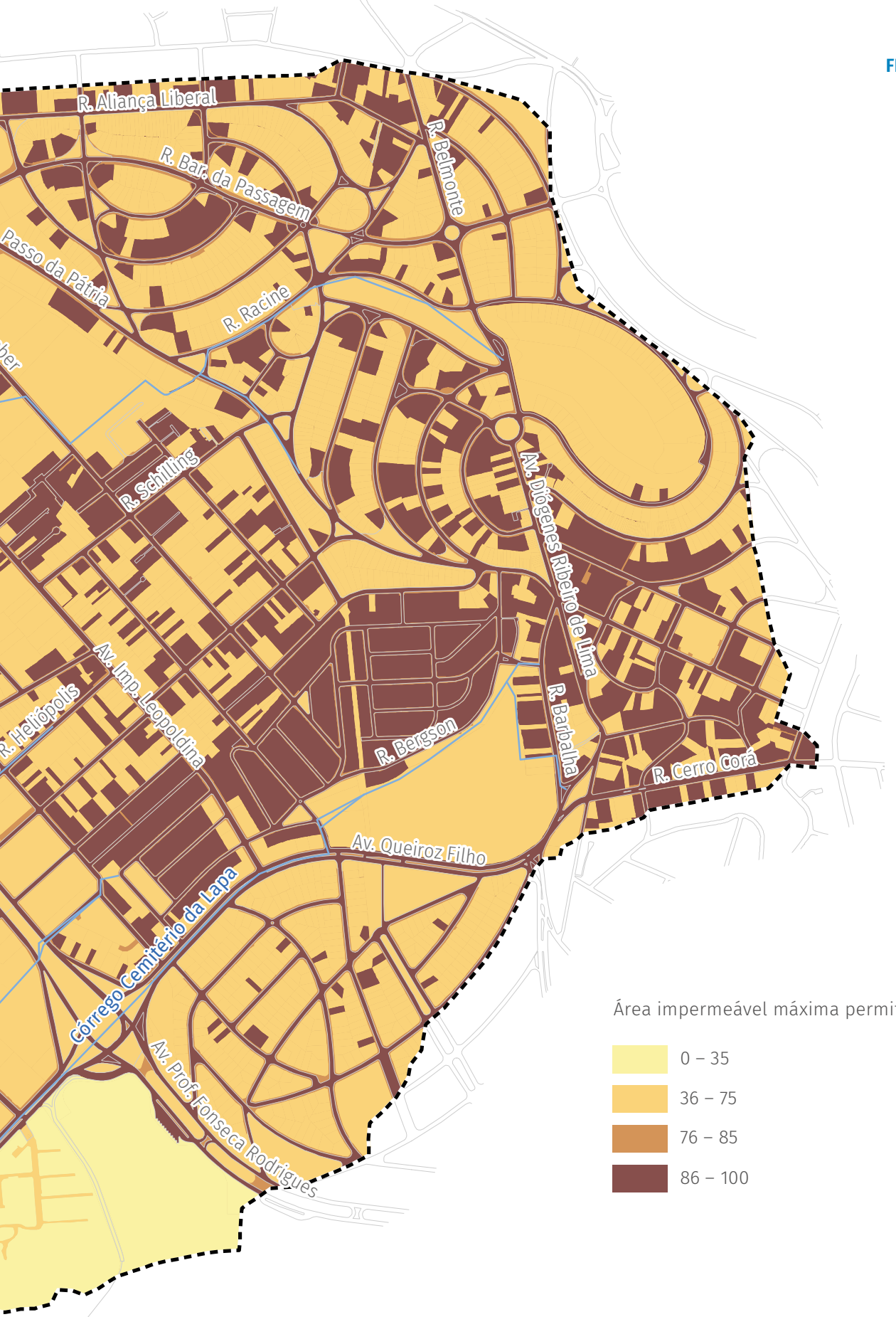
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

FIGURA 3.6 **Impermeabilização máxima permitida da bacia da Vila Leopoldina**



4

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, o risco de inundação, o sistema viário estrutural e o uso do solo vulnerável localizado em áreas inundáveis.

As inundações na bacia da Vila Leopoldina são decorrentes de dois fatores distintos: enchentes com origem na própria bacia — precipitação local somada à insuficiência da seção da rede de drenagem e/ou obstruções dos dispositivos de drenagem —; e enchentes em razão das cheias do Rio Pinheiros, tanto pelo seu extravasamento quanto pelo consequente remanso das galerias.

Devido à alta recorrência das enchentes e seus trágicos efeitos, especialmente nas áreas da planície aluvial, foram considerados os seguintes usos do solo como vulneráveis: comercial e residencial; comercial e industrial; comercial; e equipamento urbano (saúde, ensino, segurança e abastecimento alimentício).

4.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

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

A bacia da Vila Leopoldina é altamente suscetível às variações de nível do Rio Pinheiros principalmente em razão de dois fatores: extensa área de planície aluvial, que cobre mais da metade da bacia e que apresenta praticamente a mesma cota em toda a sua extensão; e a altura baixa do desemboque das galerias de macrodrenagem no Rio Pinheiros, implicando no seu funcionamento com seção parcialmente ocupada pelo remanso do rio.

A **FIGURA 4.1** indica o gráfico da frequência de excedência do nível máximo diário do Rio Pinheiros para os postos da Barragem de Retiro e da Cidade Universitária. Observa-se no primeiro que, em 50% do tempo, o nível máximo diário do Rio Pinheiros fica acima de 716,1 m, e em 100% do tempo fica acima de 715 m. Já no posto Cidade Universitária, em 50% do tempo o nível máximo diário do Rio Pinheiros fica acima de 716,2 m, e em 100% do tempo acima de 715,5 m.

As galerias direita e esquerda da Rua Mergenthaler têm a geratriz inferior do desemboque nas cotas 714,5 m e 714,8 m, respectivamente, o que indica que elas sempre operam com a seção parcialmente ocupada pelo remanso do Rio Pinheiros. Outra galeria importante, a da Avenida Queiroz Filho, tem o desemboque na cota 715,6 m, o que também indica que ela geralmente funciona com seção parcial disponível para drenagem das águas das chuvas. Já as galerias de drenagem local da Ceagesp apresentam desemboque com geratriz inferior em aproximadamente 716,7 m, o que lhes confere proteção contra remanso em 90% do tempo. A cheia de 10 de fevereiro 2020 foi um desses casos excepcionais, em que o Rio Pinheiros atingiu o nível de 720,2 m, como já descrito no Item 3.2, invadindo a bacia tanto pela superfície quanto pelo refluxo das galerias. Uma simulação do evento foi realizada no modelo computacional, e a inundação resultante pode ser observada na **FIGURA 4.2**. O resultado obtido encontra respaldo nos dados de altura da inundação levantados em campo, nos pontos de alagamento da CET/CGE e, também, em fotos e vídeos disponibilizados pelos meios de comunicação.

Para o estudo das cheias de origem na própria bacia, 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, utilizando o nível normal de 716,8 m do Rio Pinheiros, conforme mostra a **FIGURA 4.3**.

Na **FIGURA 4.4**, foi feita a simulação dos efeitos das chuvas de Tr 2, 5, 10 e 25 anos na bacia aliados a um nível do Rio Pinheiros de 720,2 m. É possível notar que o efeito desse rio é sobrepujante nas áreas da planície aluvial, não importando o Tr utilizado. As maiores diferenças entre as manchas são observadas na porção de montante, devido ao aumento do período de recorrência das chuvas.

Finalmente, na **FIGURA 4.5** é apresentado os resultados da simulação dos efeitos das chuvas de Tr 2, 5, 10 e 25 anos aliados ao nível do Rio Pinheiros de 718,6 m, terceiro maior nível já registrado no posto Barragem de Retiro – isso na análise de 6 anos da série observada na curva de permanência do posto (**FIGURA 4.1**). É possível observar que, nessas simulações, o efeito do Rio Pinheiros não é tão impactante quanto na simulação com o nível a 720,2 m, e isso ocorre porque a ferrovia e a via Marginal estão em cotas entre 719 e 720 m, impedindo as águas de avançarem sobre a superfície.

Ambas as simulações utilizaram os cinco períodos de retorno adotados no presente estudo, porém a probabilidade de ocorrência concomitante de um evento de chuva com Tr 100 anos e um evento de nível alto do Pinheiros é extremamente baixa, pois cada um desses eventos separadamente já possui uma probabilidade muito baixa de ocorrência.

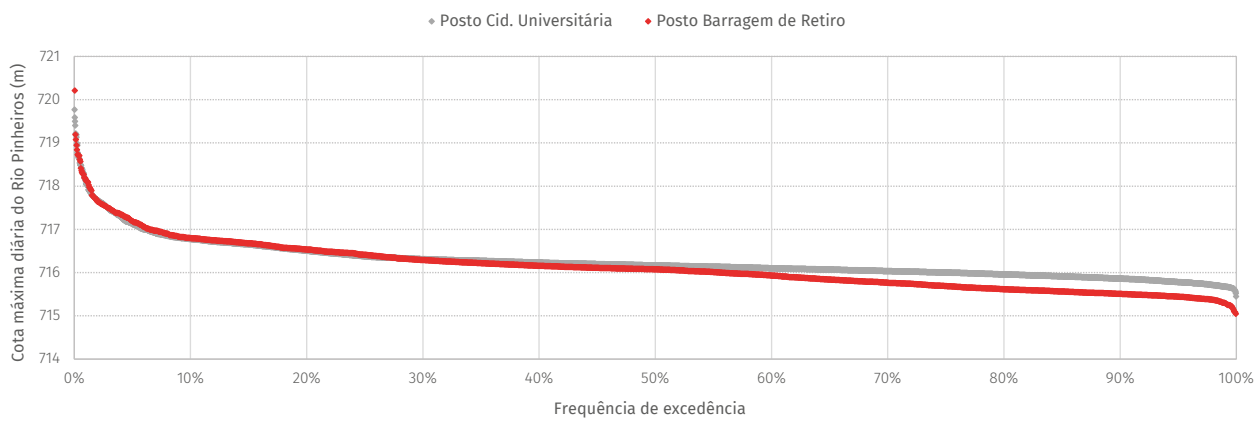
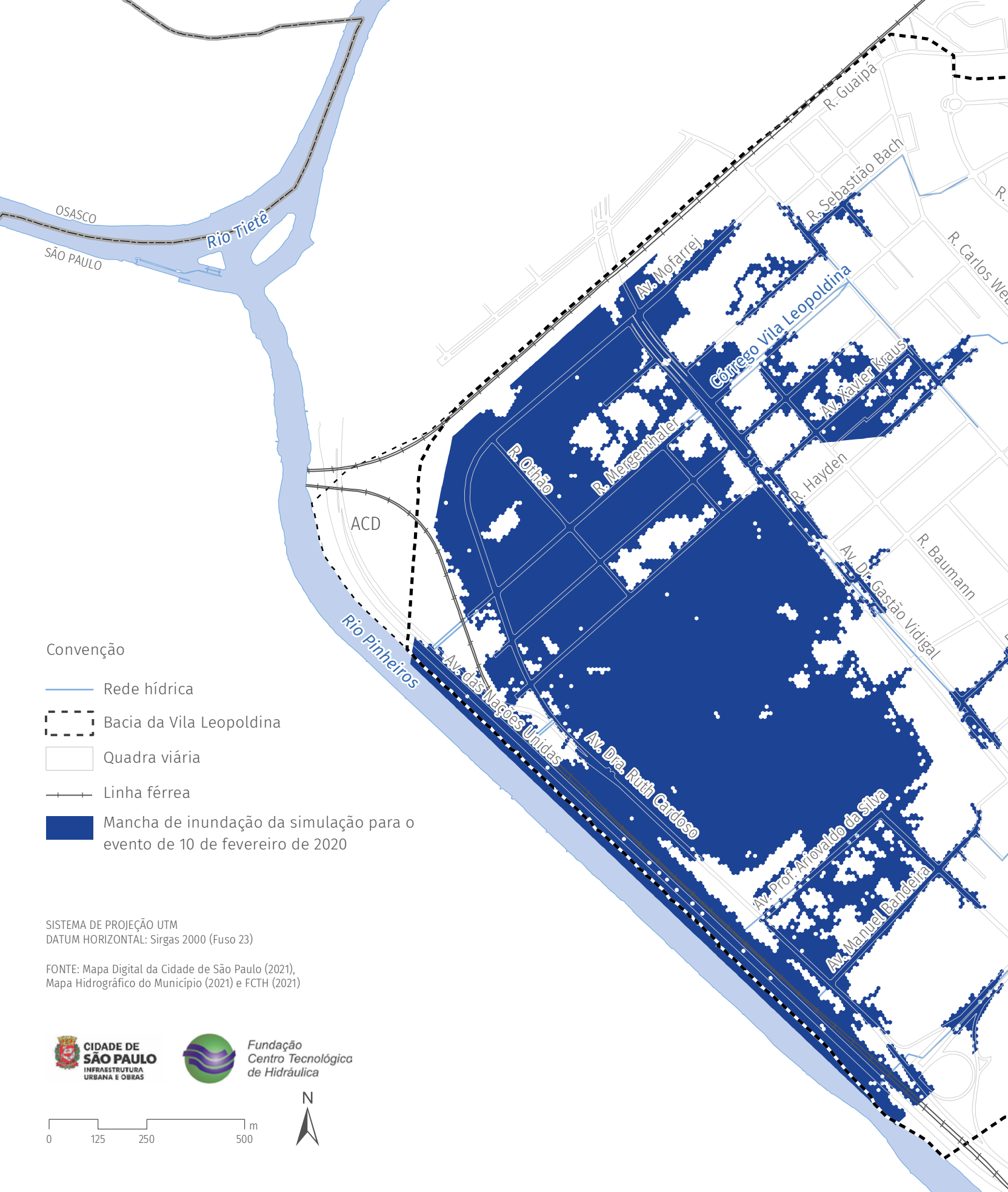


FIGURA 4.1 Curva de permanência da cota máxima diária do nível do Rio Pinheiros nos postos fluviométricos da Barragem de Retiro (EMAE, 2021) e da Cidade Universitária (SAISP, 2021)



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

0 125 250 500 m

N

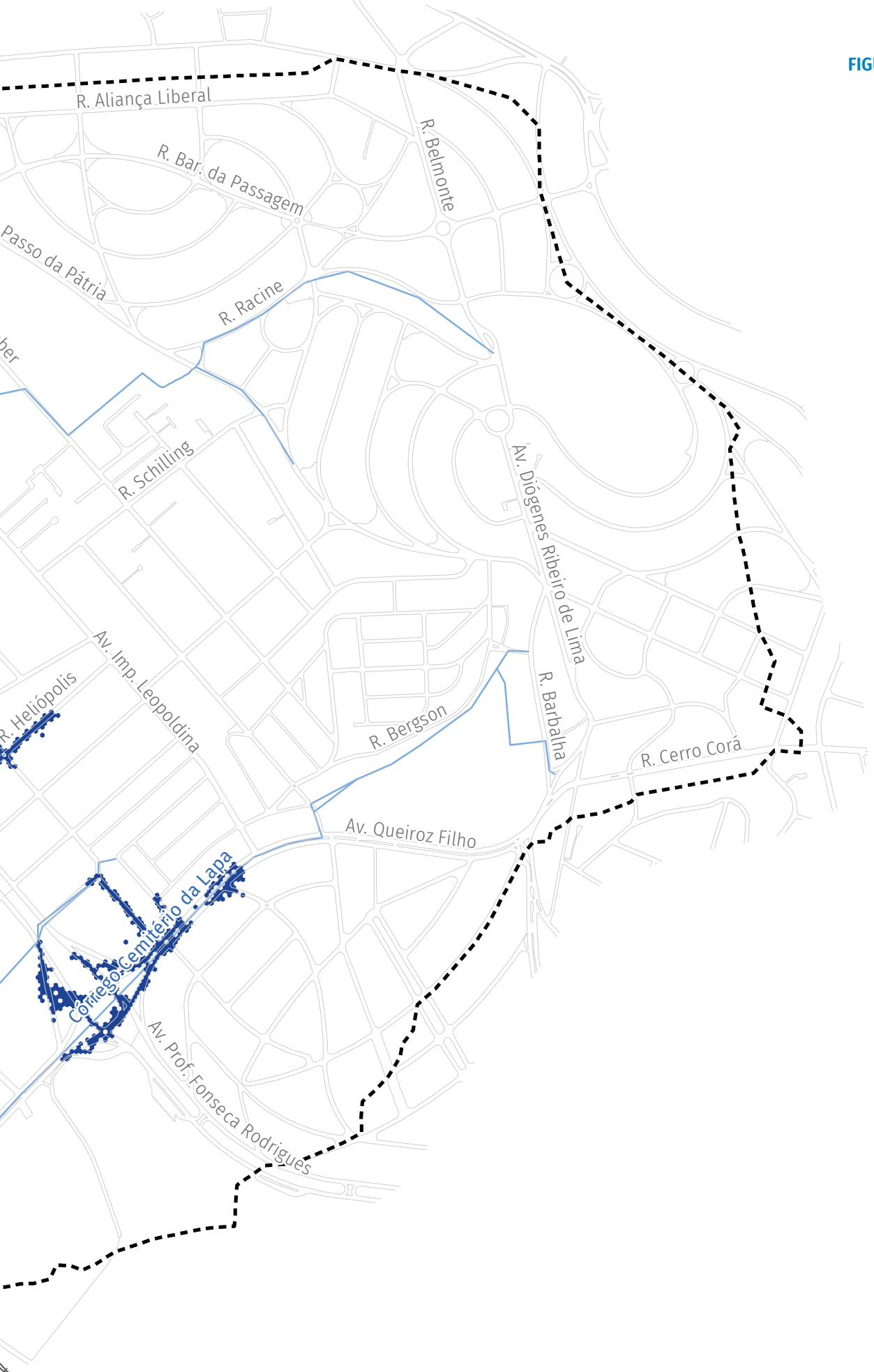


FIGURA 4.2 **Mancha de inundação simulada para o evento de 10 de fevereiro de 2020 na bacia da Vila Leopoldina**



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

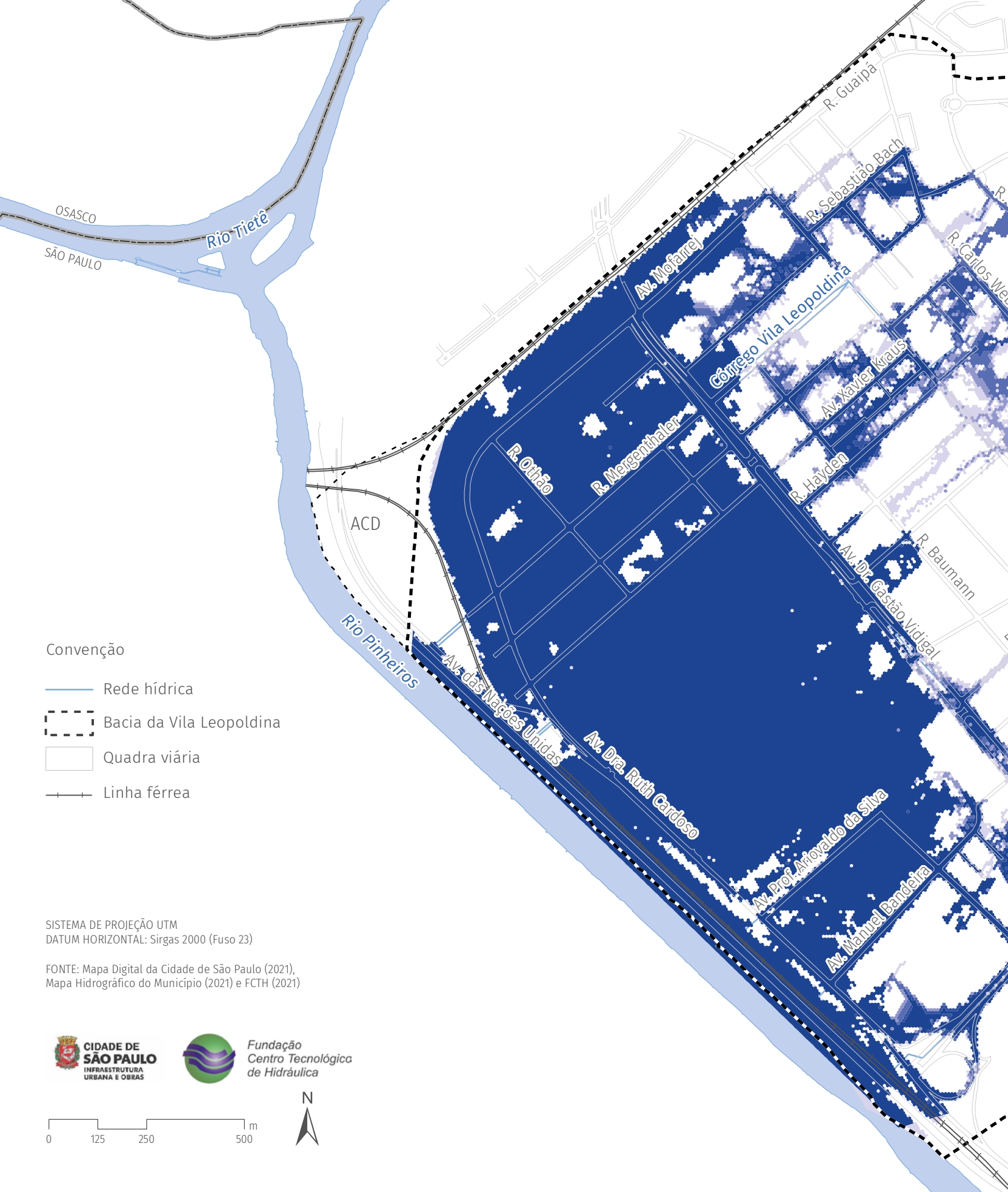
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

0 125 250 500 m

N



FIGURA 4.3 **Mapeamento das áreas inundáveis na bacia da Vila Leopoldina sem a influência do Rio Pinheiros**



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

0 125 250 500 m

N



FIGURA 4.4 **Mapeamento das áreas inundáveis na bacia da Vila Leopoldina com nível do Rio Pinheiros na cota de 720,2 m**


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Bach
Av. Mofarrej
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
Av. Dr. Gastão Vidigal
R. Baumann
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m



FIGURA 4.5 **Mapeamento das áreas inundáveis na bacia da Vila Leopoldina com nível do Rio Pinheiros na cota de 718,6 m**

4.2 ÁREAS CRÍTICAS

O mapa de áreas críticas foi elaborado a partir da sobreposição das áreas sensíveis da bacia próximas aos córregos. Dentre essas áreas, foram consideradas as com usos do solo identificados como equipamento urbano, favelas e usos comerciais (**FIGURA 2.35**), o sistema viário estrutural (**FIGURA 2.46**) e as áreas de risco de inundação.

Em equipamentos urbanos, classificam-se as áreas destinadas às instituições de ensino, tais como escolas, creches e faculdades; às instituições de serviços de saúde; e às de assistência social. Essas áreas foram incluídas nas análises por retratarem locais com alta vulnerabilidade, em função da grande concentração de pessoas, e pela importância dos serviços oferecidos no que tange à saúde física e mental e à educação do cidadão.

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, 2004[16]).

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 4.1).

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

(Equação 4.1)

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

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

de *H*: Tr 2 = 0,5; Tr 5 = 0,2; Tr 10 = 0,1; Tr 25 = 0,04 e Tr 100 = 0,01. Como na bacia da Vila Leopoldina o nível do Rio Pinheiros é um fator de grande relevância, também foram adotados dois níveis diferentes: 716,80 m e 720,21 m, que representam, respectivamente, o nível normal e o nível observado no evento de 10 de fevereiro de 2020, necessário para simular os efeitos cumulativos das precipitações com o remanso do rio.

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 de inundação geradas em cada período de retorno. Já a componente de vulnerabilidade *V* foi considerada em função do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS.

Foram avaliados ainda os usos do solo de equipamento urbano e o uso comercial, considerados áreas de alta vulnerabilidade em decorrência dos grandes prejuízos que as enchentes do Rio Pinheiros trazem para os comerciantes e para o abastecimento regional de alimentos.

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.

TABELA 4.1 Graus de risco de inundação

Grau de risco	Escala*	% da área de risco
Baixo	0 – 0,002	78,9
Médio	0,002 – 0,01	12,9
Alto	0,01 – 0,04	4,9
Muito alto	0,04 1	3,3

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

A **FIGURA 4.6** apresenta o infográfico com os critérios inseridos na estimativa das áreas com risco de inundação.

A **FIGURA 4.7** traz um infográfico com os dados utilizados para a obtenção do mapa de áreas críticas.

Vale ressaltar que a maior parte da área baixa da bacia foi classificada com um baixo grau de risco devido ao reduzido número de habitantes dessa região, mas, em compensação, foram demarcados no mapa os usos comerciais que ali existem como áreas críticas.

O mapa de áreas críticas resultante dessa análise é apresentado na **FIGURA 4.8**.

FIGURA 4.6 **Dados utilizados na obtenção do risco de inundação**

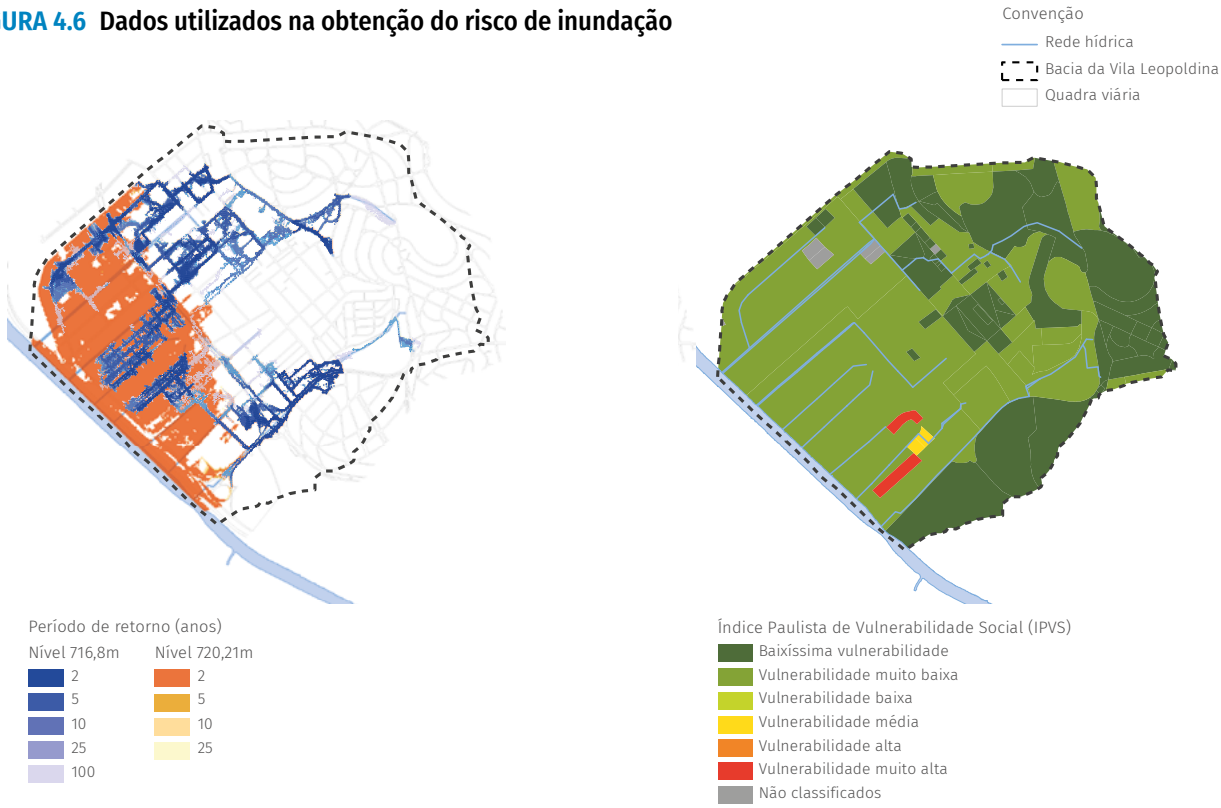
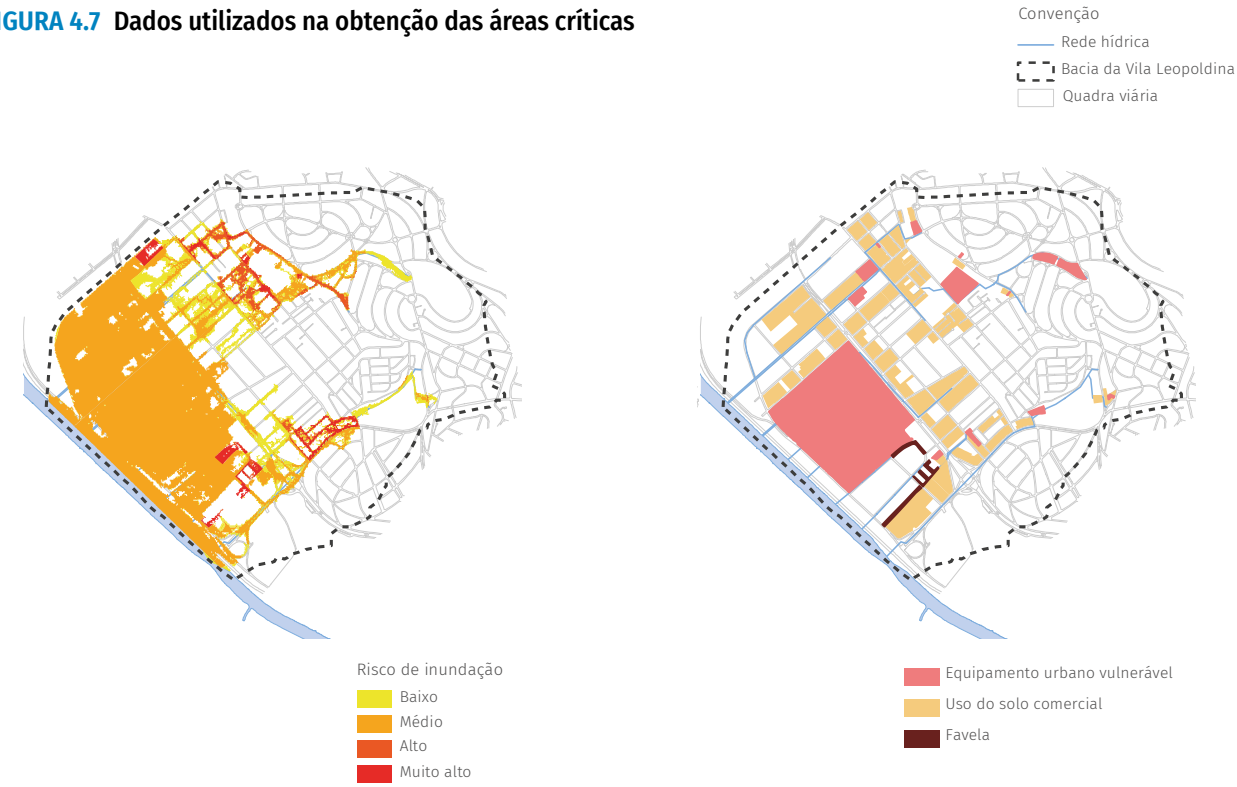


FIGURA 4.7 **Dados utilizados na obtenção das áreas críticas**



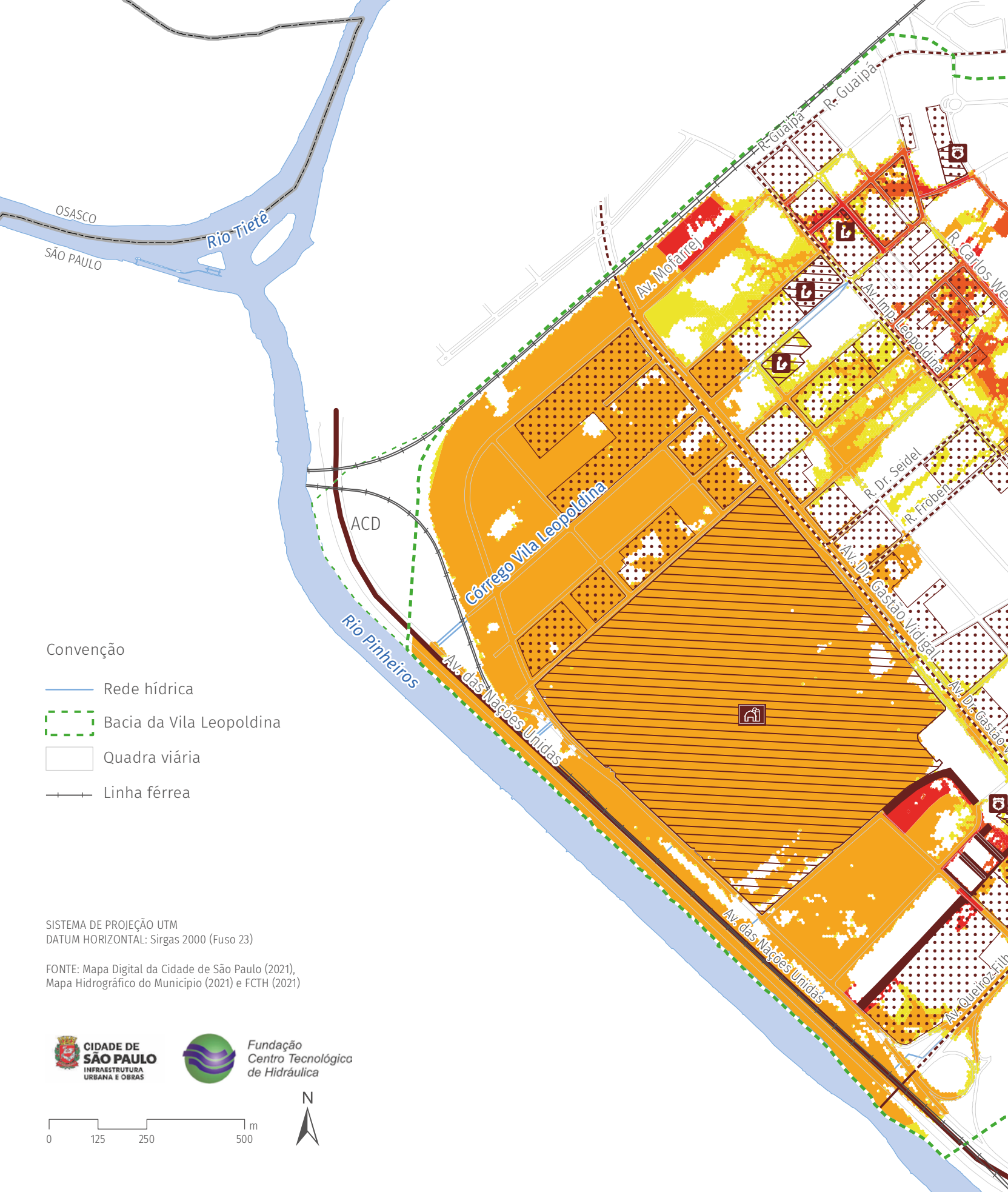
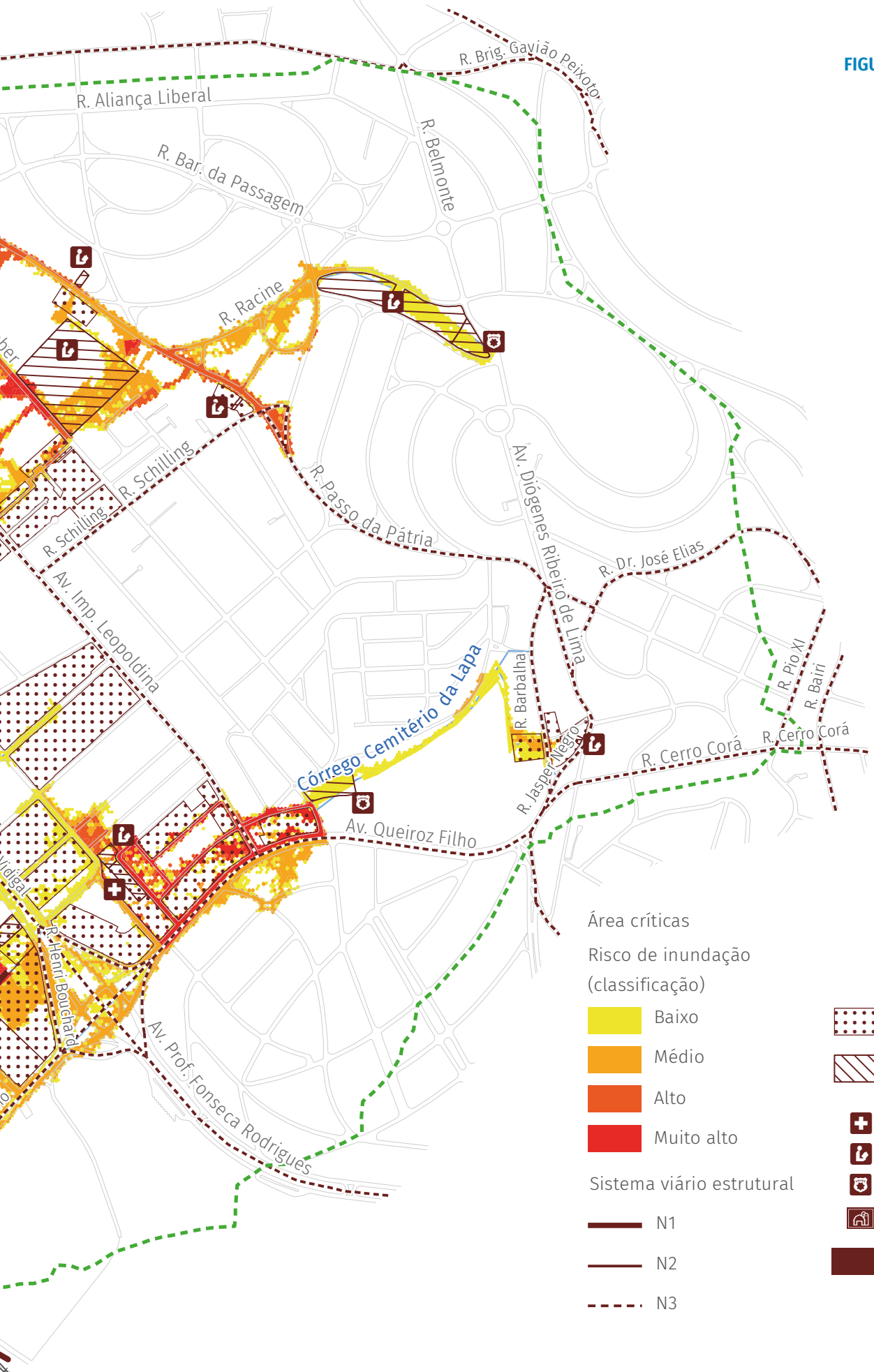

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
R. Guaipá
R. Guaipá
Av. Mofarrej
Av. Imp. Leopoldina
R. Carlos Wes
R. Dr. Seidel
R. Froben
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. Dr. Gastão V
ACD
Córrego Vila Leopoldina
Rio Pinheiros
Av. das Nações Unidas
Av. das Nações Unidas
Av. Queiroz Filh
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 4.8 **Mapa de áreas críticas na bacia da Vila Leopoldina**



5

Planos, estudos e projetos existentes para a bacia

5.1 ARCO PINHEIROS

Definido pelo PDE, o Arco Pinheiros está inserido no Setor Orla Ferroviária e Fluvial, um dos três setores que compõem a Macroárea de Estruturação Metropolitana, que, por sua vez, abrange áreas das planícies fluviais dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, com articulação com o Centro e prolongamento junto às avenidas Jacu-Pêssego, Cupecê e Raimundo Pereira de Magalhães e às rodovias Anhanguera e Fernão Dias.

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, 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.

Está também previsto no PDE a elaboração dos Projetos de Intervenção Urbana (PIUs) pelo poder público, apresentado para esses perímetros propostas urbanísticas, sociais, ambientais, econômico-financeiras e de gestão democrática.

O Arco Pinheiros tem localização estratégica, estando situado na confluência dos dois grandes rios da cidade, além de conter eixos estruturantes como a ferrovia, as avenidas marginais e os eixos do sistema rodoviário Anhanguera/Bandeirantes, Presidente Castelo Branco e Raposo Tavares. Ademais, esse Arco compreende grandes âncoras urbanas, como a Cidade Universitária e a Ceagesp (**FIGURA 5.1**). Grande parte da área da bacia hidrográfica da Vila Leopoldina está inserida no perímetro do Arco Pinheiros[17].

5.2 PIU ARCO PINHEIROS

O Projeto de Intervenção Urbana Arco Pinheiros objetiva definir estratégias de desenvolvimento urbano para um território de grande relevância para a reestruturação urbana no município, em função da presença de importantes infraestruturas metropolitanas e de mudanças de padrões de uso e ocupação do solo em curso na região.

Esse projeto possui quatro propostas estratégicas (territórios de intervenção), a saber: Ceagesp; núcleo do parque tecnológico do Jaguaré; frente do Rio Pinheiros; e frente ferroviária e centro de detenção provisória. O intuito do território de integração é superar o isolamento entre as áreas, permitindo maior diversidade de usos e otimização do espaço urbano, incentivando a densificação habitacional e a integração com o transporte público.

É proposta também uma redistribuição das áreas de adensamento populacional e construtivo, em função da disponibilidade de áreas e da previsão de ampliação da infraestrutura de mobilidade, considerando novos corredores de ônibus, ciclopassarelas que conectam as estações da CPTM e a abertura de novas vias, ações fundamentais para aumentar a conectividade e reduzir as distâncias para o pedestre[18] (**FIGURA 5.2**).

17. São Paulo (município). Arco Pinheiros. **Portal gestãourbanaSP**, 2022. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/estruturacao-territorial/arcos/arco-pinheiros. Acesso em: 2 mar. 2022.
18. São Paulo (município). Nota técnica Arco Pinheiros. **Portal gestãourbanaSP**, 2022. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/piu-arco-pinheiros. Acesso em: 2 mar. 2022.

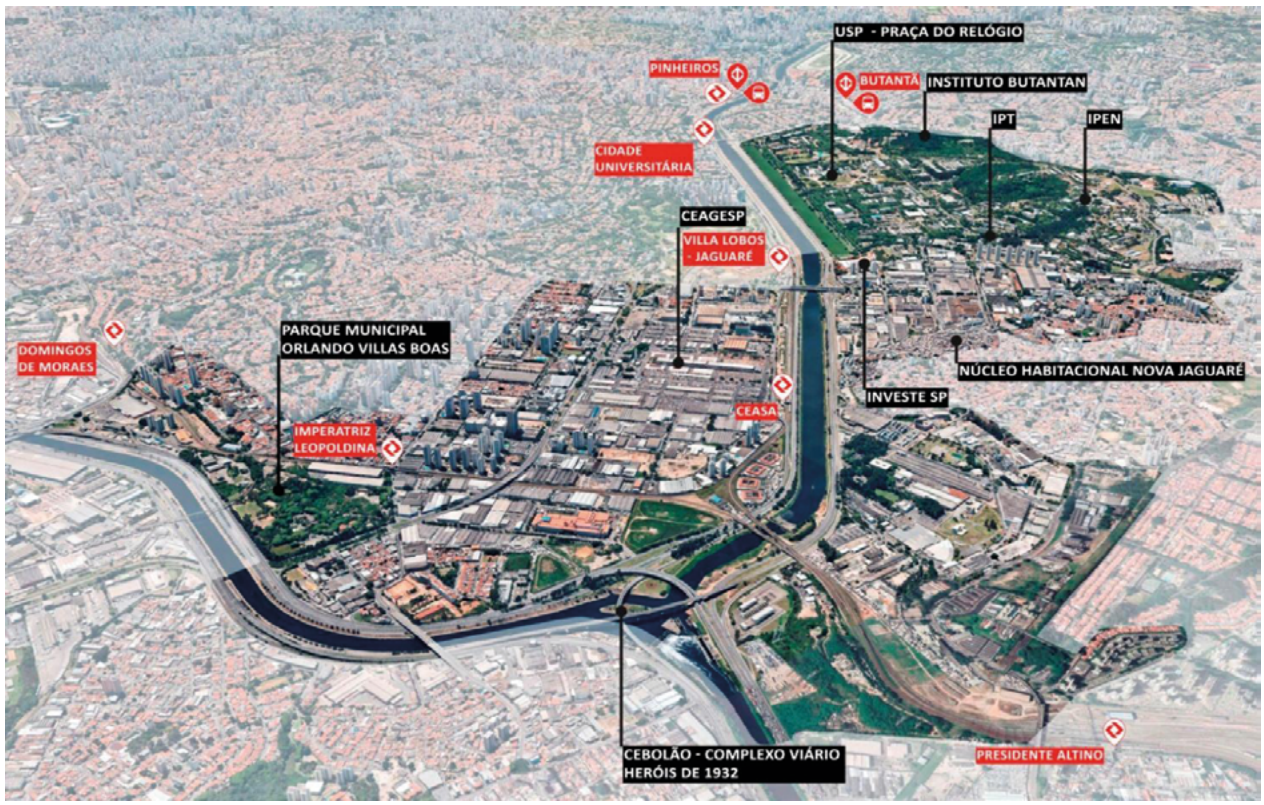


FIGURA 5.1 **Localização do Arco Pinheiros e principais referências (fonte: SPUrbanismo)**

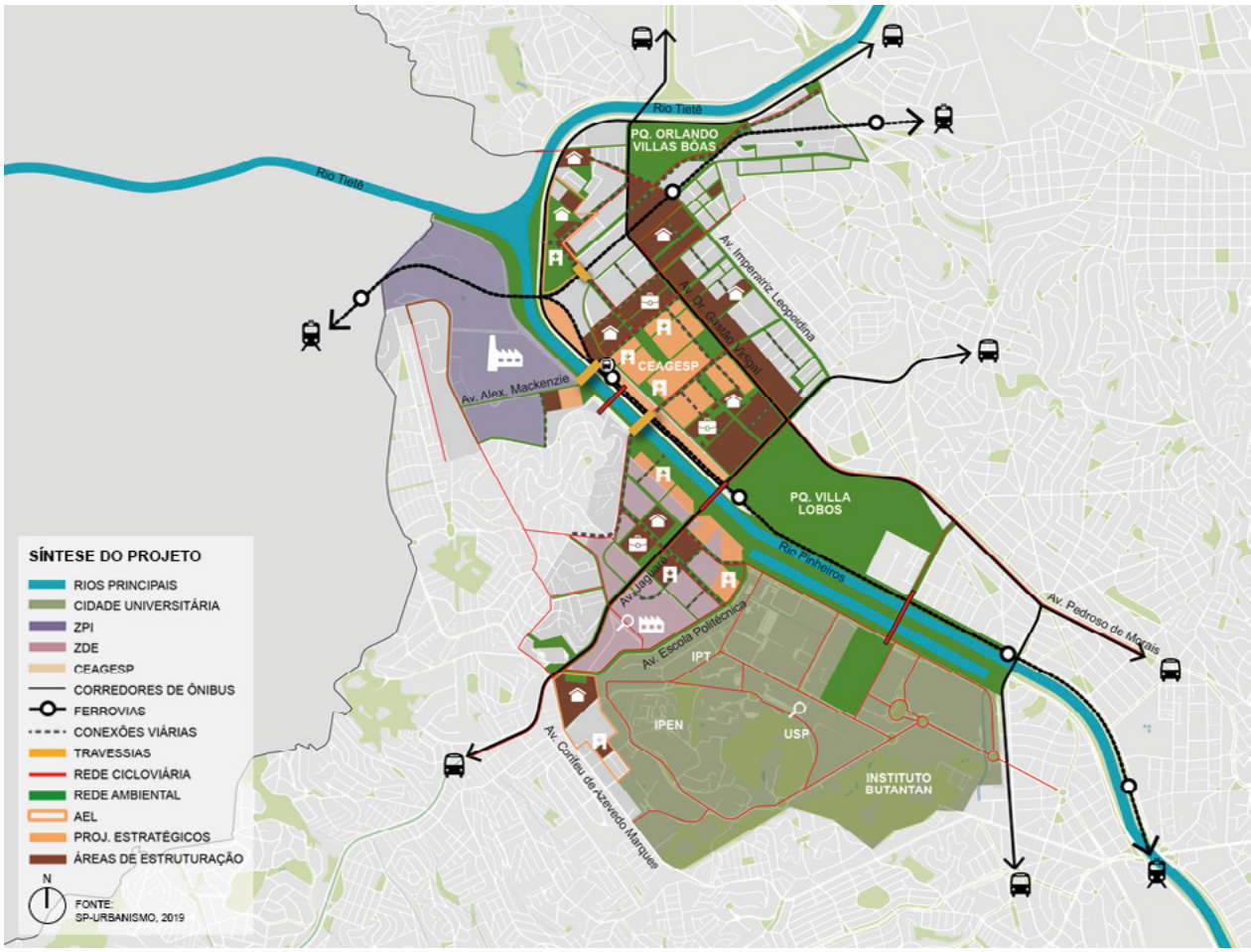


FIGURA 5.2 **Mapa síntese do PIU Arco Pinheiros (fonte: SPUrbanismo)**

5.3 PIU VILA LEOPOLDINA VILLA-LOBOS

O Projeto de Intervenção Urbana Vila Leopoldina Villa-Lobos (PIU VLVL) quer transformar a região do bairro Vila Leopoldina, que tem passado por mudanças significativas nos últimos anos. Tais mudanças se dão em razão do crescimento imobiliário, do aumento de estabelecimentos comerciais e de serviços e de algumas áreas com ocupações irregulares[19]. Do mesmo modo que o PIU Arco Pinheiros, o projeto está de acordo com as diretrizes do Plano Diretor Estratégico e atende ao interesse público.

A proposta traz a abertura de novas ruas, a recuperação de vias públicas já existentes e a construção de conjuntos residenciais para a realocação adequada de populações vulneráveis. O projeto permitirá um adensamento urbano bem planejado, com a criação de novos edifícios comerciais, residenciais e de uso misto, além de contar com áreas verdes (**FIGURA 5.3**).

5.4 PROJETO DE DRENAGEM

A busca de soluções para o controle de cheias nas áreas baixas da várzea entre os rios Pinheiros e Tietê apresenta uma dificuldade maior pois um sistema de drenagem convencional não protege das cheias desses rios, de forma que as propostas desse tipo não se viabilizaram, como o projeto de ampliação das galerias das ruas Mergenthaler, Carlos Weber, Barão da Passagem e Passo da Pátria, conforme traçado apontado no mapa da **FIGURA 5.6**. Cabe mencionar que outro projeto elaborado nessa bacia; o reservatório da Diógenes, estando fora da área atingida pelo extravasamento do rio, foi efetivamente implantado.

19. PIU VILA LEOPOLDINA: Projeto de Intervenção Urbana Vila Leopoldina Villa-Lobos. **Portal do PIU Vila Leopoldina**, 2022. Disponível em: http://piuleopoldina.com.br/o-projeto. Acesso em: 3 mar. 2022.

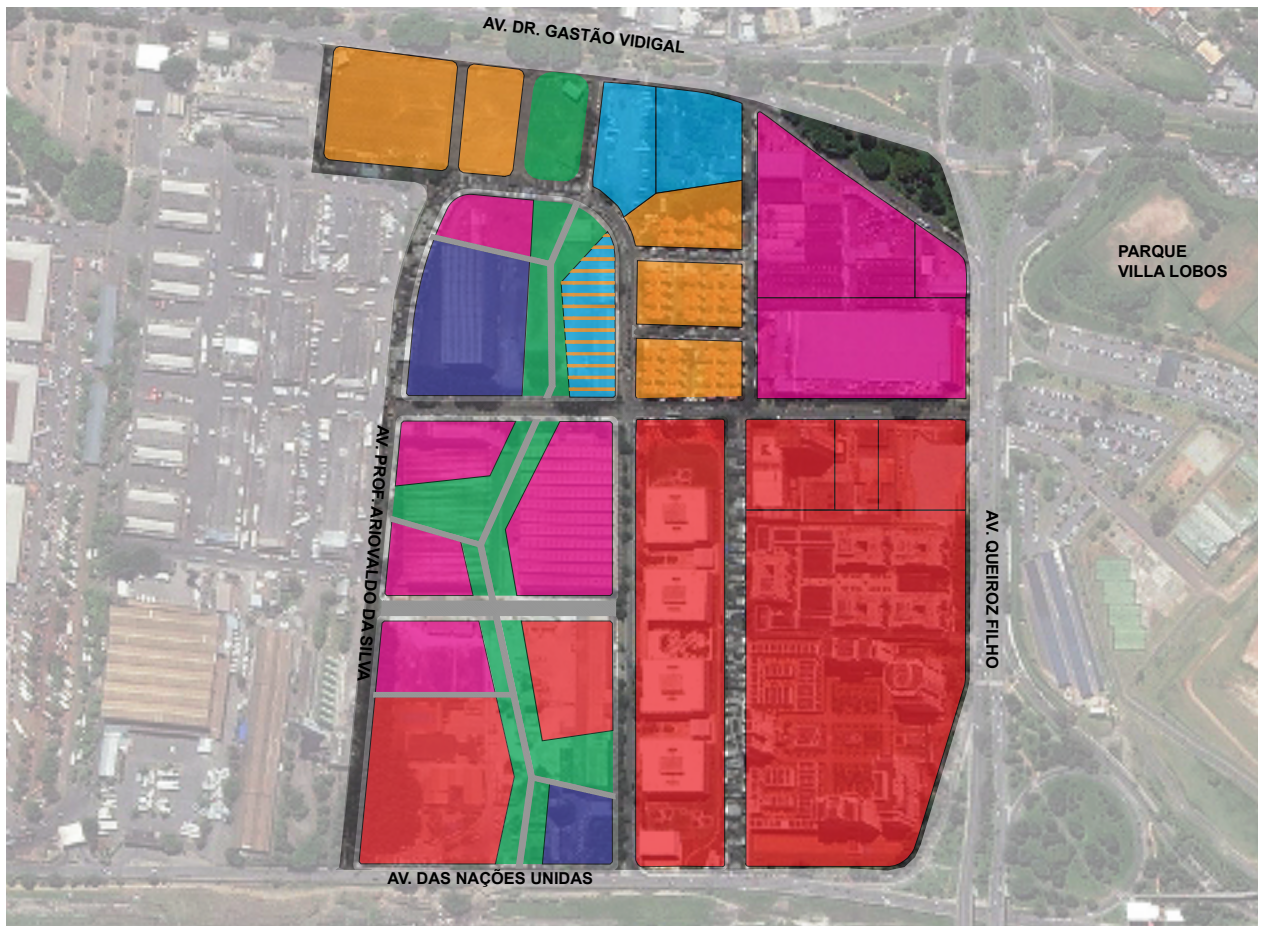


FIGURA 5.3 **Cenário ilustrativo das proposições de ocupação da área (fonte: SPUrbanismo)**

5.5 ABERTURA DE CANAL NA RUA PASSO DA PÁTRIA

Desenvolvida na SPUrbanismo pelo engenheiro Marco Antonio Palermo e pelo arquiteto Rafael Murolo, a proposta consiste na abertura e revitalização de um trecho do córrego Vila Leopoldina junto à Praça Adroaldo Barbosa Lima, entre as ruas Racine e Passo da Pátria. Utilizando uma edificação já presente no local, o projeto prevê ainda a criação de um centro de educação ambiental adjacente ao trecho onde o córrego está aberto, entre a linha de transmissão de energia e a Rua Passo da Pátria. A **FIGURA 5.4** apresenta a planta, o perfil e os cortes dessa proposta.

5.6 ESTUDO DO SISTEMA DE DRENAGEM DA CEAGESP

A FCTH realizou em 2011 um estudo de diagnóstico do sistema de drenagem das águas pluviais da Ceagesp. O estudo visou identificar os principais problemas de drenagem da área e medidas para prevenir as inundações.

A **FIGURA 5.5** mostra a área de estudo e as quatro galerias principais que foram estudadas. O diagnóstico foi realizado por meio de simulações da linha piezométrica em cada uma das galerias para diferentes eventos de chuva e condições de jusante (nível do Rio Pinheiros).

O estudo teve o seguinte diagnóstico: as galerias da Ceagesp não têm capacidade de transportar vazões de chuvas de Tr 10 e 100 anos; as galerias de microdrenagem não apresentam capacidade de escoar as vazões analisadas, o que gera um padrão próprio de escoamento, independentemente da rede principal; por estar em uma planície, a área possui grande potencial para formar áreas alagáveis; e, em inspeção realizada em campo, as sarjetas e bocas-de-lobo encontravam-se obstruídas, mesmo com grades.

Nesse caso, as recomendações são: revisão do cadastro da rede de águas pluviais, em razão das inconsistências nos dados; melhorias nas condições de limpeza das sarjetas e bocas-de-lobo; e adoção de medidas estruturais para o controle das inundações, como, por exemplo, uma nova galeria principal, reservatórios e a instalação de uma válvula unidirecional, reduzindo, assim, a influência do nível do Rio Pinheiros nos alagamentos.

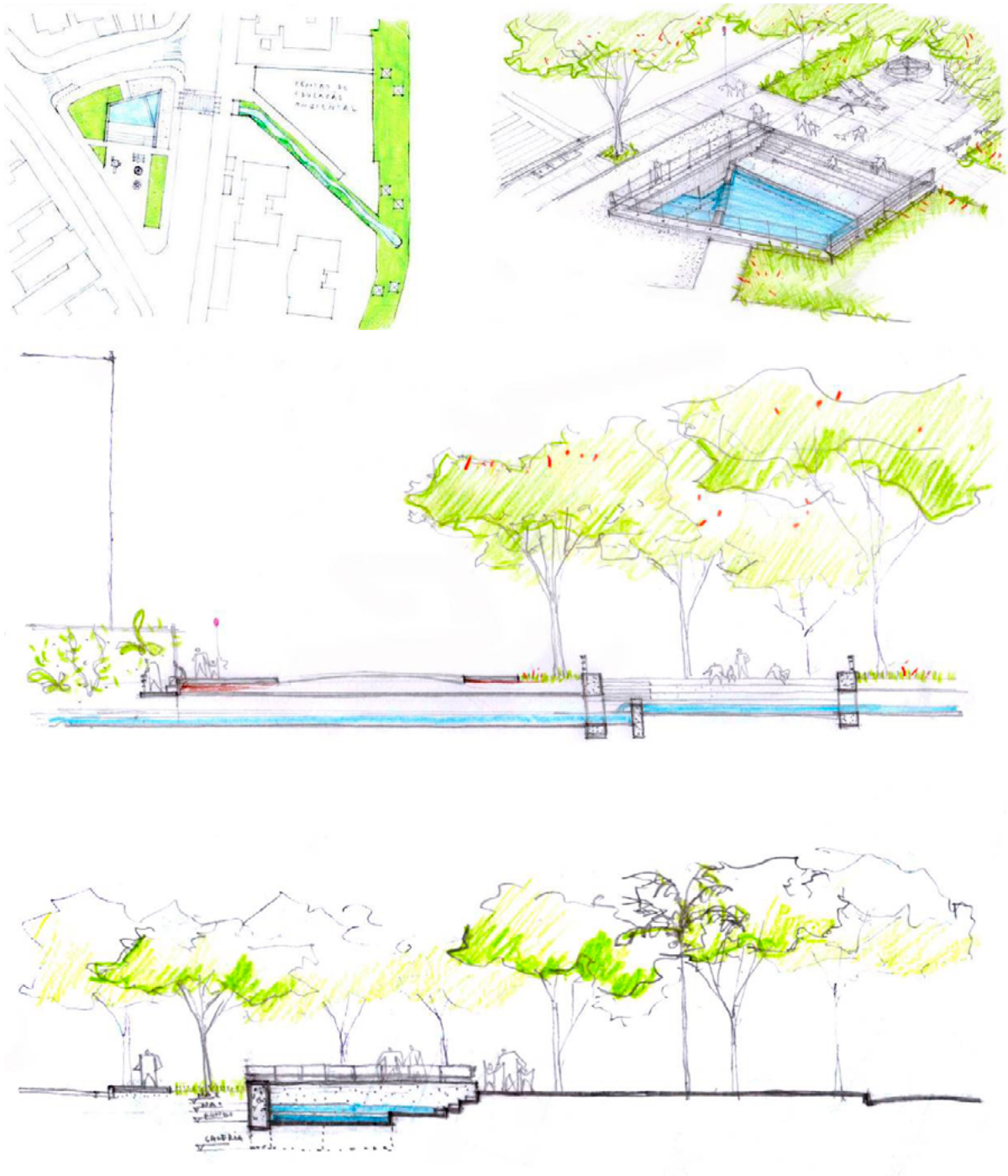


FIGURA 5.4 **Esboços da proposta de abertura de canal no córrego Vila Leopoldina, junto à R. Passo da Pátria (imagens: Marco Antonio Palermo e Rafael Murolo)**

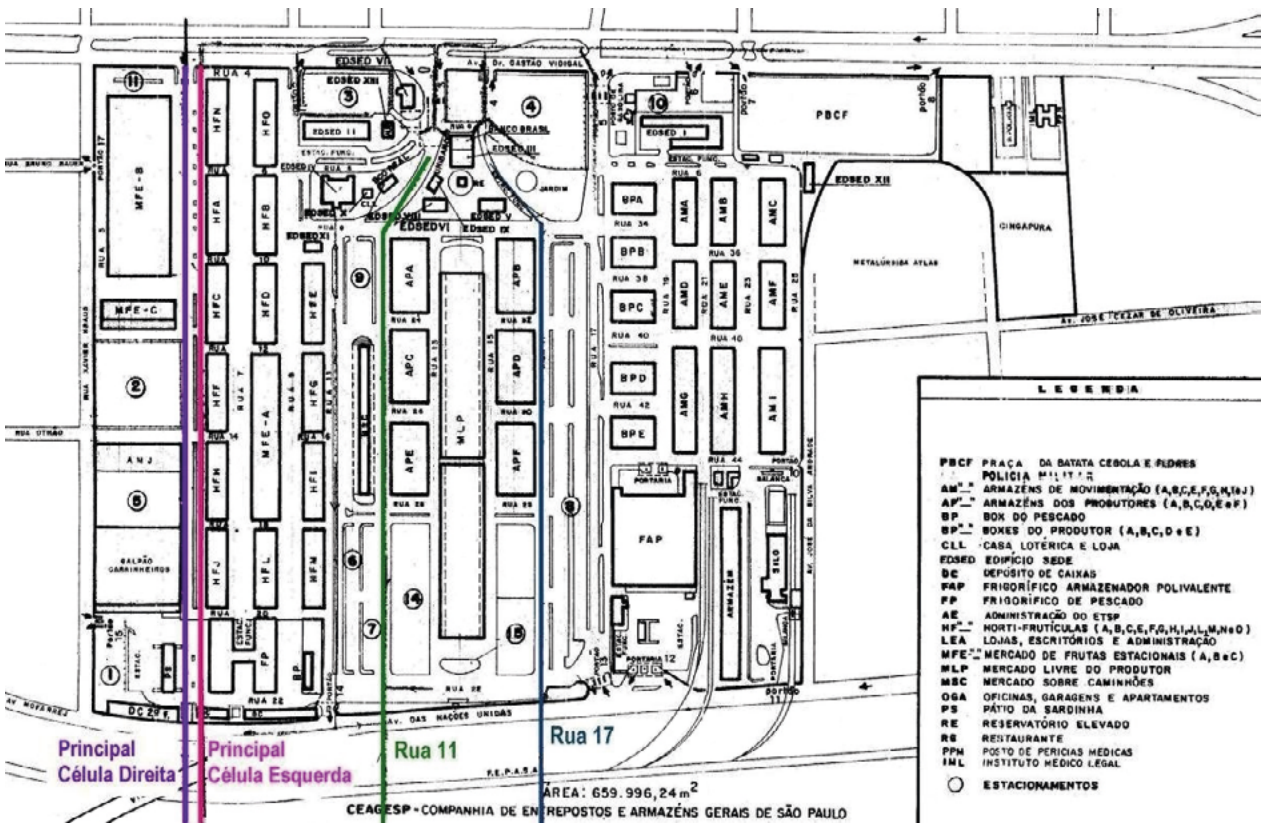
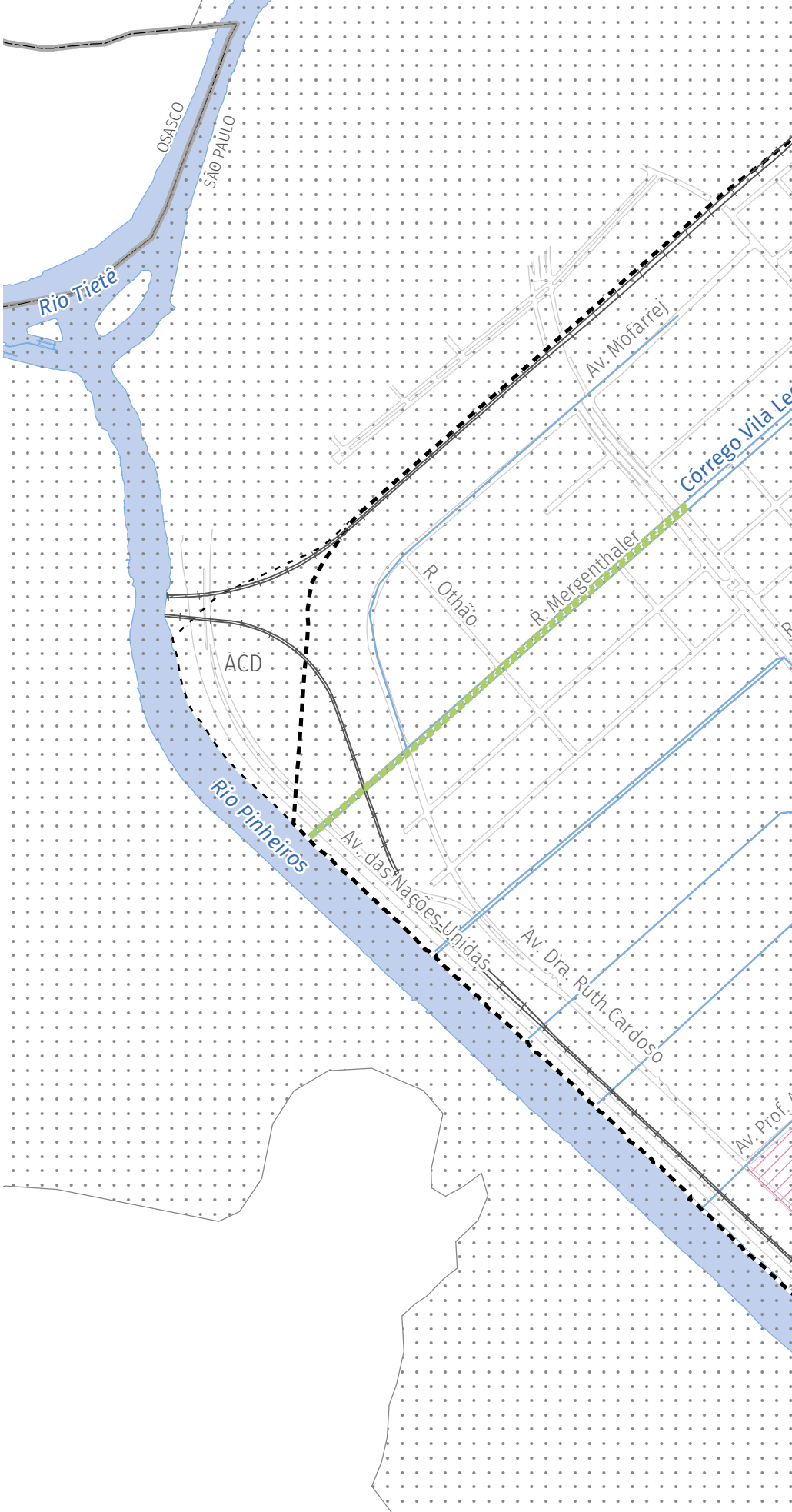


FIGURA 5.5 **Localização das galerias estudadas (Fonte: FCTH, 2011 *apud* Ceagesp, 2011)**



Convenção

- Rede hídrica
- Bacia da Vila Leopoldina
- Quadra viária
- Linha férrea

Projetos e estudos existentes

- Arco Pinheiros
- PIU Vila Leopoldina Villa-Lobos
- Reforço de galeria
- Substituição de galeria
- Abertura de córrego
- Diagnóstico FCTH

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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021), Plano Diretor Estratégico (2014), FCTH (2011) e SPUrbanismo

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

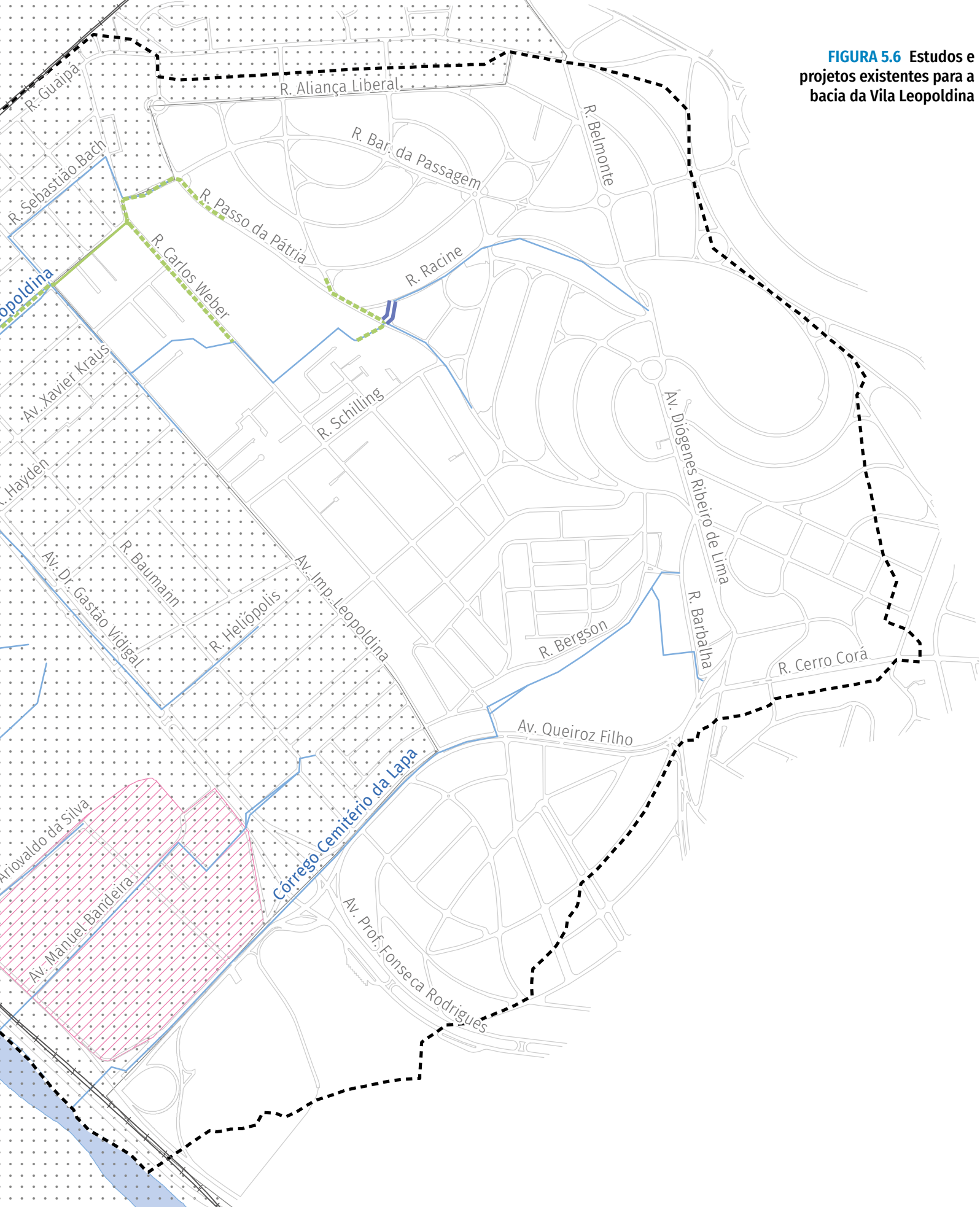


FIGURA 5.6 Estudos e projetos existentes para a bacia da Vila Leopoldina

6

Alternativas propostas

Este capítulo apresenta em duas alternativas um conjunto de medidas para o controle de cheias.

Para conceder à bacia o grau de proteção de 100 anos, foram dimensionadas intervenções para um cenário de ocupação máxima do solo, de acordo com a Lei nº 16.402/2016, ou, caso as taxas de impermeabilização atuais de uma sub-bacia já excedam o limite legal, foi adotado o valor atual, mais crítico. Ressalta-se ainda que foi considerado como condição de controle o nível normal do Rio Pinheiros, que é de 716,8 m.

Devido a aspectos da bacia, como sua extensa planície aluvial e a grande influência do nível alto do Rio Pinheiros, também foi utilizado como parâmetro de verificação das alternativas a proteção para ocasiões de nível alto do Rio Pinheiros concomitantes a uma chuva de Tr 25 anos. Essa opção tomou como premissa a probabilidade extremamente baixa da ocorrência de uma chuva de Tr 100 anos junto a uma situação de nível alto do mesmo rio. O nível adotado para a proteção da bacia (dique) foi de 721,5 m, que prevê uma margem de segurança em relação ao nível observado em 10 de fevereiro de 2020, que foi de 720,2 m.

As alternativas consistem no controle do escoamento superficial por meio de ações estruturais situadas nos córregos da bacia da Vila Leopoldina e em áreas adjacentes. Dentre as principais medidas de controle propostas, destacam-se:

- Reservatórios de armazenamento – estruturas construídas para armazenar o escoamento superficial excedente, liberando as vazões para jusante de forma controlada. Na bacia da Vila Leopoldina, optou-se por alocar os reservatórios preferencialmente em áreas públicas, em praças ou em canteiros centrais;
- Galeria de reforço – trata-se da ampliação da capacidade de escoamento da galeria existente, podendo ser realizada pela substituição da galeria ou pela construção de uma nova galeria (galeria de reforço);
- Conduto forçado – são galerias reforçadas que conduzem a vazão de montante por gravidade diretamente até o Rio Pinheiros, sem receber contribuições dos afluentes a jusante. A cota do início da galeria confere ao escoamento uma carga hidráulica capaz de sobrepujar uma condição de cheia do Rio Pinheiros;
- Parque de várzea – área verde situada em várzea inundável, abaixo do nível máximo de cheia, que inclui áreas brejosas, alagados e lagoas. Além da função natural dessas áreas no ciclo hidrológico, de reter, retardar e armazenar volumes de cheia, esses parques podem ter papel importante na proteção de áreas urbanas baixas;
- Pôlder – estrutura concebida para proteger uma porção baixa do terreno, por meio de captação da água por galerias subterrâneas e bombeamento constante em caso de evento de cheia no Rio Pinheiros. Um pôlder é constituído por: (a) um dique, que evita que o transbordamento das águas do curso principal do rio atinja a área a ser protegida; (b) um sistema de microdrenagem da área protegida; e (c) um reservatório com sistema de esgotamento por bombas.

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

No estudo deste Caderno, foram previstas três 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 em áreas críticas sob o ponto de vista da drenagem urbana (**FIGURA 4.8**); a segunda

etapa foi composta por obras que protejam a bacia para chuvas de Tr 25 anos; e a terceira etapa visa à proteção para chuvas de Tr 100 anos. Desse modo, para eventos hidrológicos extraordinários com Tr maiores que 100 anos, a bacia não estará protegida.

Conforme explicitado anteriormente, a terceira etapa foi verificada para a condição de eventos com nível alto do Rio Pinheiros (721,5 mm) e uma chuva com Tr 25 anos na bacia.

Os itens a seguir apresentam detalhadamente o funcionamento do pôlder, bem como as duas alternativas elaboradas, discriminando as intervenções propostas em cada etapa de implantação.

6.1 FUNCIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DO PÔLDER

O conjunto de estruturas do pôlder está inserido em ambas as alternativas, sendo a principal solução adotada nesse estudo para os alagamentos da zona de planície quando o nível do Rio Pinheiros está alto. Esse sistema reúne a capacidade de escoar as vazões da bacia, além de proteger as áreas baixas do remanso das águas do rio.

Esse conjunto sugerido de medidas estruturais é composto por válvulas *flap*, dique, sistema de microdrenagem e reservatório com bombeamento. Foram ainda apontadas duas opções de reservação, uma com um reservatório convencional subterrâneo e outra que utiliza também reservatórios abertos seminaturalizados, abrangendo usos múltiplos da área e agregando ganhos urbanísticos e paisagísticos. A cota de topo do dique foi definida em função do nível máximo observado no evento do dia 10 de fevereiro de 2020 que foi de 720,2 m, acrescentando uma altura de segurança de 1,8 m em relação a essa cota, sendo estabelecida, assim, a cota de 722 m.

O dique irá proteger as áreas baixas da Vila Leopoldina contra o avanço superficial das águas do Rio Pinheiros. Os pontos de fechamento das extremidades desse dique devem ser analisados na fase de projeto, levando em consideração a cota de segurança de 722 m. Ressalta-se a necessidade de estudo das bacias de montante para verificação de ampliação do dique nessas regiões.

O funcionamento dessa estrutura está esquematizado desde a **FIGURA 6.1** até a **FIGURA 6.6**. O esquema representa a altura real de um dos desemboques e cotas observadas na área da Ceagesp.

A **FIGURA 6.1** mostra um cenário corriqueiro, sem chuva, no qual o nível médio do Rio Pinheiros já invade as galerias. A **FIGURA 6.2** representa um nível alto, de 719,5 m, que atinge a bacia por refluxo pelas galerias

– nota-se que apenas o evento isolado de nível alto do Rio Pinheiros já é capaz de impactar a bacia, mesmo sem um evento local de precipitação. A **FIGURA 6.3** mostra a importância da instalação das válvulas *flap* nos desemboques, protegendo a bacia do remanso do rio principal.

Seguidamente, a **FIGURA 6.4** representa o mesmo nível alto de 719,5 m, porém com precipitação na bacia. Apenas com as válvulas *flap* as águas pluviais não conseguem escoar naturalmente por gravidade, causando alagamentos; por isso, é necessário um sistema de microdrenagem local e um reservatório com bombeamento, a fim de fazer um escoamento forçado dessa água para o Rio Pinheiros. Por fim, a **FIGURA 6.5** mostra que, mesmo com as intervenções citadas, a bacia não está protegida contra níveis de extravasamento do rio, como se deu no evento de 10 de fevereiro de 2020. Por essa razão, se faz necessária a instalação do dique, para contenção superficial das águas (**FIGURA 6.6**).

As obras que constituem o pôlder podem ser implantadas em conjunto ou em etapas, conforme segue:

1. Instalação das válvulas *flap* na saída das galerias: obtêm-se a proteção quanto ao remanso do Rio Pinheiros pelas galerias;
2. Implantação dos reservatórios e dos sistemas de bombas: protege a bacia em eventos conjuntos de cheia local com elevação do nível do Rio Pinheiros até a cota de transbordamento de 719,7 m;
3. Construção do dique na margem do rio: oferece segurança quanto ao risco de inundação para eventos conjuntos de cheia local com elevação do nível do Rio Pinheiros até a cota de 722,0 m. Essa solução evita seu transbordamento em eventos como o de 10 de fevereiro de 2020 e a inundação da via Marginal e da ferrovia.

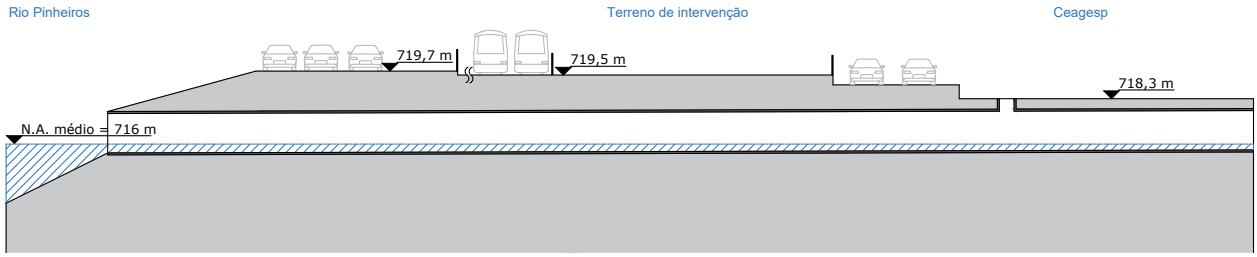


FIGURA 6.1 Esquema representativo com nível médio do Rio Pinheiros ocupando parcialmente a seção das galerias da bacia

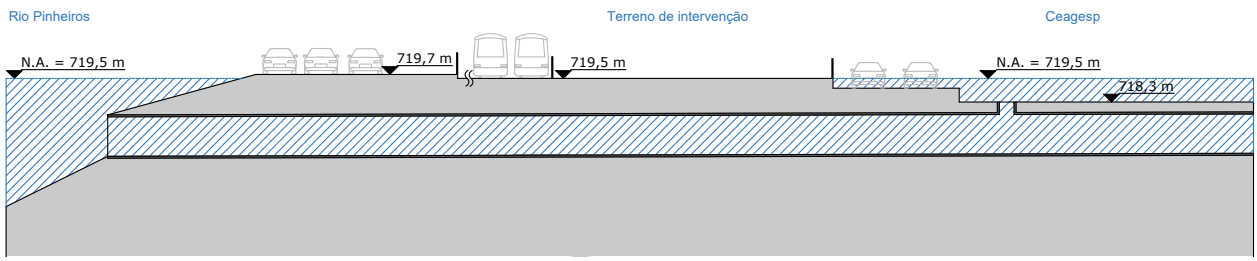


FIGURA 6.2 Esquema representativo com nível alto do Rio Pinheiros, que remansa para dentro da bacia e reflui para a superfície pelas galerias

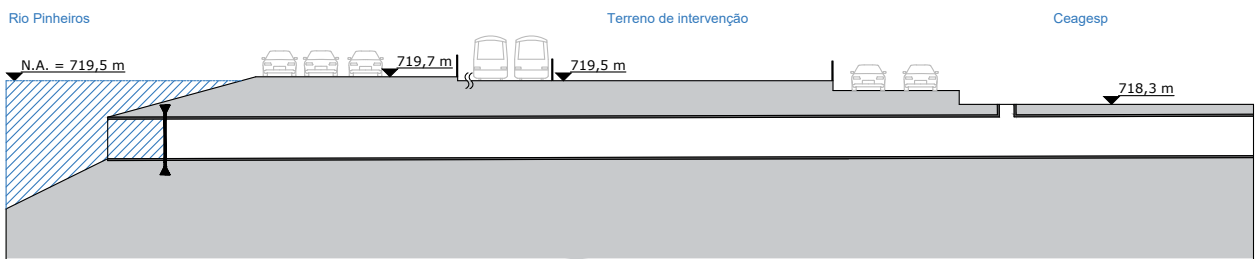


FIGURA 6.3 Esquema representativo com nível alto do Rio Pinheiros e instalação de válvulas *flap*, que permitem a proteção da bacia contra o efeito de remanso do rio

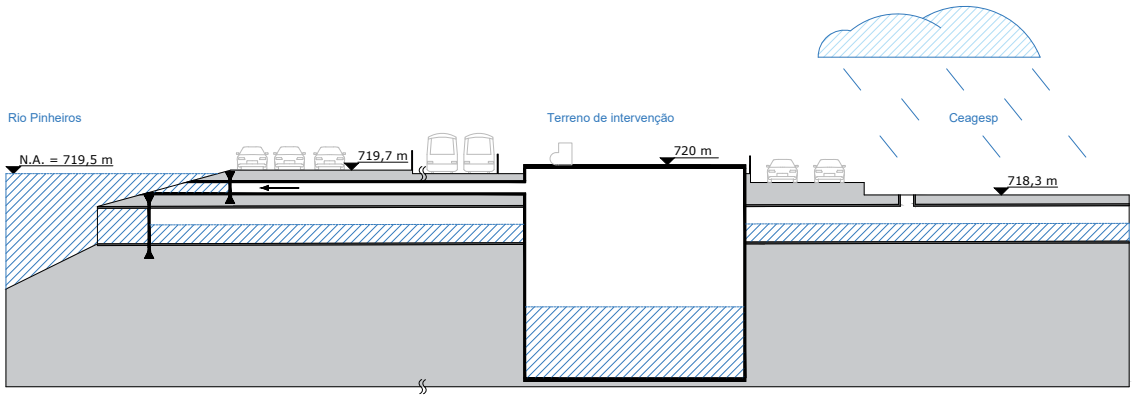


FIGURA 6.4 Esquema representativo com nível alto do Rio Pinheiros e instalação do reservatório e do sistema de bombeamento, a fim de fazer o escoamento forçado da água na área de interesse

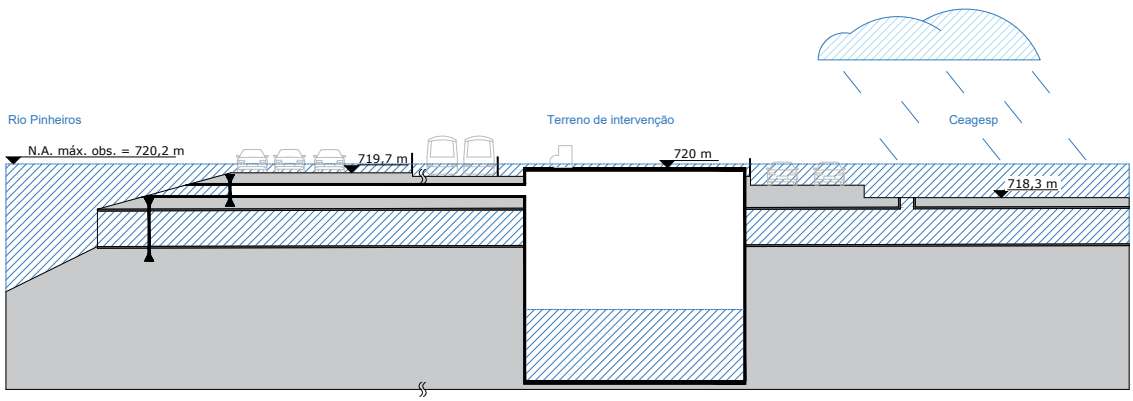


FIGURA 6.5 Esquema representativo com nível de 720,2 m do Rio Pinheiros (nível observado em 10 de fevereiro de 2020), em que a água invade a bacia pela superfície

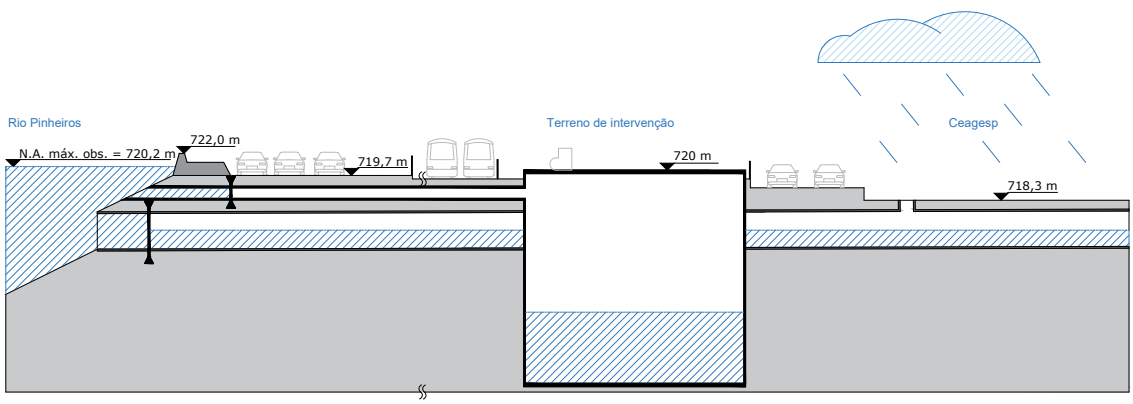


FIGURA 6.6 Esquema representativo com nível de 720,2 m do Rio Pinheiros e instalação do dique, protegendo a bacia contra eventos de chuva local concomitantes à ocorrência de nível alto no rio

6.2 ALTERNATIVA 1

A Alternativa 1 foi concebida priorizando a implantação de reservatórios de armazenamento localizados em praças e áreas públicas, minimizando interferências no tráfego de veículos e custos associados à desapropriação de lotes. Devido à ocupação consolidada na bacia estudada, a solução proposta priorizou a distribuição do volume total reservado em múltiplos reservatórios de dimensões menores.

Essa alternativa contempla a implantação de dez reservatórios de armazenamento e duas expansões de capacidade (179 mil m³); substituição de galerias existentes (6.335 m); dois polderes (36 mil m³), com capacidade instalada de bombeamento de 15 m³/s em cada um; e galeria de reforço (605 m). Todos os reservatórios propostos são *off line*, com esgotamento por bombas. Apenas três reservatórios se encontram em propriedades privadas: um deles requer desapropriação total da área, e os outros dois, desapropriação parcial.

Com o objetivo de reinserção do córrego no ambiente urbano, ambas as alternativas apresentam também uma proposta de abertura de um pequeno trecho do córrego Vila Leopoldina (100 m), junto ao reservatório Racine, introduzindo a convivência e o contato com a água no ambiente urbano.

A **TABELA 6.1** indica as obras previstas na Alternativa 1 em cada etapa de implantação, incluindo sua localização, o tipo de medida de controle e suas dimensões.

A **FIGURA 6.7** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 1, indicando as três etapas de implantação das ações.

A **FIGURA 6.8** apresenta o diagrama unifilar de vazões escoadas para uma chuva de Tr 100 anos e, também, a capacidade de escoamento do sistema de drenagem da bacia da Vila Leopoldina 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 (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Planície aluvial	Pôlder PVL-01	Faixa da CPTM, próximo à Ceagesp (capacidade de bombeamento instalada: 15 m³/s)	-	-	1.000	20.000
		Pôlder PVL-02	R. Mergenthaler (capacidade de bombeamento instalada: 15 m³/s)	-	-	5.000	16.000
		Válvulas *flap*	Desemboque das galerias no Rio Pinheiros – 10 válvulas *flap*	-	-	-	-
		Dique	Via Marginal Pinheiros	3.000	-	24.000	-
	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-01	R. Racine	-	-	1.680	30.000
		Abertura de córrego	Abertura e revitalização de córrego	100	1,8	3.500	-
		Reservatório RVL-02	R. Sebastião Bach	-	-	500	12.000
		Substituição de galeria	R. Barão da Passagem até o início da R. Sebastião Bach	245	4,0	-	-
		Substituição de galeria	R. Sebastião Bach e Av. Imperatriz Leopoldina	740	8,0	-	-
		Substituição de galeria	Av. Mofarrej	1.150	3,8	-	-
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler – 205 m (5,6 m²) da galeria direita e 1.460 m (7,0 m²) da galeria esquerda	1.665	≈ 6,8	-	-
	Córrego Cemitério da Lapa	Reservatório RVL-03A	Pç. Apecatu	-	-	1.500	24.000
		Substituição de galeria	Av. Queiroz Filho	540	4,7	-	-
	Sub-bacia Ceagesp	Substituição de galeria	Ceagesp – 680 m (4,0 m²) da galeria direita e 680 m (4,8 m²) da galeria esquerda	680	≈ 4,4	-	-

TABELA 6.1 Medidas de controle da Alternativa 1

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Dimensões			
				Extensão (m)	Área da seção (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
2ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-04	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Hassib Mofarrej	-	-	1.320	26.000
		Reservatório RVL-05	Pç. Adroaldo Barbosa Lima	-	-	420	8.000
		Reservatório RVL-06	R. Carlos Weber (Sesi Vila Leopoldina)	-	-	700	14.000
		Reservatório RVL-10	Av. Mofarrej	-	-	500	9.000
		Substituição de galeria	R. Passo da Pátria	315	3,2	-	-
	Córrego Cemitério da Lapa	Reservatório RVL-03B (expansão)	Pç. Apecatu	-	-	1.500	26.000
		Reservatório RVL-07	Cemitério da Lapa	-	-	1.000	9.000
		Substituição de galeria	Cemitério da Lapa	310	1,7	-	-
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Reservatório RVL-08	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Heliópolis	-	-	530	11.000
3ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Galeria de reforço	R. Ziembinski	205	1,8	-	-
		Substituição de galeria	R. Racine	375	2,0	-	-
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	Av. Prof. Ariovaldo da Silva	175	1,4	-	-
	Sub-bacia Dr. Gastão Vidigal	Reservatório RVL-09	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Fröben	-	-	530	10.000
		Galeria de reforço	Av. Dr. Gastão Vidigal, conexão entre os reservatórios RVL-04B e RVL-09	400	1,2	-	-
		Substituição de galeria	R. Heliópolis	140	2,2	-	-


OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
R. Guaipá
Av. Mofarrej
R. Mergenthaler
R. Carlos Wes
Av. Dr. Gastão Vidigal
ACD
RVL-02
12 mil m³
RVL-10
9 mil m³
RVL-04
26 mil m³
RVL-09
10 mil m³
RVL-08
11 mil m³
PVL-02
16 mil m³
PVL-01
20 mil m³
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 6.7 **Medidas de controle de cheias da Alternativa 1**

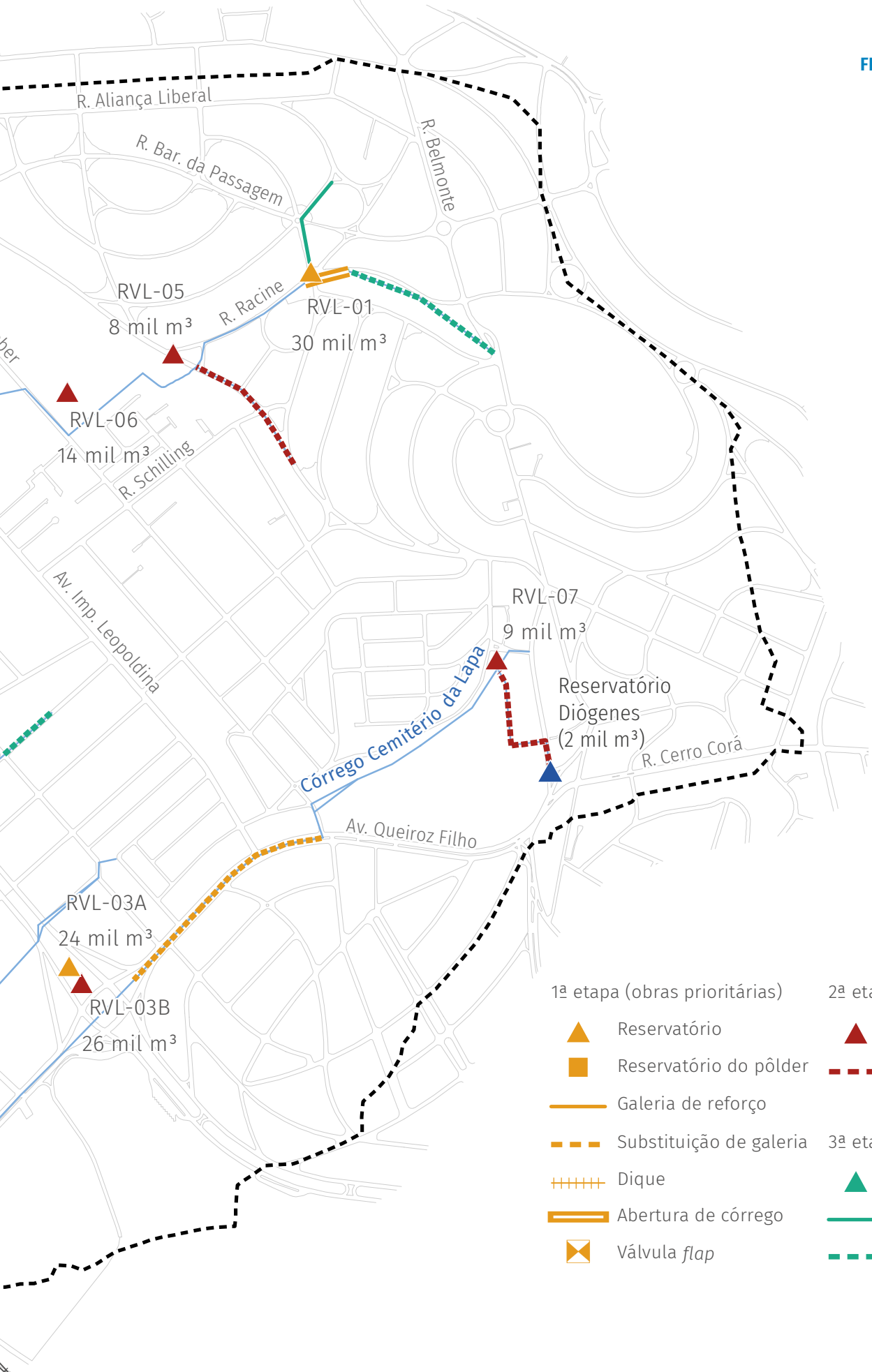
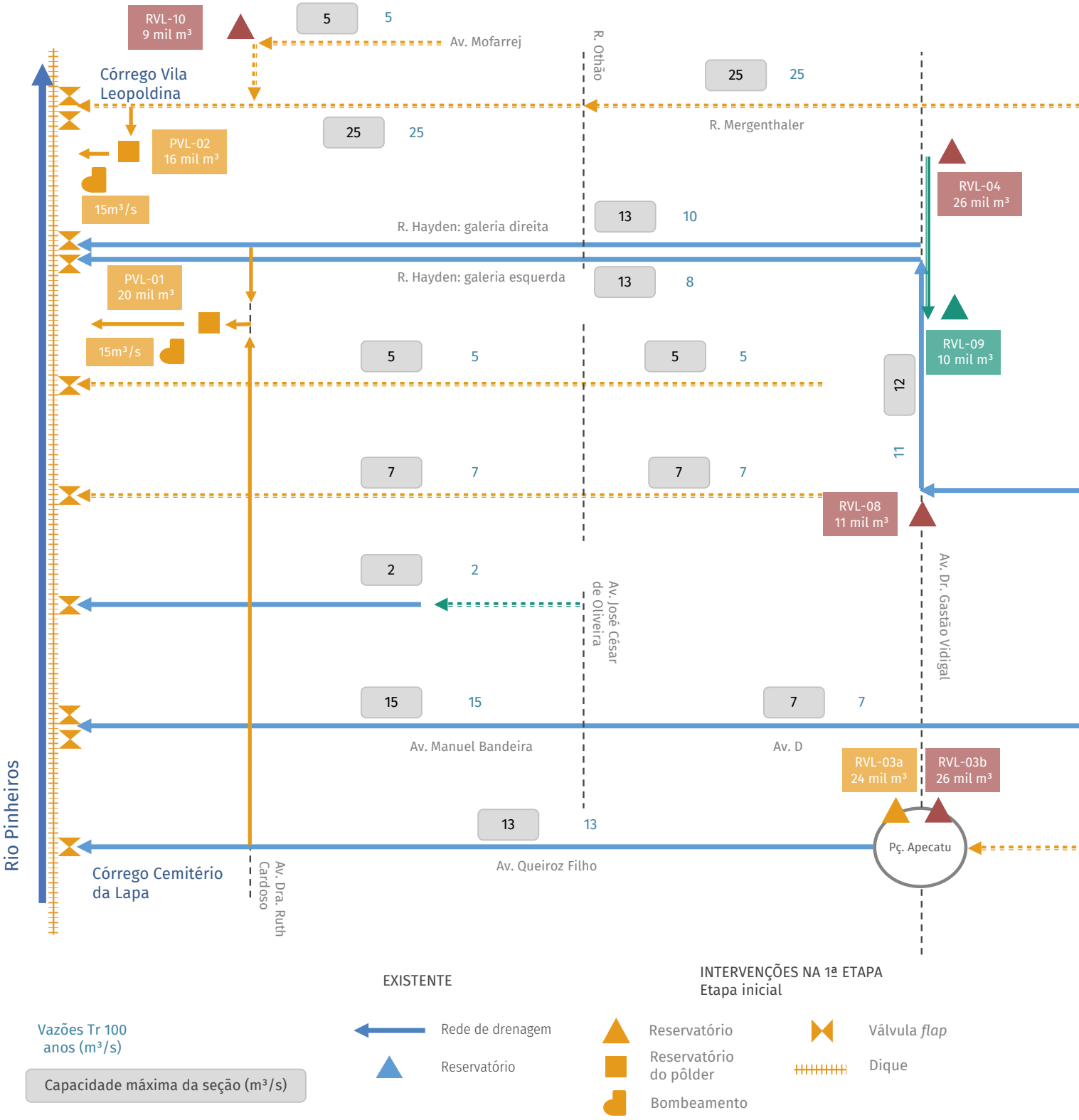
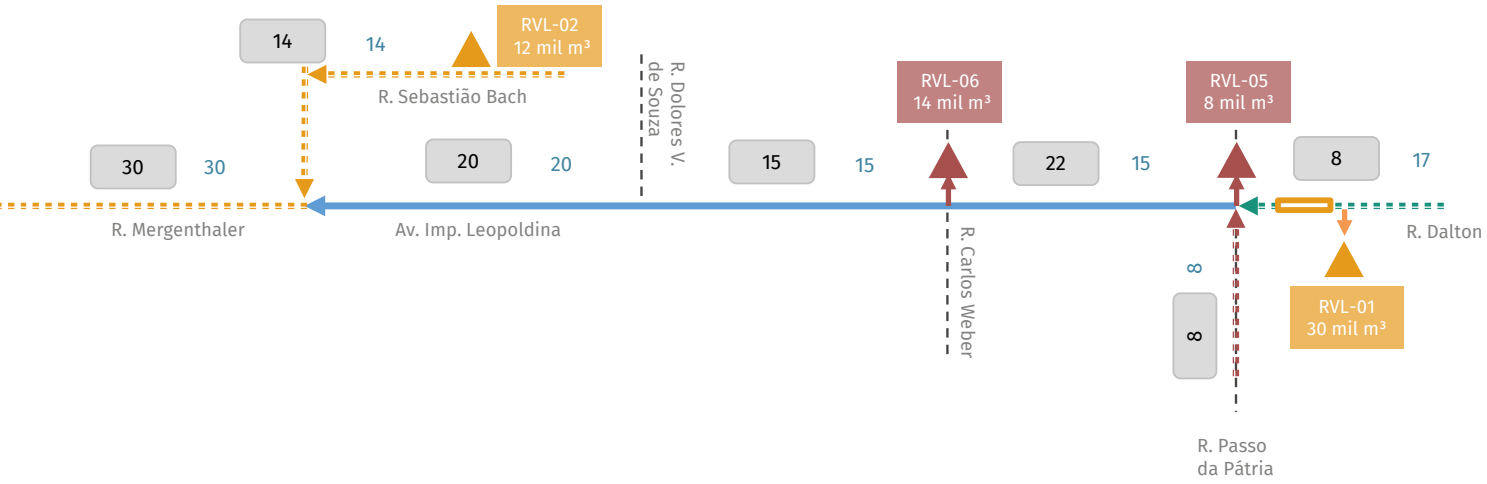
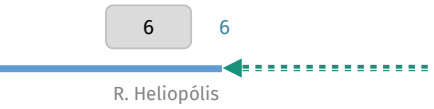
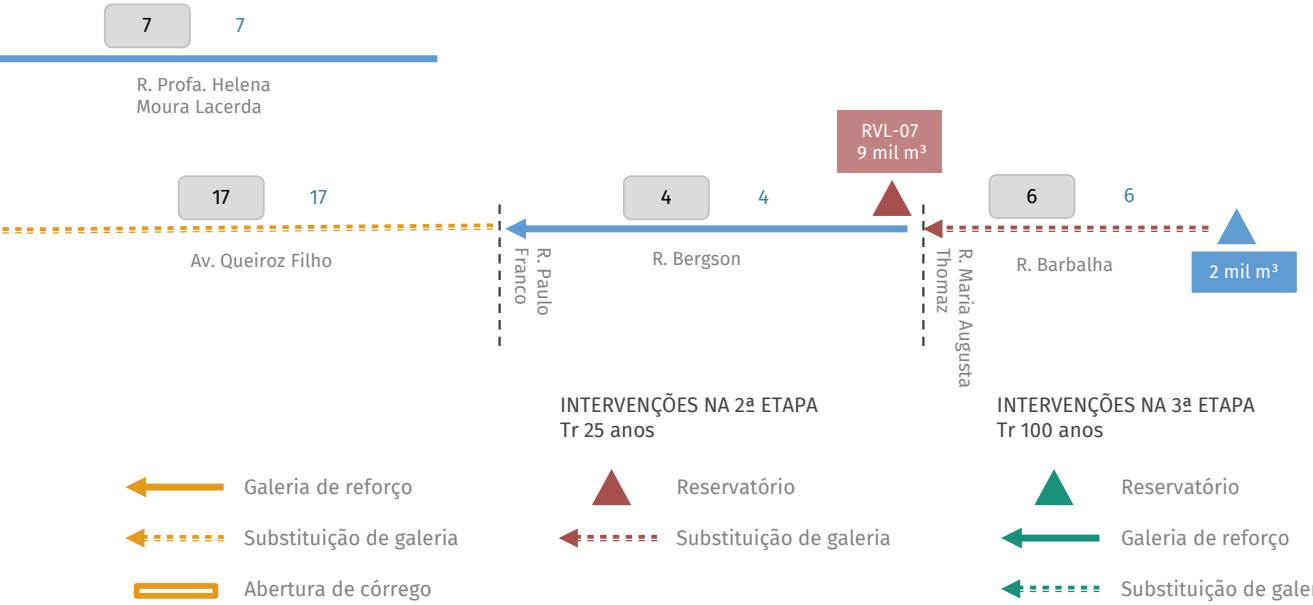


FIGURA 6.8 **Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 1 com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas**









INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 25 anos

- Reservatório
- Substituição de galeria

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 100 anos

- Reservatório
- Galeria de reforço
- Substituição de galeria

- Galeria de reforço
- Substituição de galeria
- Abertura de córrego

6.3 ALTERNATIVA 2

A Alternativa 2 deu prioridade à implantação de canalizações por conduto forçado, diminuindo o déficit da rede existente a jusante dos pontos de contribuição. Por funcionarem com níveis máximos acima da cota do terreno nas regiões mais baixas, essas galerias devem ter os tampões dos poços de visitas fixados, para evitar o refluxo das águas, e as bocas-de-lobo não devem ser instaladas nesses trechos sob pressão, ficando a drenagem superficial a cargo de galerias auxiliares. O volume excedente foi direcionado para alguns reservatórios espalhados pela bacia em locais estratégicos.

A Alternativa 2 contempla a implantação de seis reservatórios de armazenamento e uma expansão de capacidade (94 mil m³); substituição de galerias (5.760 m); duas galerias em carga hidráulica (3.220 m); galeria de reforço (605 m); parque de várzea com lagoas de retenção (18 mil m³); e dois polderes (33 mil m³) com capacidade instalada de bombeamento de 9 m³/s em cada um. Todos os reservatórios propostos são *off line*, com esgotamento por bombas. Apenas um reservatório se encontra em propriedade privada, demandando uma desapropriação parcial.

Essa alternativa também conta com um trecho de renaturalização do córrego Vila Leopoldina, junto ao reservatório Racine, como descrito no item 6.2.

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.

A **FIGURA 6.9** mostra a localização das obras previstas na Alternativa 2, indicando as três etapas de implantação de ações.

A **FIGURA 6.10** indica 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 (m²)	Área em planta (m²)	Volume (m³)
1ª Etapa	Planície aluvial	Pôlder PVL-01	Faixa da CPTM, próximo à Ceagesp (capacidade de bombeamento instalada: 9 m³/s)	-	-	1.000	17.000
		Pôlder PVL-02	R. Mergenthaler (capacidade de bombeamento instalada: 9 m³/s)	-	-	5.000	16.000
		Válvulas *flap*	Desemboque das galerias no Rio Pinheiros – 10 válvulas *flap*	-	-	-	-
		Lagoa e parque de várzea	Reservatório aberto e parque de várzea na faixa da CPTM	-	-	54.000	18.000
		Dique	Via Marginal Pinheiros	3.000	-	24.000	-
	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-01	R. Racine	-	-	1.680	30.000
		Abertura de córrego	Abertura e revitalização de córrego	100	1,8	3.500	-
		Reservatório RVL-04A	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Hassib Mofarrej	-	-	615	12.000
		Substituição de galeria	R. Barão da Passagem	130	4,0	-	-
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler, entre a R. Carlos Weber e a Av. Imperatriz Leopoldina	310	6,3	-	-
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler – 200 m (5,6 m²) da galeria direita e 390 m (6,0 m²) da galeria esquerda, entre a Av. Dr. Gastão Vidigal e a R. Othão	200	≈ 5,9	-	-
		Substituição de galeria	Av. Mofarrej	1.150	3,8	-	-
		Conduto forçado	Vila Leopoldina – desde a R. Milton Lodetti até o deságue na foz pela R. Xavier Kraus	2.060	8,0	-	-
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	Av. Queiroz Filho	360	5,3	-	-
		Conduto forçado	Av. Queiroz Filho, desde a R. Bacopari até a foz	1.160	8,0	-	-

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	Sub-bacia Ceagesp	Substituição de galeria	Ceagesp – 680 m (4,0 m^2) da galeria direita e 680 m (4,8 m^2) da galeria esquerda	680	≈ 4,4	-	-
2ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-05	Pç. Adroaldo Barbosa Lima	-	-	420	8.000
		Reservatório RVL-04B	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Xavier Kraus	-	-	705	14.000
		Reservatório RVL-10	Av. Mofarrej	-	-	500	9.000
		Substituição de galeria	R. Passo da Pátria	315	3,2	-	-
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	R. Bergson	540	2,5	-	-
		Substituição de galeria	Cemitério da Lapa – trecho de montante	310	1,7	-	-
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Reservatório RVL-08	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Heliópolis	-	-	530	11.000
3ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Galeria de reforço	R. Ziembinski	205	1,8	-	-
		Substituição de galeria	R. Racine	375	2	-	-
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler – galeria esquerda, entre a Av. Imperatriz Leopoldina e a Av. Dr. Gastão Vidigal	390	7,0	-	-
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler – trecho entre a R. Othão e o Rio Pinheiros	685	7	-	-
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	Av. Prof. Ariovaldo da Silva	175	1,4	-	-
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Reservatório RVL-09	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Fröben	-	-	530	10.000
		Galeria de reforço	Av. Dr. Gastão Vidigal, conexão entre os reservatórios RVL-04B e RVL-09	400	1,2	-	-
		Substituição de galeria	R. Heliópolis	140	2,2	-	-



Vista aérea da região do Rio Pinheiros e de suas áreas de várzea (foto: Jean M. M. Suplicy)



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021),
Mapa Hidrográfico do Município (2021) e FCTH (2021)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

FIGURA 6.9 **Medidas de controle de cheias da Alternativa 2**

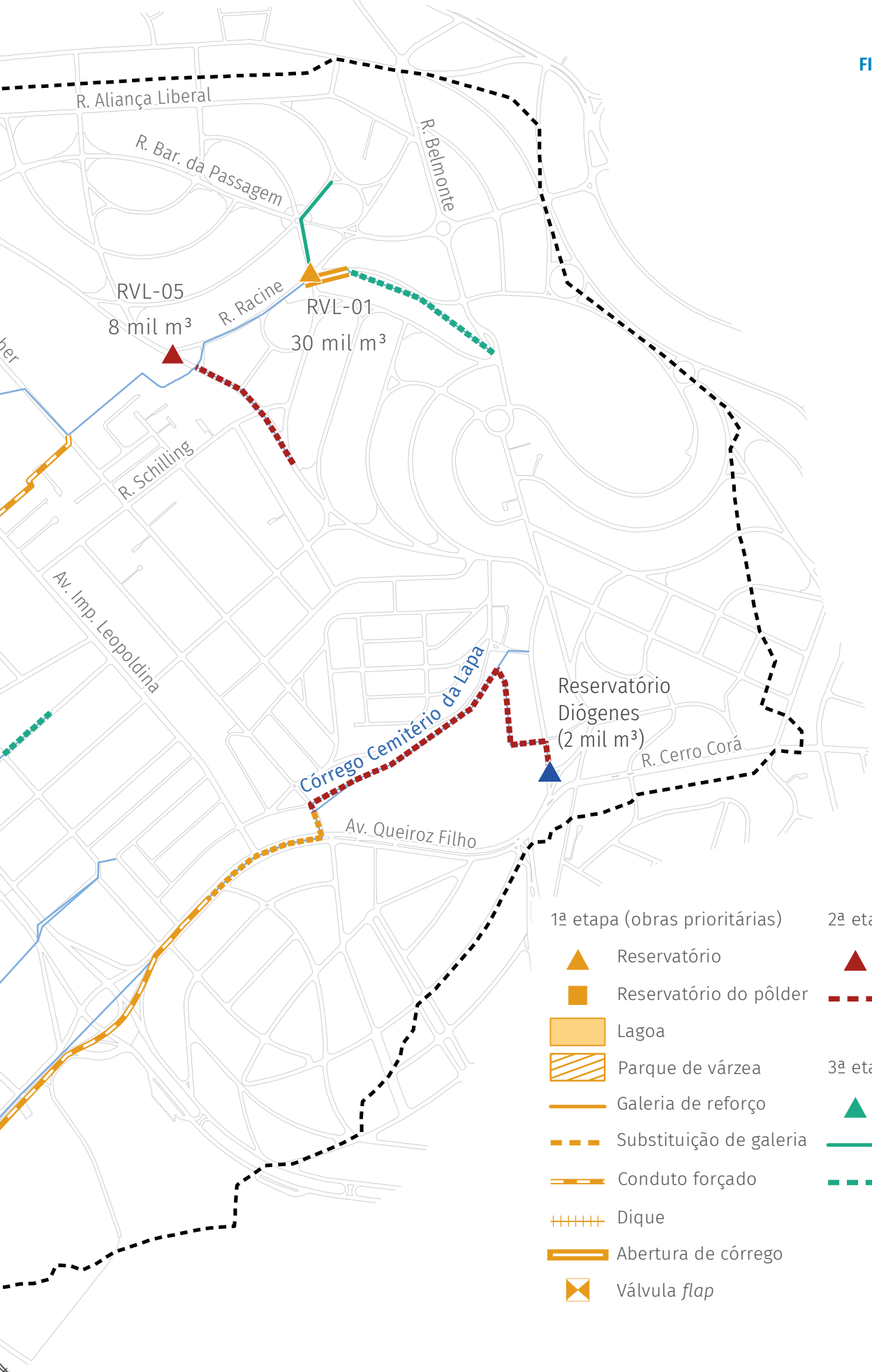
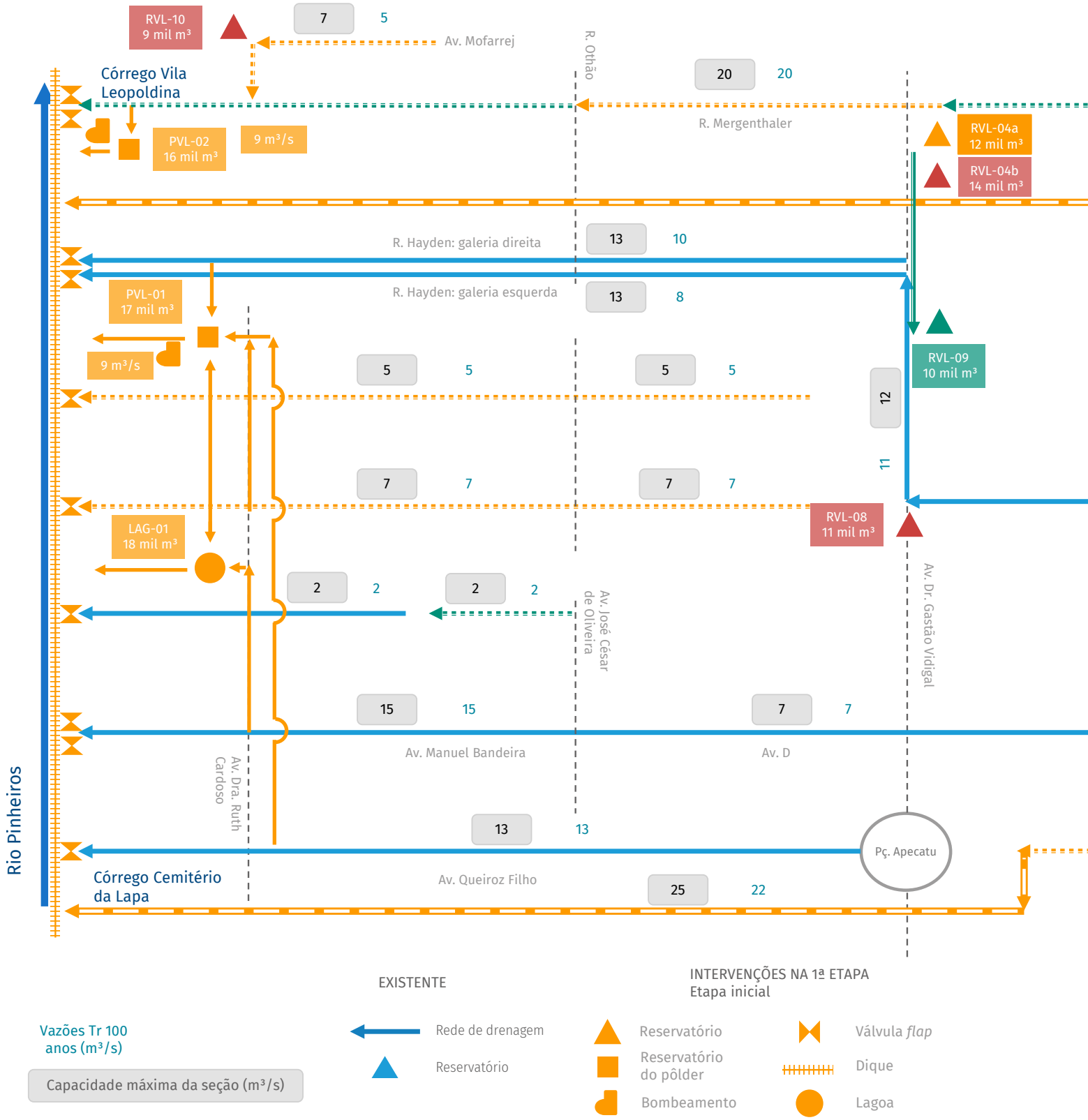
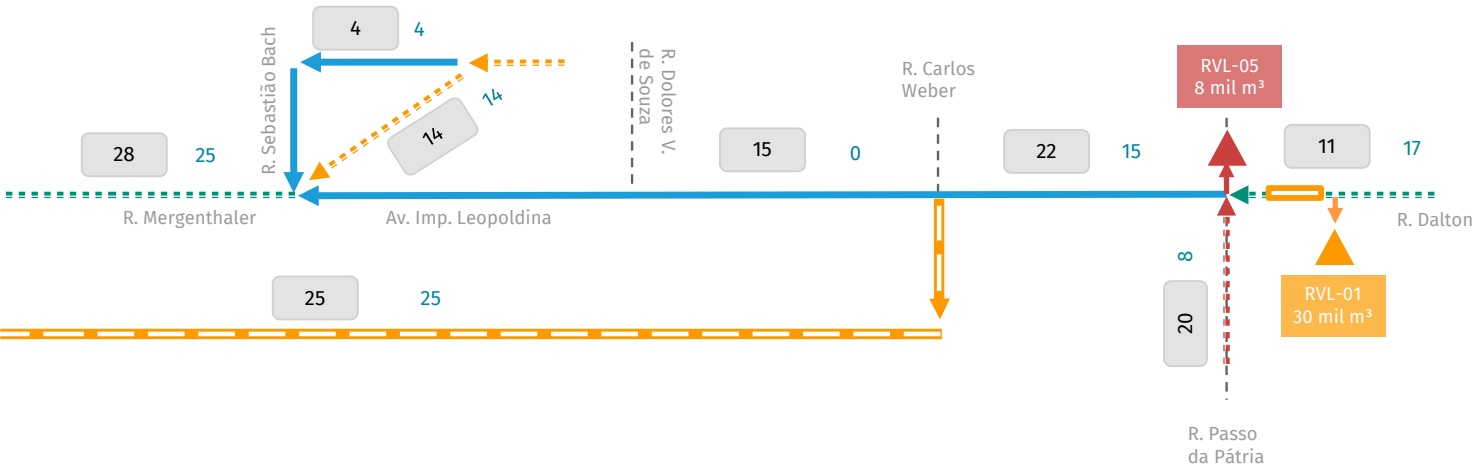
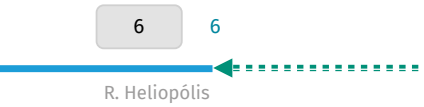
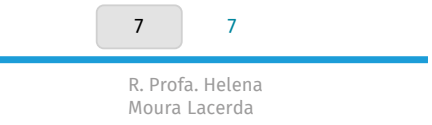


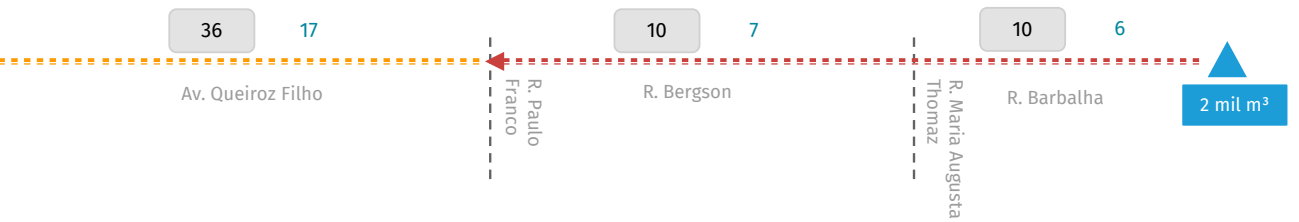
FIGURA 6.10 **Diagrama unifilar de vazões – Alternativa 2 com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas**











Conduto forçado

Galeria de reforço

Substituição de galeria

Abertura de córrego

INTERVENÇÕES NA 2ª ETAPA
Tr 25 anos

Reservatório

Substituição de galeria

INTERVENÇÕES NA 3ª ETAPA
Tr 100 anos

Reservatório

Galeria de reforço

Substituição de galeria

6.4 LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS NA BACIA

Este item indica a localização dos dez reservatórios e dos dois polderes propostos nas alternativas apresentadas.

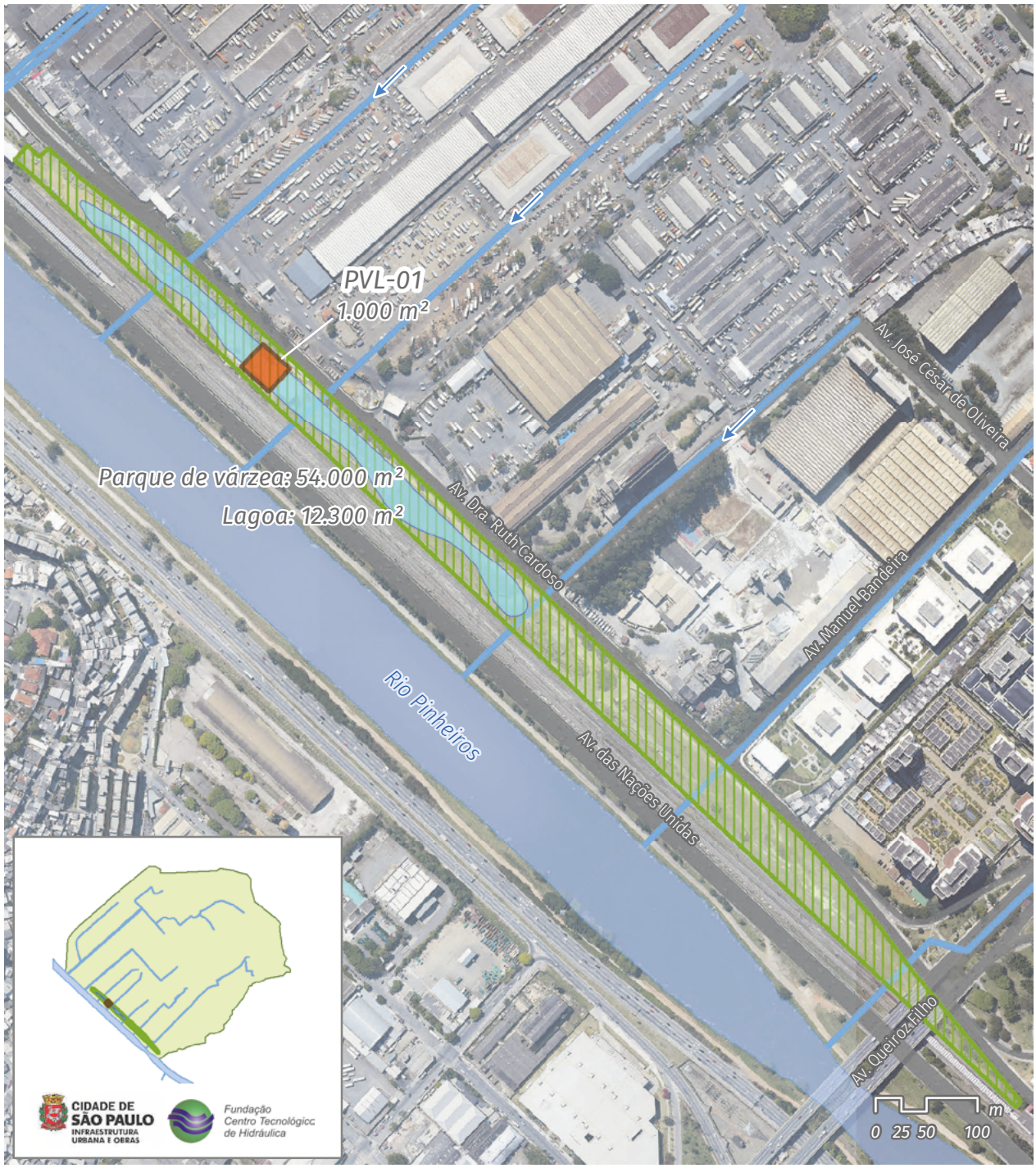


FIGURA 6.11 **Localização do reservatório do pôlder PVL-01 (Alternativas 1 e 2) e do parque de várzea com a lagoa (Alternativa 2)**



FIGURA 6.12 **Localização do reservatório do pôlder PVL-02 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.13 **Localização do dique – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.14 **Localização do reservatório RVL-01 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.15 **Localização do reservatório RVL-02 – Alternativa 1**



FIGURA 6.16 **Localização dos reservatórios RVL-03A e RVL-03B – Alternativa 1**



FIGURA 6.17 **Localização dos reservatórios RVL-04A e RVL-04B – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.18 **Localização dos reservatórios RVL-05 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.19 **Localização do reservatório RVL-06 – Alternativa 1**



FIGURA 6.20 **Localização do reservatório RVL-07 – Alternativa 1**



FIGURA 6.21 **Localização do reservatório RVL-08 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.22 **Localização do reservatório RVL-09 – Alternativas 1 e 2**



FIGURA 6.23 **Localização do reservatório RVL-10 – Alternativas 1 e 2**

6.5 VISTAS E PERSPECTIVAS DO PÔLDER NA REGIÃO DA CEAGESP, DO RESERVATÓRIO E DA REVITALIZAÇÃO DO CÓRREGO NA RUA RACINE

Na sequência, são apresentados esquemas ilustrativos, perspectivas, planta e corte do sistema de pôlder na região baixa da Vila Leopoldina e do reservatório da Rua Racine, juntamente com o trecho de abertura e revitalização do córrego Vila Leopoldina, nas imediações desse reservatório.

As propostas paisagísticas foram elaboradas visando a melhoria do espaço urbano, da paisagem e do meio ambiente, a partir de critérios urbanísticos e paisagísticos que vislumbrem a integração harmônica das infraestruturas de drenagem com o meio ambiente urbano.



Praça localizada na R. Racine, sobre o córrego Vila Leopoldina (foto: Fernando K. Onuki)

PÔLDER VILA LEOPOLDINA

A proposta contempla a construção do pôlder descrito no item 6.1, constituído de um dique e de um reservatório dotado de um sistema de bombeamento, de modo a proteger as áreas baixas da Vila Leopoldina.

A estrutura do dique que corre paralelamente ao Rio Pinheiros foi pensada a partir do conceito de espaços livres multifuncionais. Ela atuará em duas grandes frentes: como parte da estrutura hidráulica do pôlder, impedindo que as cheias do Rio Pinheiros avancem para a região baixa da Vila Leopoldina; e como uma base para a ciclovia, que seria ampliada do trecho hoje existente, que vai até a estação Villa Lobos-Jaguaré, para chegar à estação Ceasa, correspondendo a mais uma importante ligação com o Parque Villa-Lobos. O nível máximo do dique, com 721,5 m, foi associado ao guarda-corpo da ciclovia, de modo a permitir que o ciclista visualize plenamente o Rio Pinheiros.

Junto à ciclovia, foram propostas várias plataformas, com o objetivo de ampliar o uso do local como espaço de permanência e descanso pelos visitantes do parque. Nos deques, foi inserido um mobiliário urbano que permite ao usuário sentar-se, contemplar e vivenciar a paisagem urbana. Um exemplo disso é o deque do café para refeições leves avistando as águas. Trata-se de uma dimensão simbólica de associação das águas fluviais a momentos de lazer.

Já o reservatório que compõe o pôlder pode ser subterrâneo ou aberto. Considerando a possibilidade de implantação de uma estrutura aberta, foi pensado um cenário de implantação que contempla a revitalização de uma área linear localizada entre as estações Villa Lobos-Jaguaré e Ceasa. Essa proposta consiste na implantação de um parque de várzea associado a uma lagoa, o que serviria também como um reservatório associado ao sistema de armazenamento do pôlder.

O diagrama a seguir apresenta a proposta da lagoa e do parque de várzea, e as demais perspectivas e imagens (**FIGURA 6.24** à **FIGURA 6.30**) exibem a proposta com os reservatórios subterrâneos do pôlder.

Ressalta-se que essas propostas são compatíveis com os planos existentes na área da Vila Leopoldina (PIU Arco Pinheiros e PIU Vila Leopoldina Villa-Lobos) e do parque linear do Rio Pinheiros.




LAGOAS DE RESERVAÇÃO
Edifício implantado sobre reservatório subterrâneo do pôlder
EDIFÍCIO DE USO MULTIPLO
DEQUES DE PASSEIO
DEQUES DE DESCANSO
EDIFÍCIO DE USO MULTIPLO
CICLOVIA
Extensão da ciclovia do Rio Pinheiros
DEQUE DO CAFÉ





FIGURA 6.24 Vista aérea atual do local proposto para a implantação do dique no Rio Pinheiros (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





FIGURA 6.25 Perspectiva aérea da implantação do dique e da ciclovia no Rio Pinheiros (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





FIGURA 6.26 Perspectiva aérea do dique e da ciclovia no Rio Pinheiros, com destaque para a área de lazer (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





FIGURA 6.27 Perspectiva aérea do deque de descanso e contemplação, junto ao dique e à ciclovia





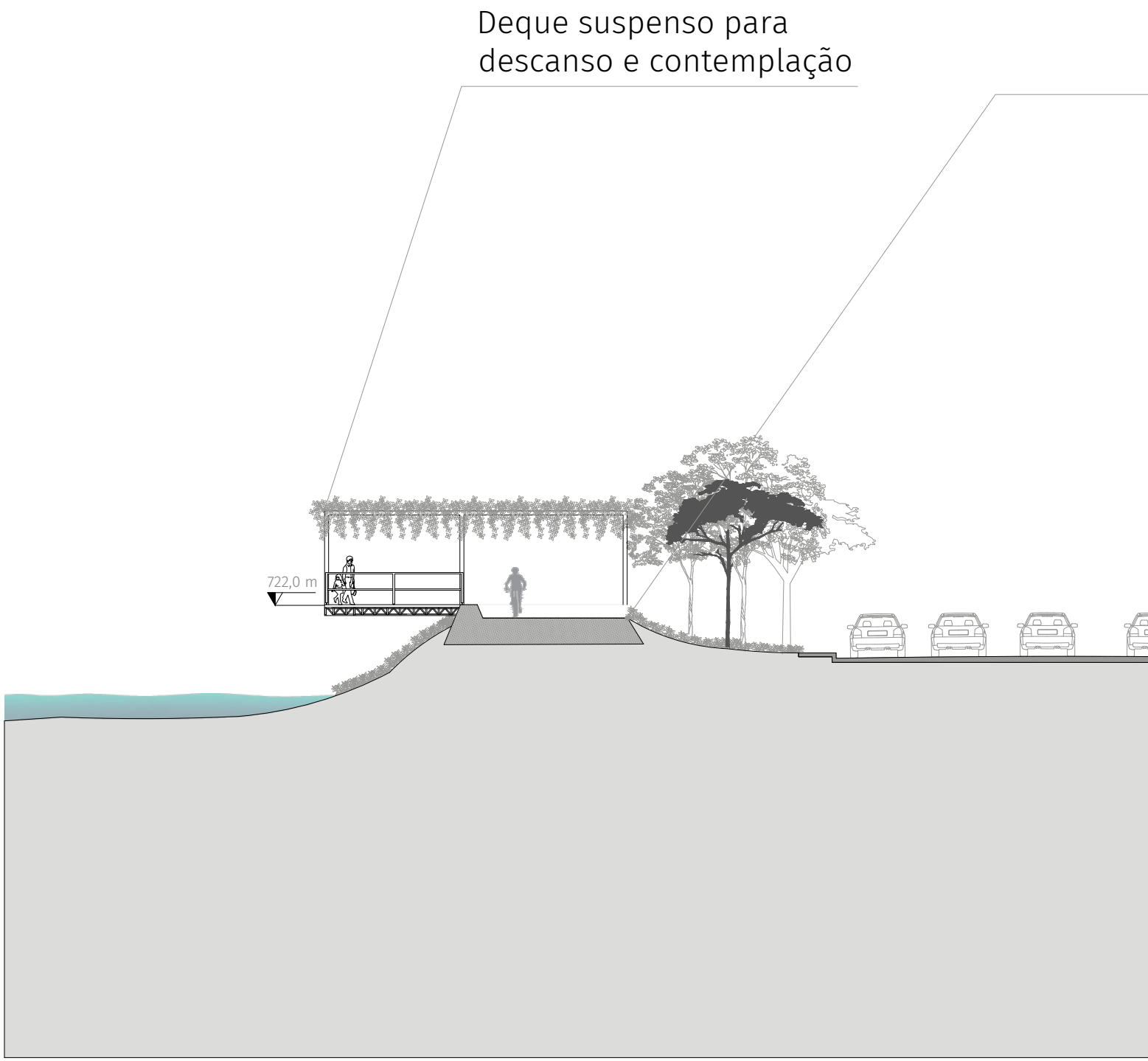
FIGURA 6.28 Perspectiva do deque de descanso e contemplação, junto ao dique e à ciclovia


Início do dique de contenção
Deques cobertos de descanso
Reservatórios dos polderes
0
250
500 m
N



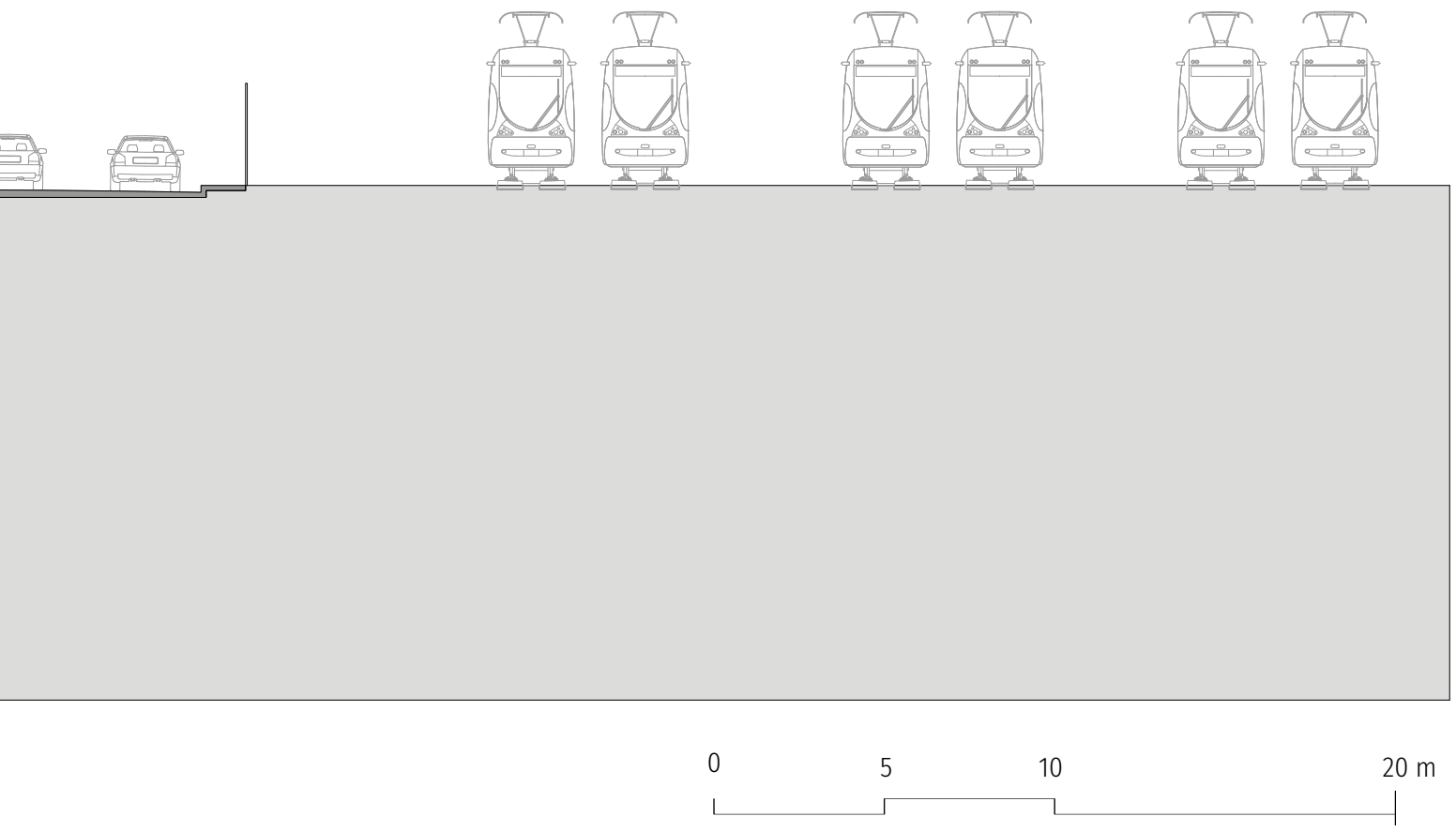
FIGURA 6.29 Planta da implantação do dique e da ciclovia no Rio Pinheiros

FIGURA 6.30 **Corte da implantação do dique e da ciclovia no Rio Pinheiros**



CORTE A-A

Dique de contenção



RESERVATÓRIO RACINE E ABERTURA DE CURSO D'ÁGUA DO CÓRREGO VILA LEOPOLDINA

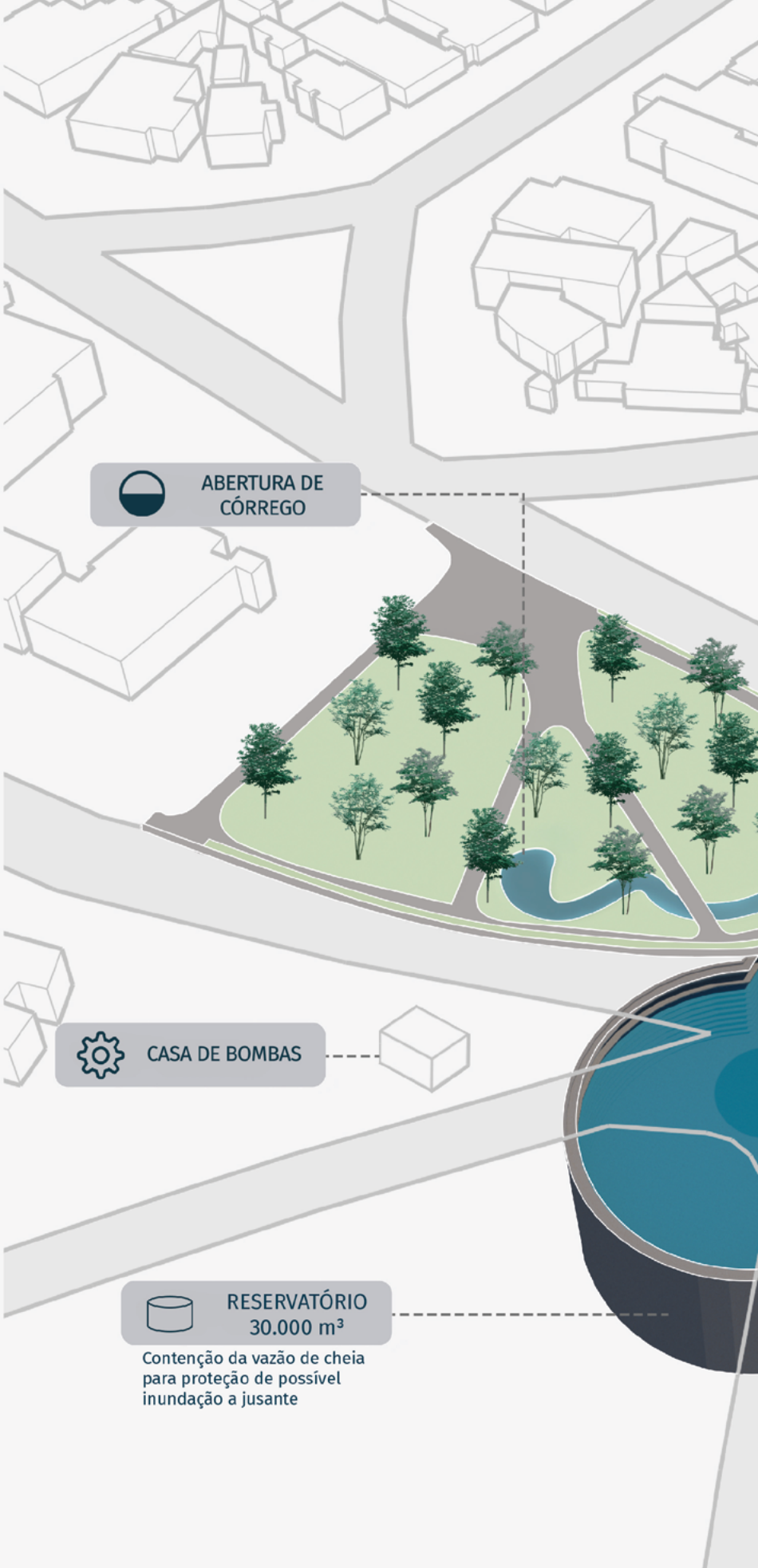
O córrego Vila Leopoldina percorre 3,5 km desde suas nascentes até a foz no Rio Pinheiros. Apresenta alguns poucos trechos abertos, como na Rua Passos da Pátria, ou passa por galerias subterrâneas. Além de suas nascentes, localizadas na Lapa, o córrego também é alimentado pelas águas fluviais que entram pelo sistema de microdrenagem até esse curso principal.

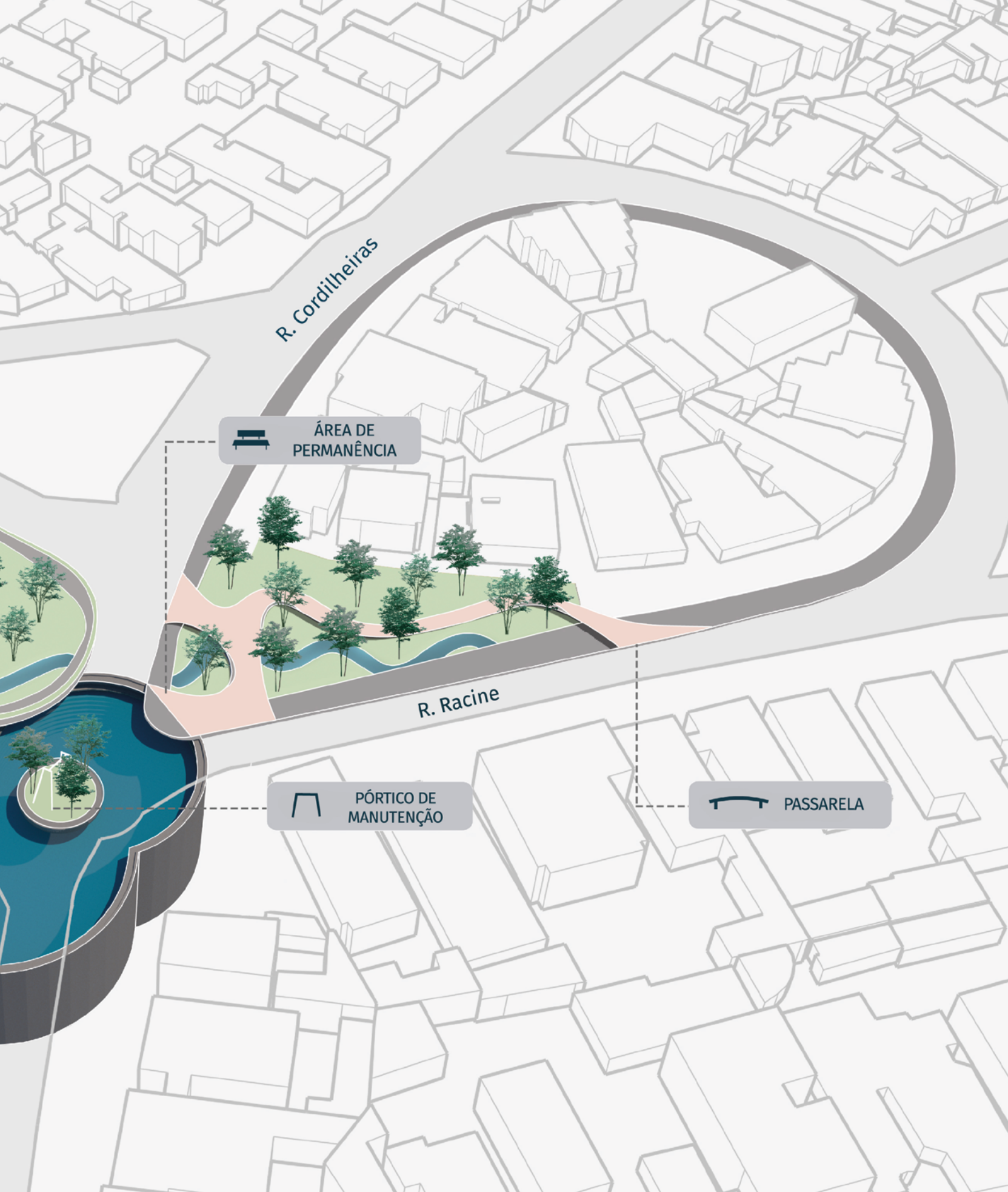
Por entre as praças da Rua Racine ele corre oculto, mas não silenciosamente. É nas bocas-de-lobo e poços de visita que se ouve suas águas, insistindo em permanecerem vívidas no imaginário da paisagem paulistana. Em outro sentido, ele descortina sua memória visual por sinais típicos de um solo úmido com musgos resistentes à impermeabilidade urbana.

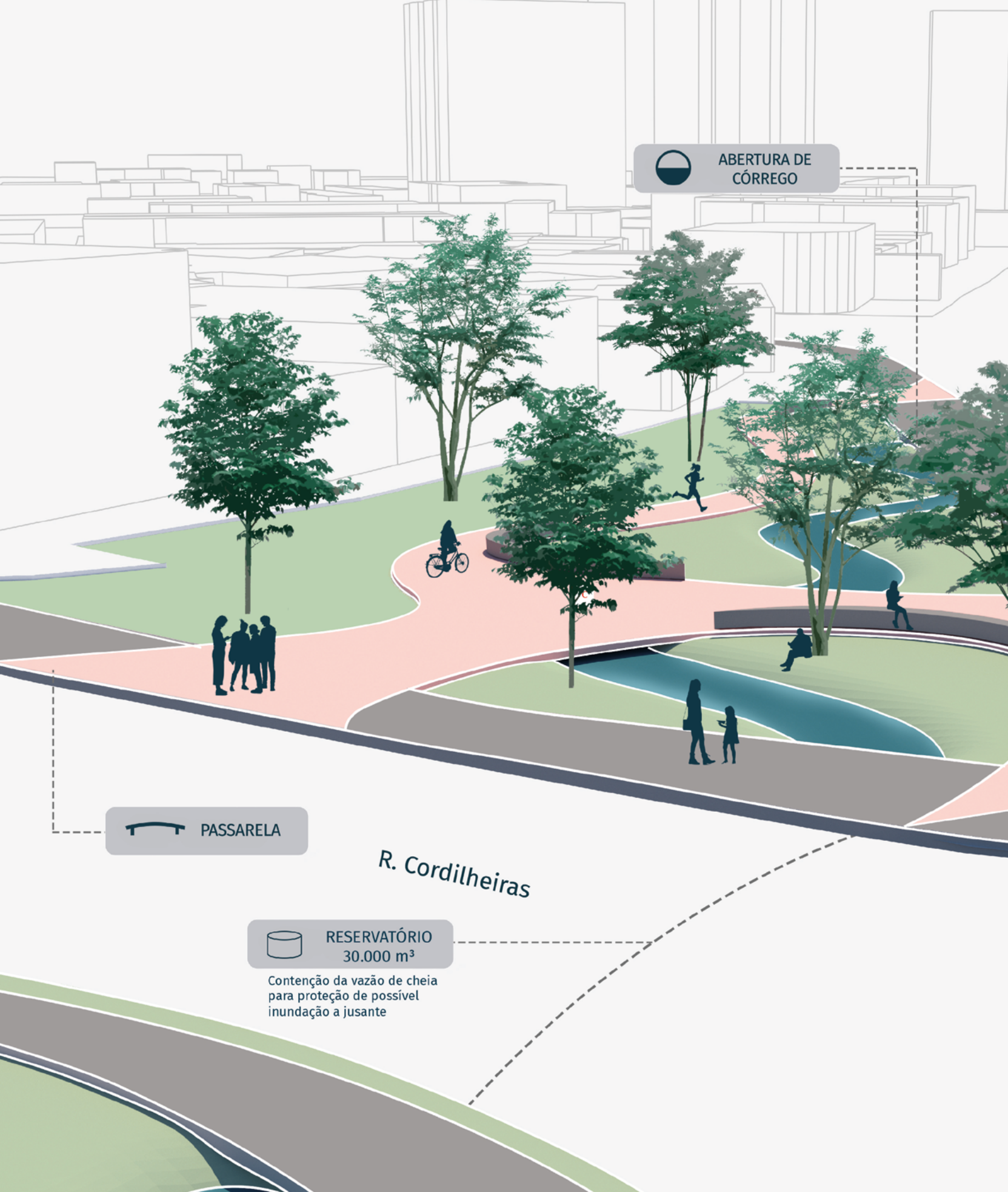
Dentro desse contexto, os cadernos de Bacia Hidrográfica têm como objetivo o resgate dos elementos hídricos que, associados às áreas verdes e aos dispositivos de drenagem, protegem a cidade de eventos de chuva extrema e fornecem palco às práticas sociais.

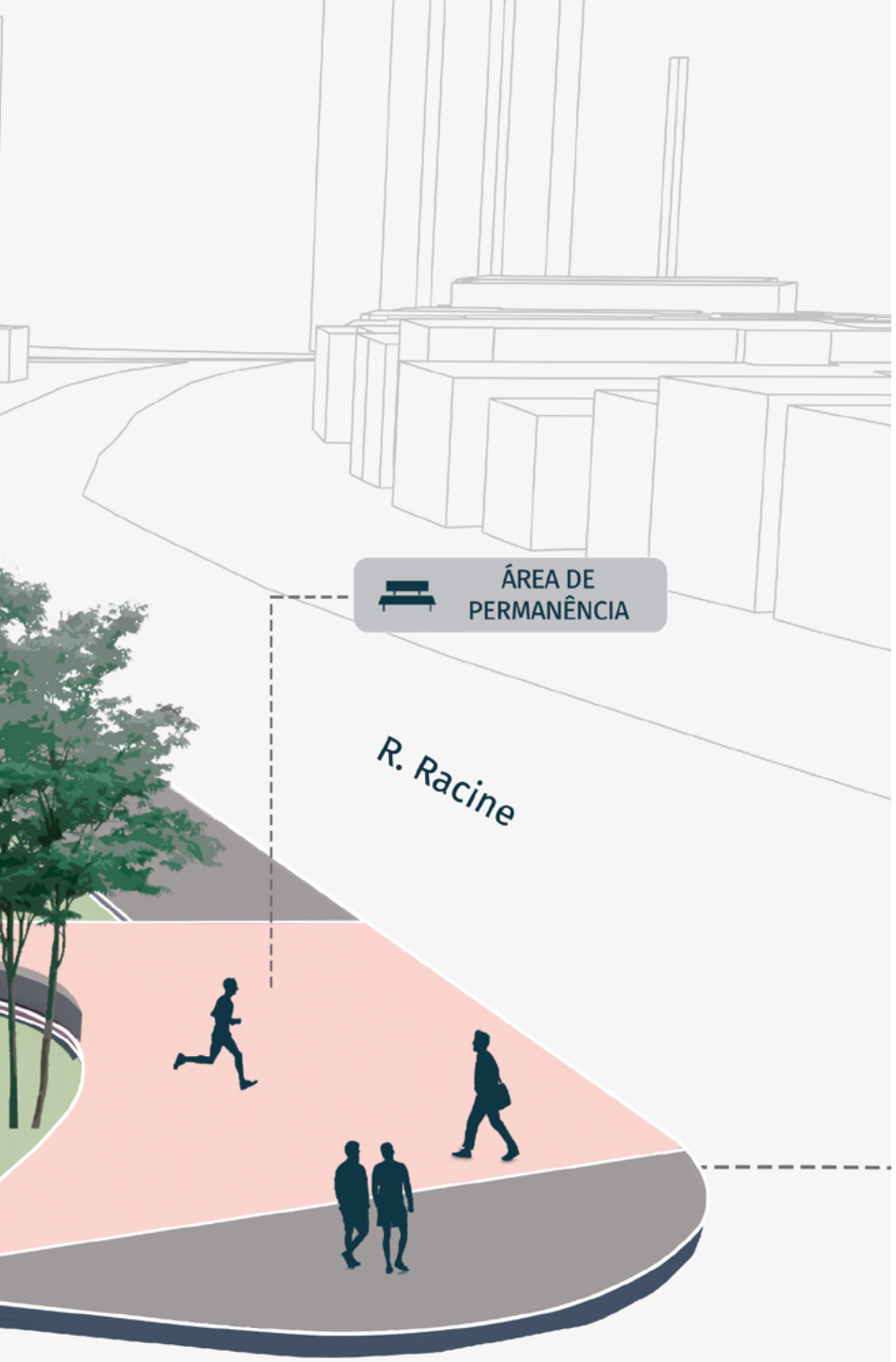
Diante disso, propõe-se o reservatório de amortecimento de cheias e o trecho de abertura e recuperação do córrego Vila Leopoldina na confluência de dois de seus ramos na Praça Antônio Geballe, imerso em uma rede de espaços livres multifuncionais da região.

Além da função hidráulica do reservatório, tal proposta, elaborada pela equipe de arquitetura junto à equipe de engenharia




R. Cordilheiras
ÁREA DE PERMANÊNCIA
R. Racine
PÓRTICO DE MANUTENÇÃO
PASSARELA


ABERTURA DE CÓRREGO
PASSARELA
R. Cordilheiras
RESERVATÓRIO 30.000 m³
Contenção da vazão de cheia para proteção de possível inundação a jusante



da FCTH, tem como premissa que as águas paulistanas devem ser parte da memória afetiva de seus moradores. O Caderno não foge ao contexto histórico, tendo ciência de que vivenciamos a quebra (ou o retorno) de um paradigma socioespacial no qual os rios são protagonistas e estruturadores do tecido urbano. Para aproximar o usuário do córrego, são propostos passeios elevados e bancos monolíticos. Tais passeios permitem que a vegetação original seja em grande parte mantida.

O trecho aberto na Praça Antônio Geballe não tem função de reservação, mas o revestimento de suas margens com vegetação arbustiva proporciona aumento da rugosidade e consequente diminuição da velocidade de escoamento, permitindo o processo de fitorremediação e deposição de sedimentos finos nas pequenas ilhas formadas pela ramificação das águas fluviais. Por fim, cabe destacar que os benefícios ambientais da abertura de um córrego são inúmeros: tratamento das margens com mata ciliar, promoção de abrigo à fauna urbana, aumento da permeabilidade do solo, conforto térmico, condução das águas com segurança através da redução de sua velocidade de escoamento superficial, proteção da bacia a jusante, além de abarcar as funções das demais infraestruturas urbanas.





FIGURA 6.31 Perspectiva aérea do reservatório de amortecimento de cheias e da abertura de trecho do córrego Vila Leopoldina na R. Racine (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





FIGURA 6.32 Perspectiva aérea do reservatório de amortecimento de cheias e da abertura de trecho do córrego Vila Leopoldina na R. Racine, com vegetação translúcida para melhor visualização da proposta (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





FIGURA 6.33 Perspectiva aérea do reservatório de amortecimento de cheias e da abertura de trecho do córrego Vila Leopoldina na R. Racine, com representação do reservatório e vegetação translúcida (foto de drone: Jean M. M. Suplicy)





FIGURA 6.34 Perspectiva da abertura de trecho do córrego Vila Leopoldina, com destaque para as áreas de lazer e contemplação (foto de fundo: Fernando K. Onuki)





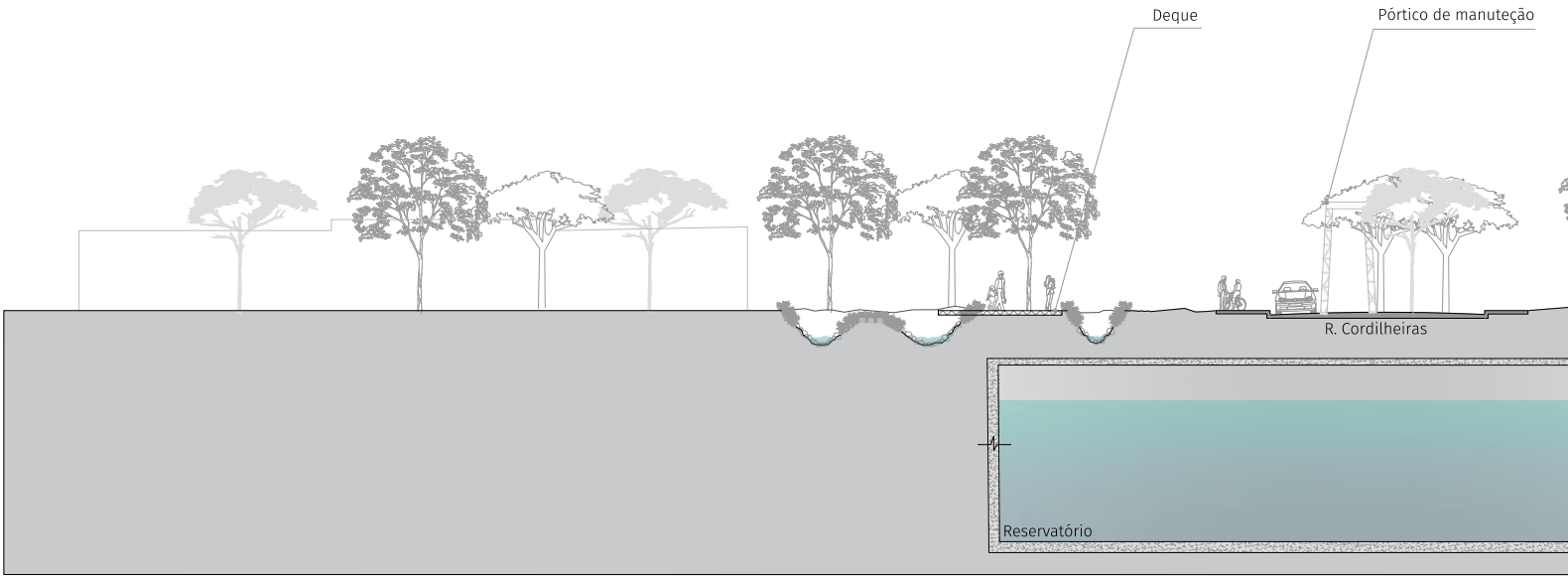
FIGURA 6.35 Perspectiva da abertura de trecho do córrego Vila Leopoldina, com destaque para o canal e as áreas verdes (foto de fundo: Fernando K. Onuki)


Reservatório 30.000 m³
Pórtico de manutenção
Deque metálico elevado
R. Racine
737,0
A
Mobiliário paramétrico
0
25
50 m
N

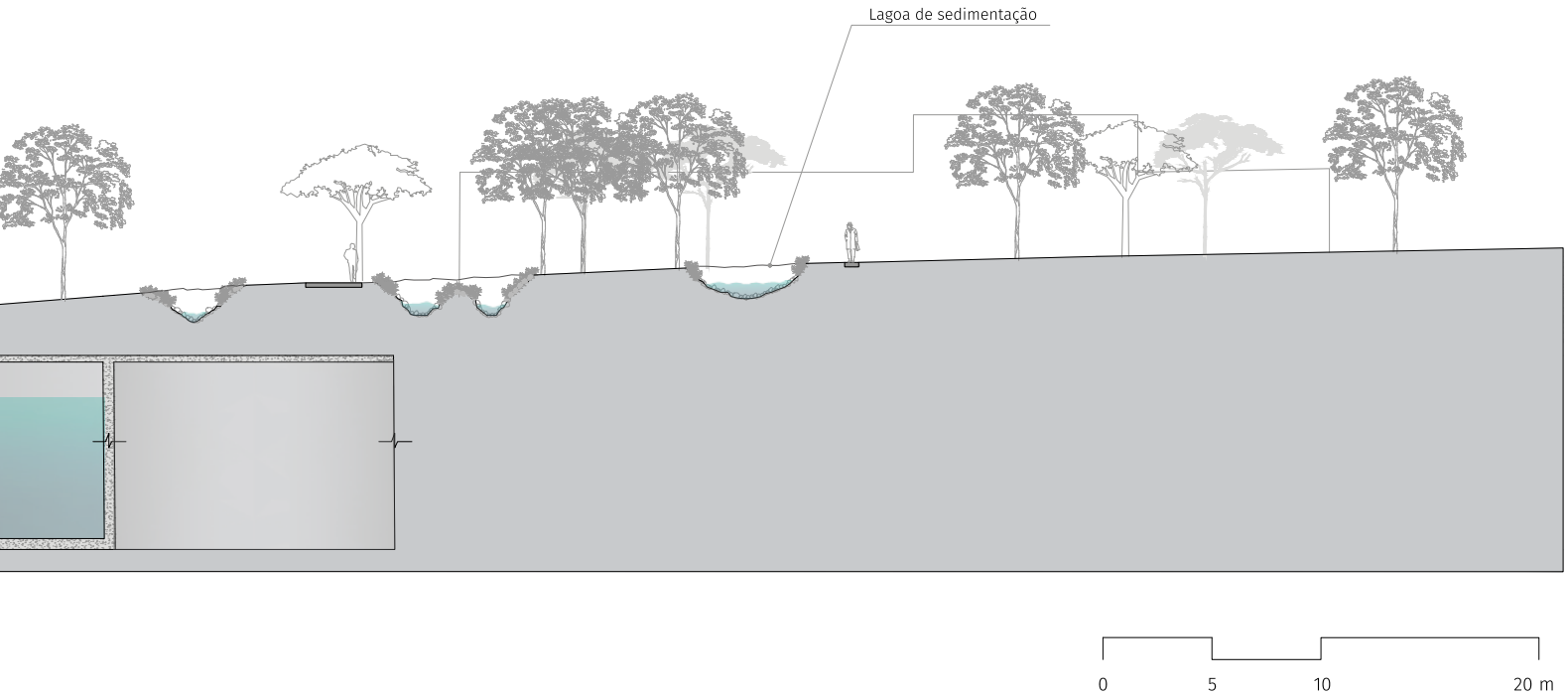


FIGURA 6.36 Planta do reservatório e da abertura de canal na R. Racine, com proposta de intervenção em toda a praça

FIGURA 6.37 **Corte do reservatório e da abertura de canal na R. Racine, com proposta de intervenção em toda a praça**



CORTE AA



0 5 10 20 m

6.6 MEDIDAS COMPLEMENTARES

Recomenda-se a realização de nova inspeção nas galerias e nos canais existentes e, também, o cadastramento dos pontos de restrição identificados, tais como:

- Interferências – tubulações que atravessam a galeria/o canal, reduzindo sua capacidade de escoamento;
- Singularidades – trechos com redução de seção ou declividade e confluências;
- Danos estruturais – trincas e fissuras, armadura exposta e colapso estrutural.

Tais problemas devem ser objeto de um projeto de recuperação e otimização da rede de drenagem existente, condição necessária para um bom desempenho das outras medidas propostas.

A **FIGURA 6.38** é oriunda de um levantamento de campo realizado em julho de 2020, a partir do qual pôde-se observar o nível do Rio Pinheiros remansando para dentro da galeria, um problema muito comum nessa bacia. Já a **FIGURA 6.39** apresenta um problema estrutural de ferragem exposta na galeria da Avenida Manuel Bandeira.



FIGURA 6.38 Vista interna do desemboque da galeria da Av. Queiroz Filho no Rio Pinheiros, com destaque para o nível do rio invadindo a galeria (Foto: Nilo Massone)

6.7 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.



FIGURA 6.39 **Ferragem exposta na galeria da Av. Manuel Bandeira (Foto: Nilo Massone)**

6.7.1 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, 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 gerada 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 dar orientação aos proprietários da região para a adaptação dos espaços. Para isso, são estabelecidos critérios para construções à prova de enchentes, conforme segue[20]:

- Estabelecimento de um piso com nível superior à linha-d'água estimada;
- Prever o transporte de material de valor para pisos superiores;

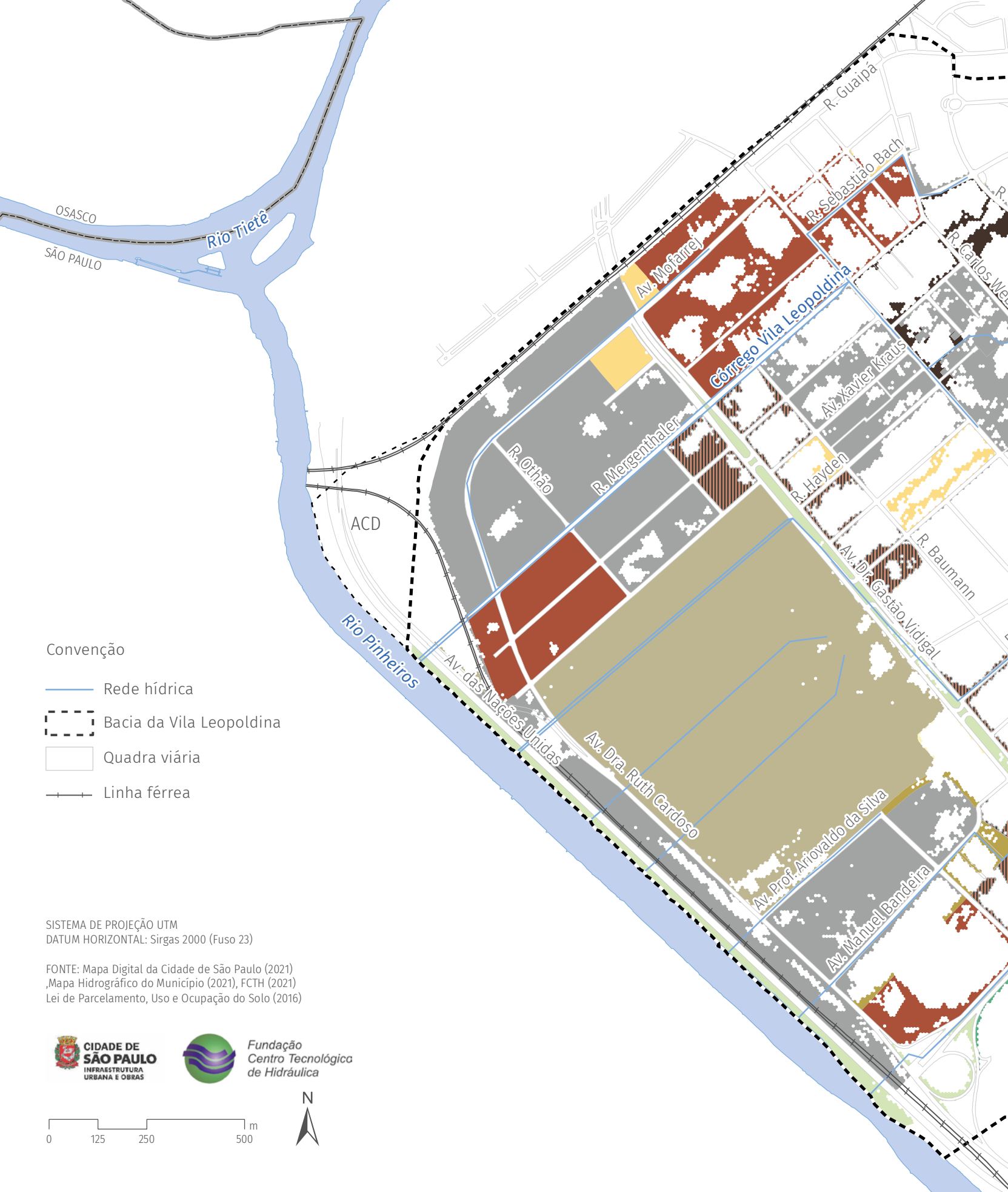
20. SILVA, C. V. F. **Planejamento do uso e ocupação do solo urbano integrado ao mapeamento de áreas com risco de inundação**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

- 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 contato com a água;
- Estanqueidade e reforço das paredes de porões e de pisos sujeitos à inundação;
- Ancoragem de paredes contra deslizamentos;
- Prever os efeitos das enchentes nos projetos de esgotos pluviais e cloacais;
- As construções devem ser projetadas para resistir à pressão hidrostática, a empuxos, a momentos e à erosão;
- Para os pavimentos de edificações com risco de inundação, prever o escoamento através da estrutura, evitando o desmoronamento de paredes.

A **FIGURA 6.40** 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.



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

FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021)
,Mapa Hidrográfico do Município (2021), FCTH (2021)
Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (2016)

CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS

Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica

N

0 125 250 500 m

FIGURA 6.40 **Zonas de inundação passíveis de regulamentação na bacia da Vila Leopoldina**



6.7.2 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 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 6.41**.

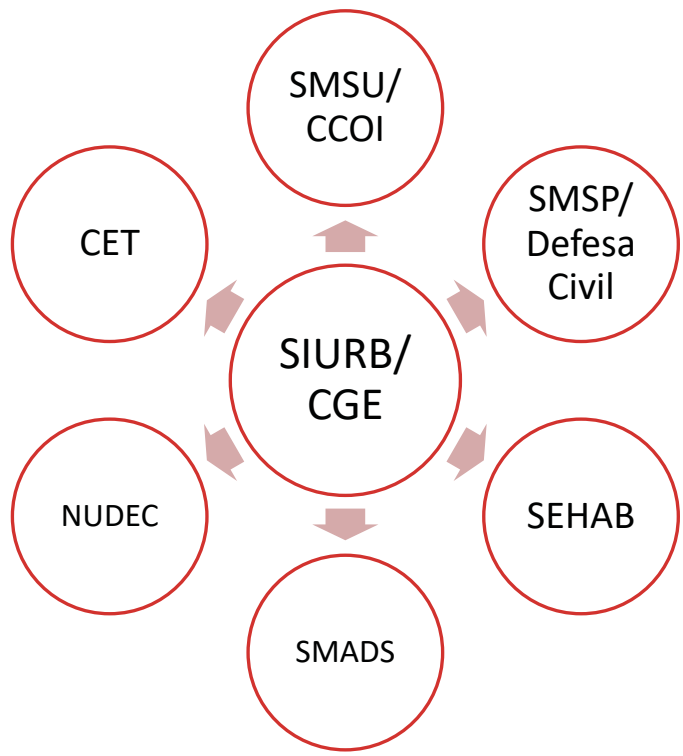


FIGURA 6.41 **Articulação institucional em situações de emergência**

6.7.3 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.

6.7.3.1 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.

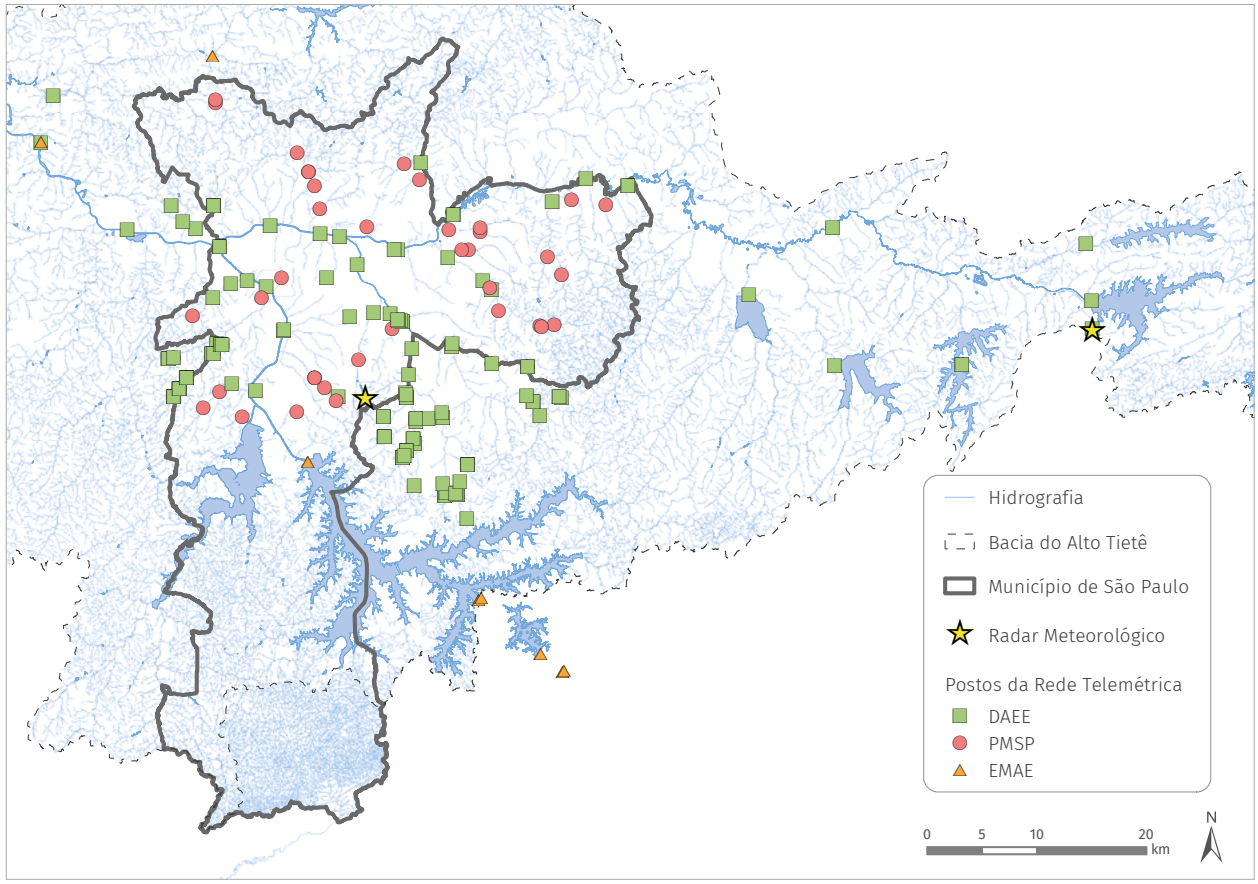


FIGURA 6.42 **Postos da rede telemétrica do SAISP**

O mapa da **FIGURA 6.43** 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.

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 gráfico apresentado na **FIGURA 6.45** indica o nível do Rio Pinheiros durante a passagem da onda de cheia no evento de 15 a 17 de fevereiro de 2019 e seus níveis de criticidade.

6.7.3.2 CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA (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, munícipes 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.

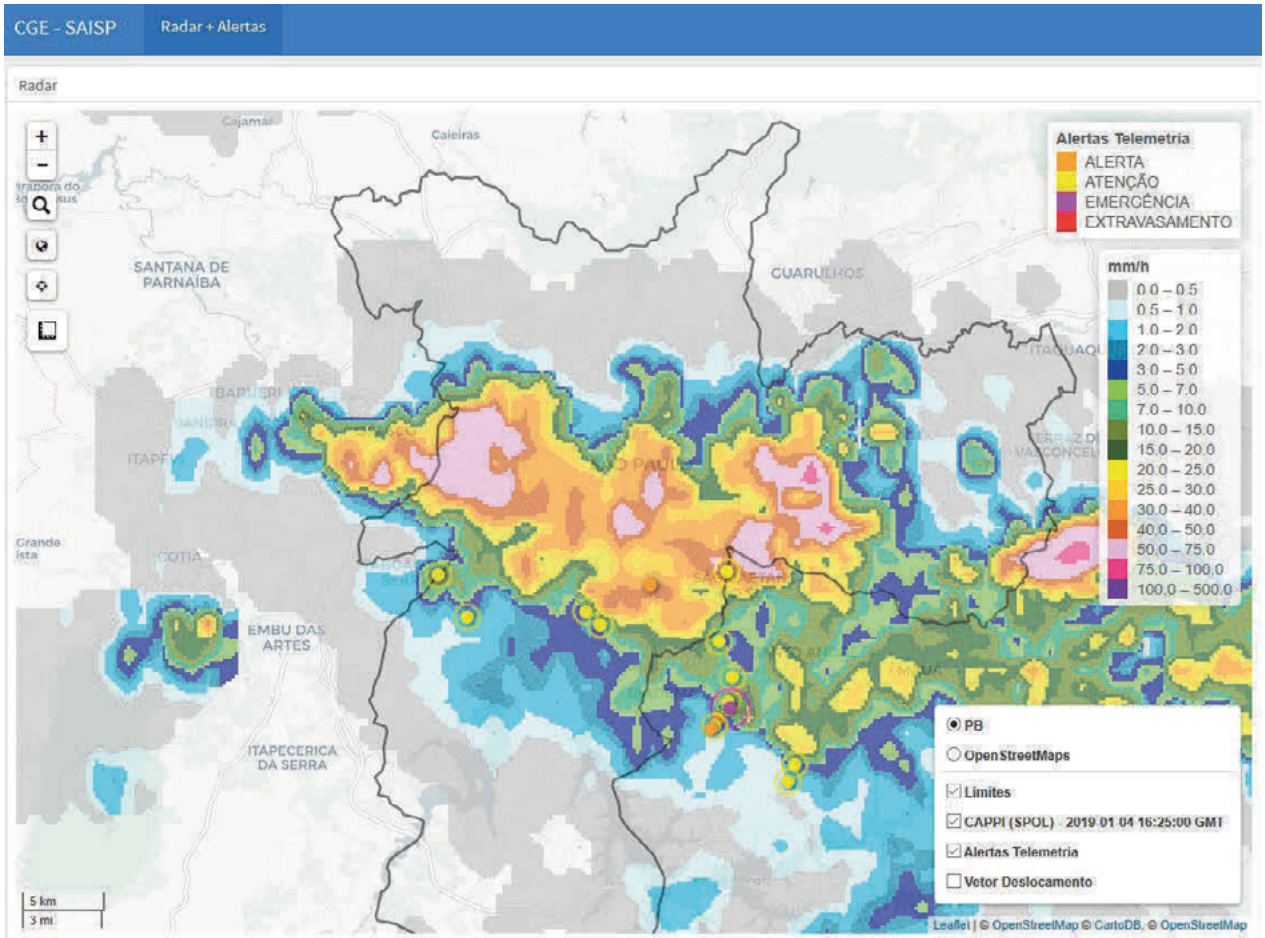


FIGURA 6.43 **Mapa de chuva observada e alertas da telemetria**

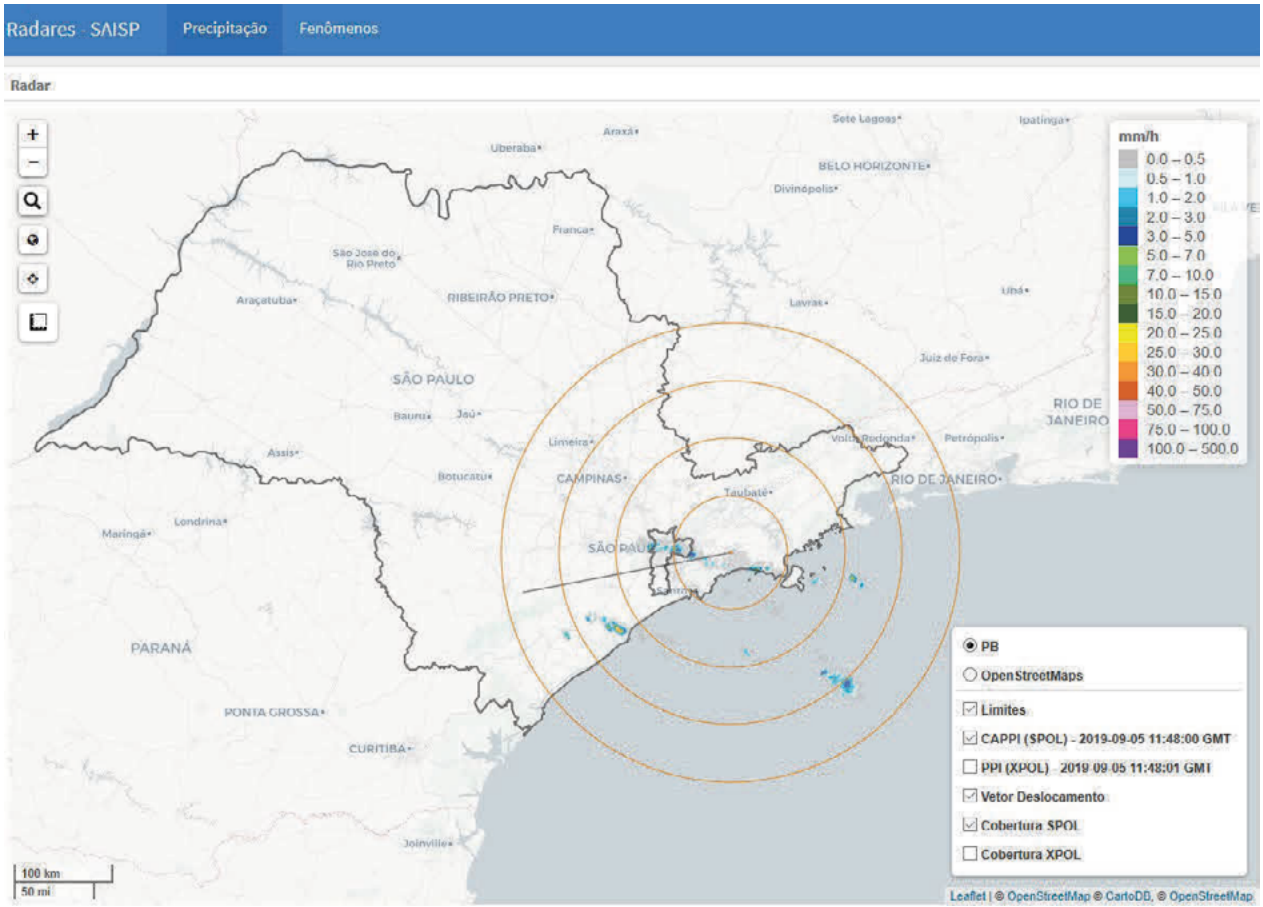


FIGURA 6.44 **Área de cobertura do radar meteorológico do DAEE**

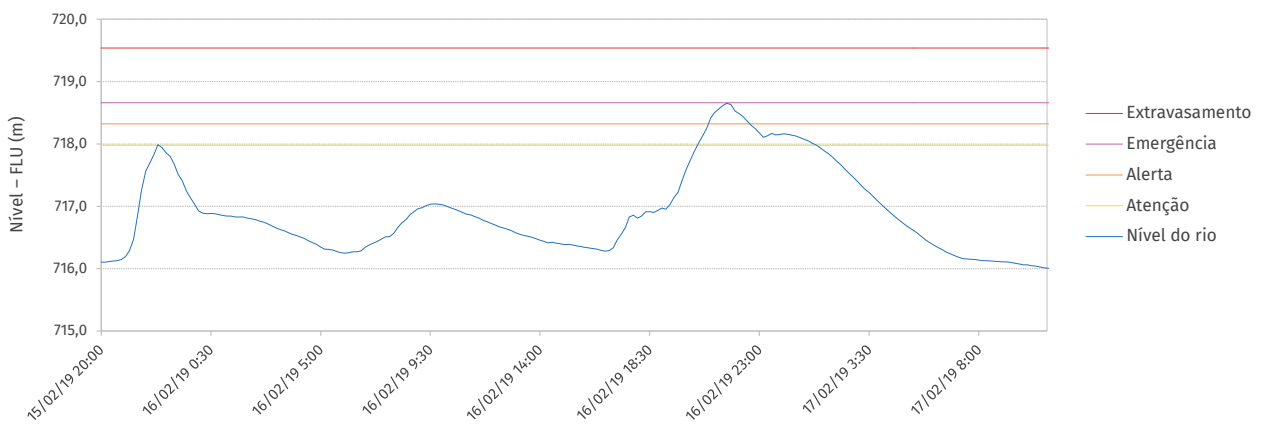


FIGURA 6.45 **Fluviograma da cheia de 15 a 17 de fevereiro de 2019 do posto Rio Pinheiros – Pte. Cidade Universitária**

6.8 MEDIDAS DE CONTROLE NA FONTE

Dentre as medidas de controle de cheias estruturais, estão incluídas as de controle na fonte, que 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.

O papel das medidas de controle na fonte 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 propostos pelas medidas estruturais de controle na fonte 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**.

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

No que tange à aplicabilidade das medidas de infiltração, é apresentado na **FIGURA 6.46** um mapa que, em função da declividade e da geologia da bacia, indica o potencial de implantação dessas medidas na bacia. Salienta-se que, na região da planície aluvial, são indicadas medidas de controle do escoamento superficial sem infiltração, 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 controle na bacia, 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 é reduzida, porém não inviável, sendo mais indicadas medidas de retenção, tais como as chamadas "piscininhas" ou a implantação de medidas escalonadas de retenção linear, de modo a manter a declividade de até 5% em cada patamar ou degrau.

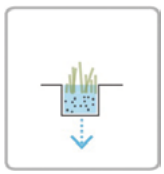
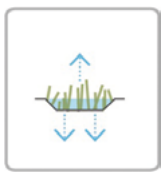
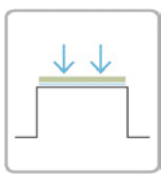
A efetividade no uso dessas medidas depende da participação da população e da fiscalização constante do crescimento da cidade e da ocupação de áreas de forma irregular, bem como da aplicação das legislações e normas vigentes.

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



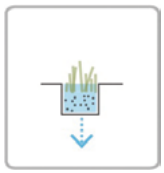
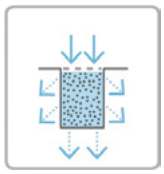
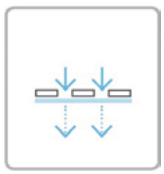
Canteiros com grama localizados na R. Racine (foto: FCTH)

TABELA 6.3 Tipologia das principais medidas de controle na fonte (PMSP, 2012[21]; UACDC, 2010[22] e MPCA, 2019[23])

Medida	Descrição
Jardim de chuva (biorretenção) 	**Função:** filtração, infiltração e detenção 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
Canteiro pluvial (biorretenção) 	**Função:** filtração, infiltração e detenção 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
Biovaleta 	**Função:** condução, filtração e detenção 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
Telhado verde 	**Função:** filtração e detenção 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

21. PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**. São Paulo: SMDU, 2012.
22. UACDC (University of Arkansas Community Design Center). **Low Impact Development, a design manual for urban areas**. Fayetteville, Arkansas: UACDC, 2010.
23. 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 controle na fonte (PMSP, 2012[21]; UACDC, 2010[22] e MPCA, 2019[23])

Medida	Descrição
Trincheiras de infiltração 	**Função:** filtração e infiltração 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
Poço de infiltração 	**Função:** filtração e infiltração 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
Pavimento permeável 	**Função:** filtração e infiltração 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
Cisterna 	**Função:** detenção/retenção 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
Microrreservatório 	**Função:** detenção/retenção 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

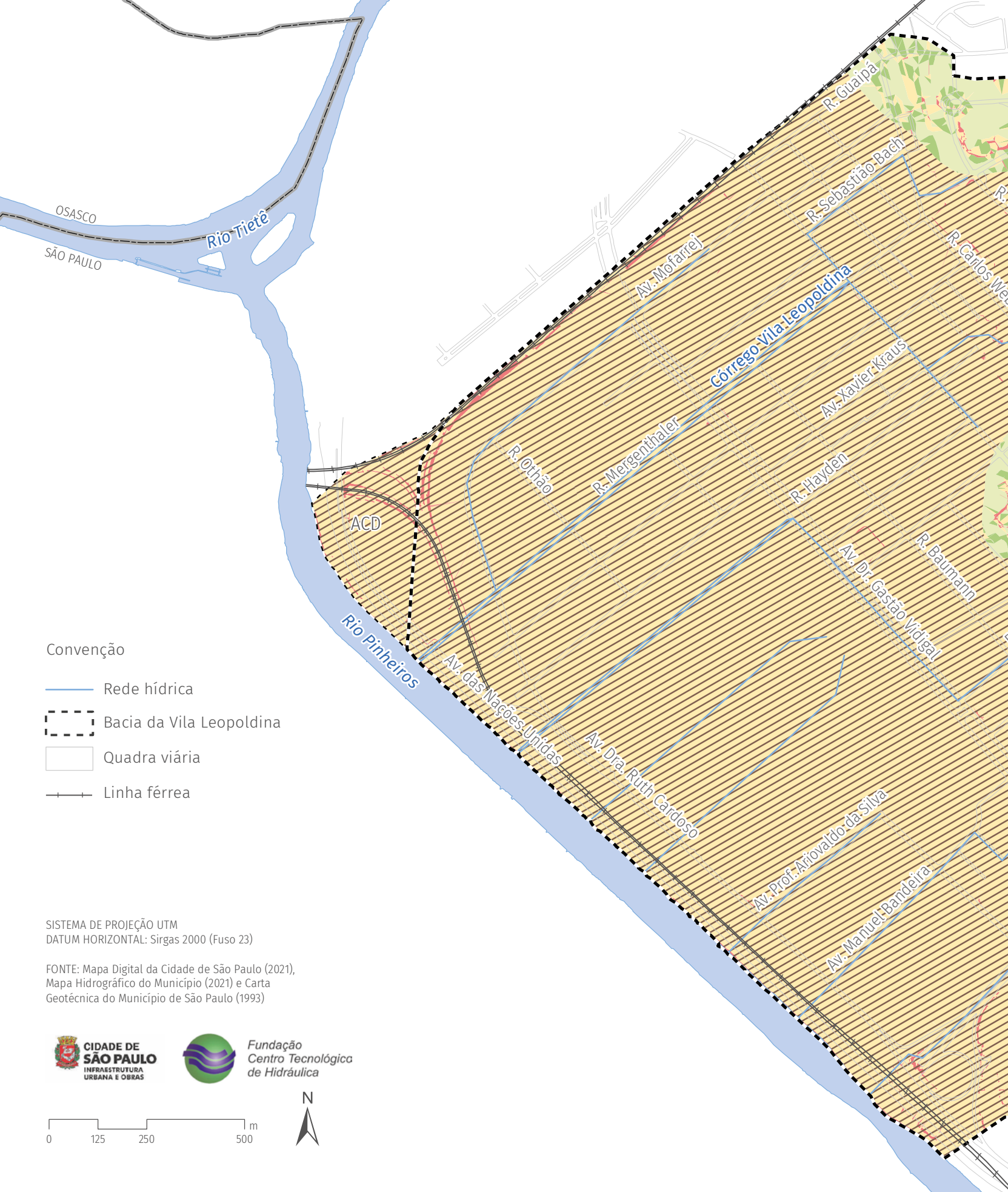

OSASCO
SÃO PAULO
Rio Tietê
Rio Pinheiros
Córrego Vila Leopoldina
ACD
R. Guaipá
R. Sebastião Baeh
Av. Mofarrej
R. Carlos Wes
Av. Xavier Kraus
R. Othão
R. Mergenthaler
R. Hayden
R. Baumann
Av. Dr. Gastão Vidigal
Av. das Nações Unidas
Av. Dra. Ruth Cardoso
Av. Prof. Ariovaldo da Silva
Av. Manuel Bandeira
Convenção
Rede hídrica
Bacia da Vila Leopoldina
Quadra viária
Linha férrea
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
DATUM HORIZONTAL: Sirgas 2000 (Fuso 23)
FONTE: Mapa Digital da Cidade de São Paulo (2021), Mapa Hidrográfico do Município (2021) e Carta Geotécnica do Município de São Paulo (1993)
CIDADE DE SÃO PAULO
INFRAESTRUTURA URBANA E OBRAS
Fundação Centro Tecnológica de Hidráulica
N
0
125
250
500
m

FIGURA 6.46 **Potencial de implantação de medidas de controle na fonte na bacia da Vila Leopoldina**



7

Etapas de implantação das alternativas

Este capítulo apresenta o efeito das obras propostas implantadas em etapas. Um método para mensurar o efeito das medidas de controle propostas são as manchas de inundação.

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 para as áreas críticas da bacia; a 2ª etapa protege a bacia para chuvas de Tr 25 anos; e a etapa final confere à bacia proteção a chuvas de Tr 100 anos.

A **TABELA 7.1** apresenta os efeitos das alternativas na área atingida pelas inundações e no número de lotes atingidos. Os dados referem-se à condição atual (sem intervenção) e à 1ª, 2ª e 3ª 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 com Tr 5 anos para a situação atual e após a implantação das obras prioritárias, consideradas na 1ª etapa para as duas alternativas. 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 intervenções e para as três etapas da Alternativa 1. A **FIGURA 7.3** apresenta as mesmas informações para a Alternativa 2.

As figuras ilustram o comportamento das manchas quando implantadas as obras previstas em cada etapa e quando submetidas a uma chuva com Tr 100 anos.

Finalmente, na **FIGURA 7.4** e na **FIGURA 7.5** são apresentadas as áreas sujeitas a inundações em simulação com chuva de Tr 25 anos e nível do Rio Pinheiros em 721,5 m para os cenários sem intervenção e para as obras das três etapas das alternativas 1 e 2, respectivamente.

Destaca-se que, para eventos hidrológicos com períodos de retorno maiores que 100 anos, ocorrerão inundações.

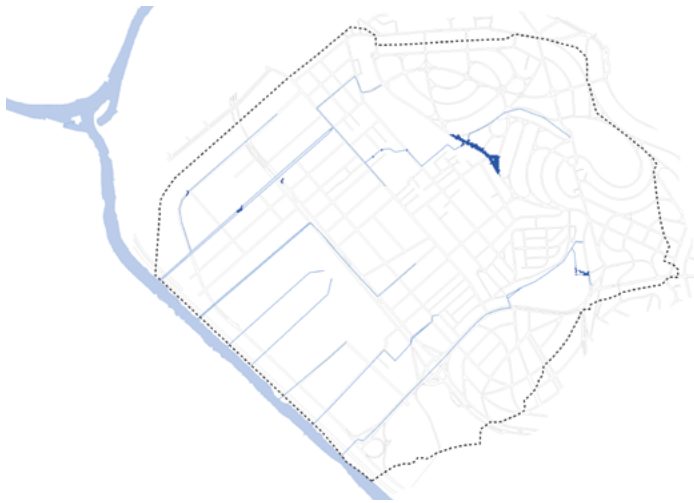
TABELA 7.1 Efeitos das alternativas 1 e 2 sobre a bacia

Etapa	Alternativa	Impactos	
		Área inundada (km²)	Lotes atingidos
Atual	Sem intervenção	1,00	1.427
1ª etapa (Tr 2 anos)	Alternativa 1	0,60	1.211
	Alternativa 2	0,27	580
2ª etapa (Tr 25 anos)	Alternativa 1	0,18	456
	Alternativa 2	0,10	281
3ª etapa (Tr 100 anos)	Alternativa 1	0,00	0
	Alternativa 2	0,00	0

Sem intervenção – Tr 5 anos



Alternativa 1 – 1ª etapa



Alternativa 2 – 1ª etapa

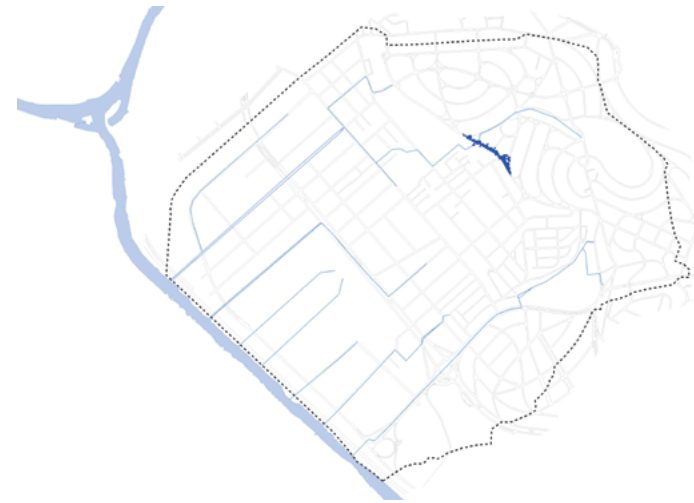


FIGURA 7.1 Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 5 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª etapa

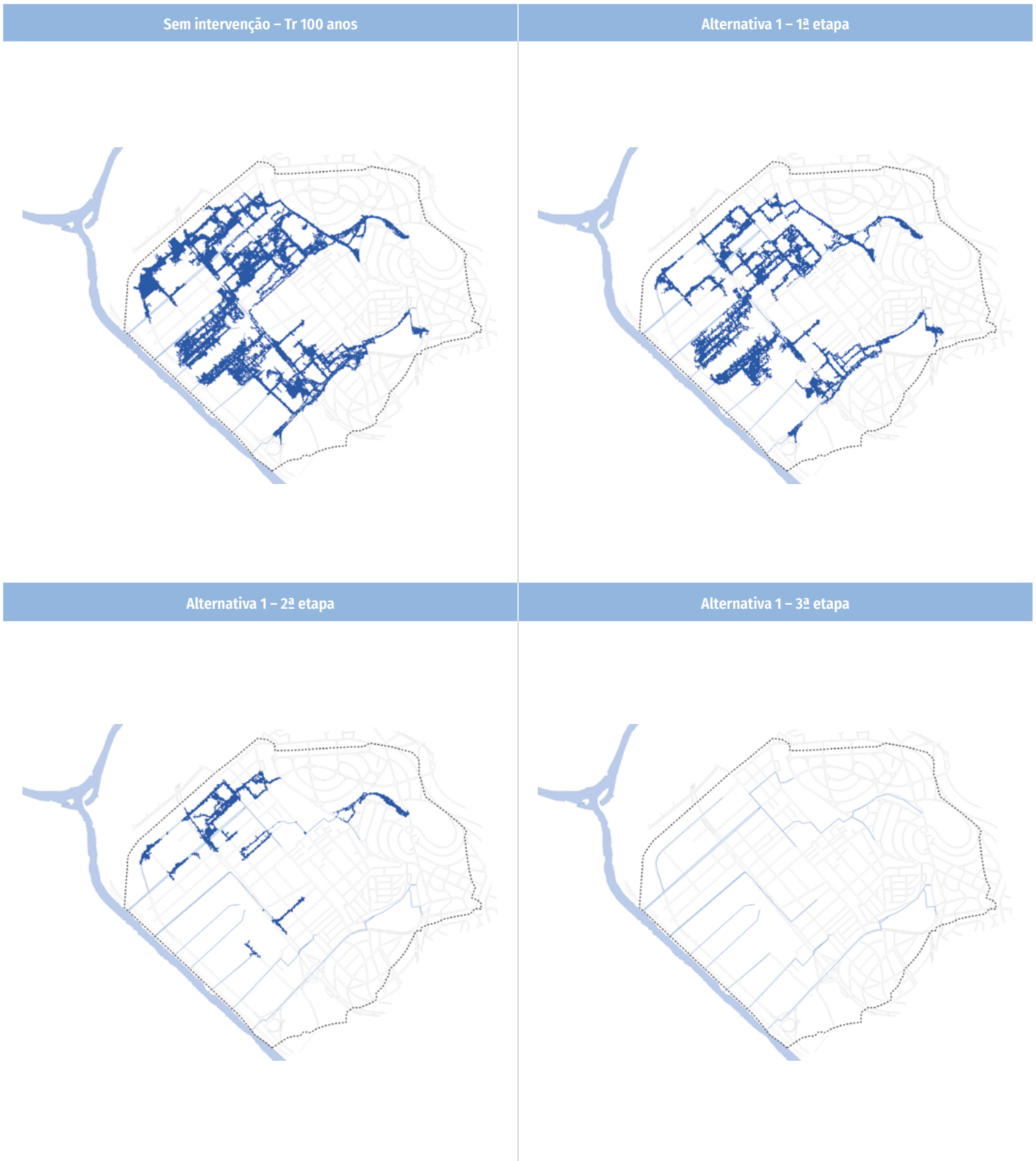


FIGURA 7.2 **Áreas sujeitas a inundações para chuvas de Tr 100 anos: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1**

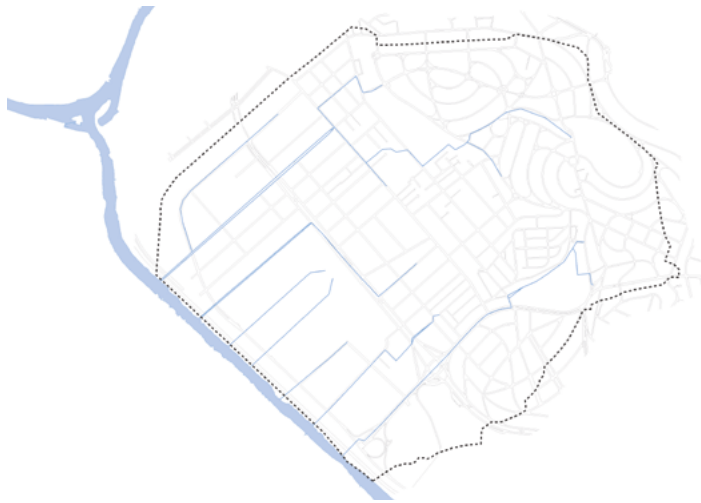
Sem intervenção	Alternativa 2 – 1ª etapa
	
Alternativa 2 – 2ª etapa	**Alternativa 2 – 3ª etapa**
	

FIGURA 7.3 **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 2**

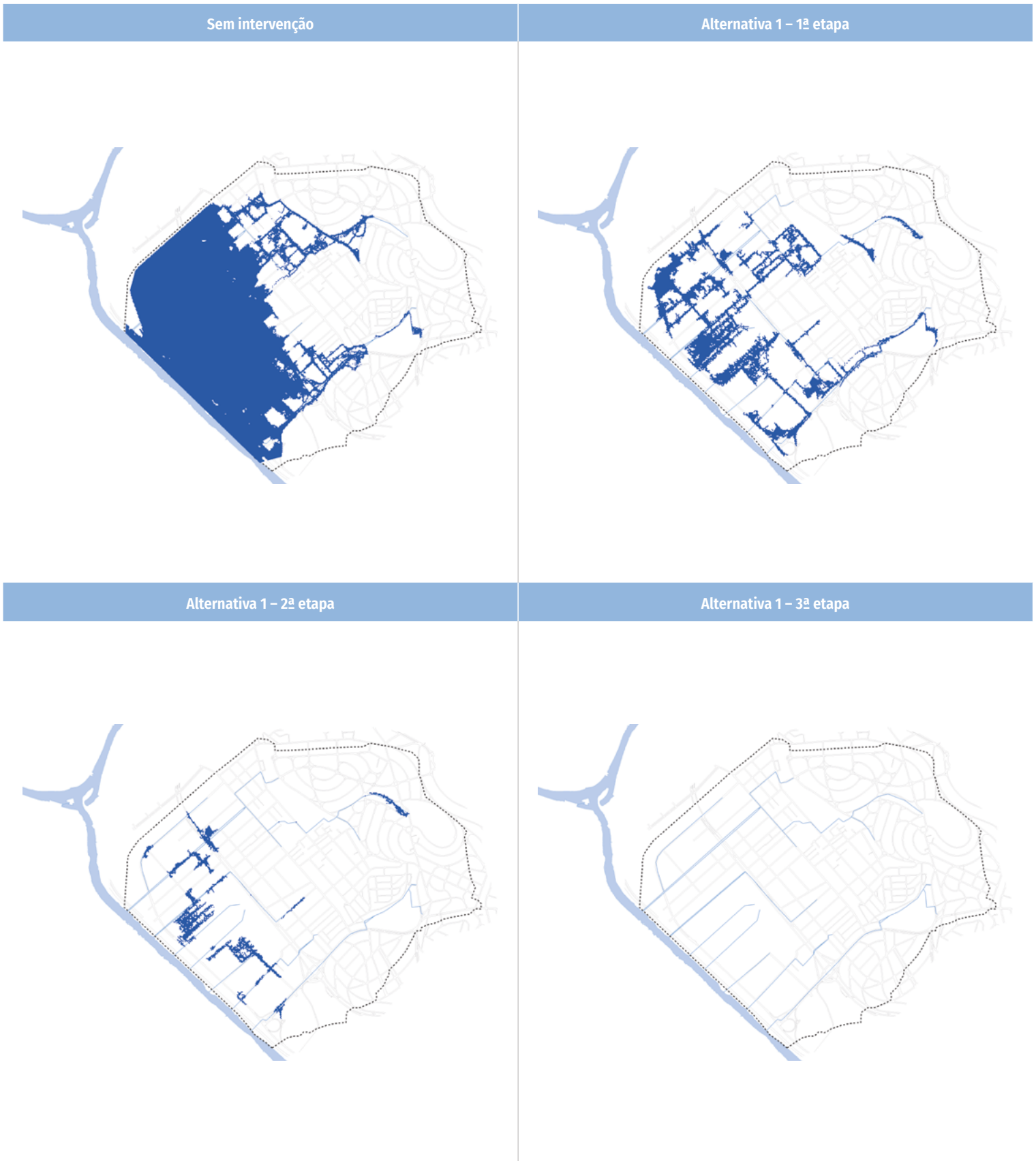


FIGURA 7.4 Áreas sujeitas a inundações em simulação com chuva de Tr 25 anos e nível do Rio Pinheiros em 721,5 m: cenários sem intervenção e com as obras da 1ª, 2ª e 3ª etapas da Alternativa 1

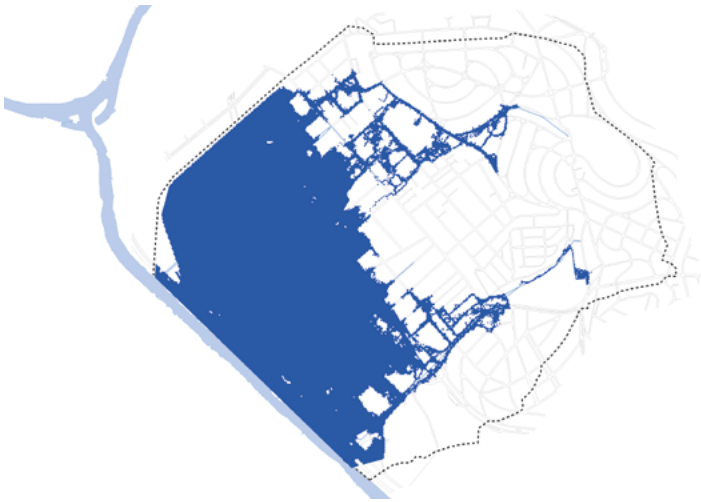
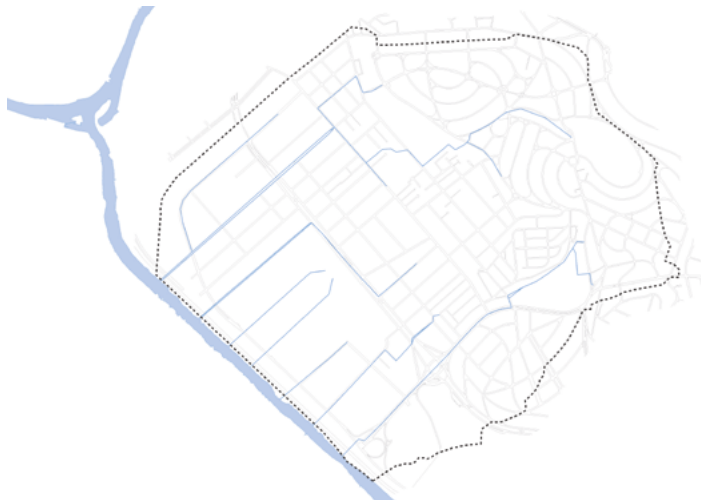
Sem intervenção	Alternativa 2 – 1ª etapa
	
Alternativa 2 – 2ª etapa	**Alternativa 2 – 3ª etapa**
	

FIGURA 7.5 Áreas sujeitas a inundações em simulação com chuva de Tr 25 anos e nível do Rio Pinheiros em 721,5 m: cenários 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 são índices que traduzem de modo sintético a evolução do desempenho do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais e, desse modo, são capazes de auxiliar o 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 na bacia é de 0,47 km².

Para essa verificação, foi realizada a simulação no modelo PCSWMM de algumas intervenções importantes da 1ª etapa de obras:

- Reservatório na Rua Racine e Praça Antônio Geballe – RVL-01 (30.000 m³);
- Substituição de galeria na Rua Barão da Passagem e galeria de reforço na Rua Mergenthaler (440 m);
- Conduto forçado Vila Leopoldina (2.060 m);
- Conduto forçado Queiroz Filho (1.160 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 o impacto isolado de cada uma dessas obras para a chuva de Tr 5 anos (**FIGURA 7.6**).

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 atual da rede – Tr 5 anos



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

0,469 km²

Galeria de reforço na R. Mergenthaler e substituição da rede de drenagem atual na R. Barão da Passagem



Descrição

Substituição da rede de drenagem atual na Rua Barão da Passagem e inserção de nova galeria na Rua Mergenthaler (440 m)

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

0,084 km²

Custo estimado da medida

R$ 6.500.000,00

FIGURA 7.6 Características das intervenções

Reservatório na R. Racine – RVL-01



Descrição

Implantação de reservatório de armazenamento de cheias (RVL-01) com capacidade de reservação de 30.000 m³

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

0,070 km²

Custo estimado da medida

R$ 30.000.000,00

Condutos em carga hidráulica – Vila Leopoldina e Queiroz Filho



Descrição

Construção de galerias de conduto forçado nos córregos Vila Leopoldina e Cemitério da Lapa (3.220 m)

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

0,154 km²

Custo estimado da medida

R$ 69.100.000,00

FIGURA 7.6 Características das intervenções

8

Custo estimado

Uma estimativa de custo foi realizada no intuito de analisar a viabilidade de implantação das alternativas propostas.

Os valores foram estimados com base em uma relação de obras implantadas e em implantação pela PMSP. O valor de desapropriação foi estimado pelo Núcleo de Desapropriações e Áreas Públicas da SIURB.

Para a composição de custos, foram considerados os seguintes tipos de intervenções:

- Reservatório fechado: custo médio de reservatório em concreto por m³ de reservação e paredes diafragma atirantadas com bombeamento;
- Pôlder: custo médio de reservatório em concreto por m³ de reservação e paredes estanques com bombeamento;
- Galerias de apoio, substituição de galerias e/ou galerias-reservatórios: custo médio por m³ de galeria em concreto armado e método de construção a céu aberto. Conforme localização da intervenção, foi considerado custo de *tunnel liner* e NATM;

- Reservatório aberto: custo médio de reservatório sem bombas por m³ de reservação, somado ao custo médio por m² de área com equipamentos de lazer e infraestrutura verde;
- Parque linear: custo médio por m² de área com equipamentos de lazer e infraestrutura verde;
- Abertura de canal: custo médio por m³, considerando canal com revestimento em gabião.

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

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de julho/2021)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Planície aluvial	Pôlder PVL-01	Faixa da CPTM, próximo à Ceagesp (capacidade de bombeamento instalada: 15 m³/s)	64.000.000,00	5.900.000,00	69.900.000,00
		Pôlder PVL-02	R. Mergenthaler (capacidade de bombeamento instalada: 15 m³/s)	51.200.000,00	5.000.000,00	56.200.000,00
		Válvulas *flap*	Desemboque das galerias no Rio Pinheiros – 10 válvulas *flap*	8.000.000,00	-	8.000.000,00
		Dique	Via Marginal Pinheiros	10.000.000,00	-	10.000.000,00
	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-01	R. Racine	30.000.000,00	-	30.000.000,00
		Abertura de córrego	Abertura e revitalização de córrego	1.300.000,00	-	1.300.000,00
		Reservatório RVL-02	R. Sebastião Bach	12.000.000,00	4.200.000,00	16.200.000,00
		Substituição de galeria	R. Barão da Passagem até o início da R. Sebastião Bach	2.600.000,00	-	2.600.000,00
		Substituição de galeria	R. Sebastião Bach e Av. Imperatriz Leopoldina	19.800.000,00	-	19.800.000,00
		Substituição de galeria	Av. Mofarrej	11.300.000,00	-	11.300.000,00
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler	29.600.000,00	-	29.600.000,00
	Córrego Cemitério da Lapa	Reservatório RVL-03A	Pç. Apecatu	24.000.000,00	-	24.000.000,00
		Substituição de galeria	Av. Queiroz Filho	6.600.000,00	-	6.600.000,00
	Sub-bacia Ceagesp	Substituição de galeria	Ceagesp	15.500.000,00	-	15.500.000,00

TABELA 8.1 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 1 (valores com data base de julho/2021)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
2ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-04	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Hassib Mofarrej	26.000.000,00	-	26.000.000,00
		Reservatório RVL-05	Pç. Adroaldo Barbosa Lima	8.000.000,00	-	8.000.000,00
		Reservatório RVL-06	R. Carlos Weber (Sesi Vila Leopoldina)	14.000.000,00	4.600.000,00	18.600.000,00
		Reservatório RVL-10	Av. Mofarrej	9.000.000,00	700.000,00	9.700.000,00
	Córrego Vila Leopoldina	Substituição de galeria	R. Passo da Pátria	2.700.000,00	-	2.700.000,00
	Córrego Cemitério da Lapa	Reservatório RVL-03B (expansão)	Pç. Apecatu	26.000.000,00	-	26.000.000,00
		Reservatório RVL-07	Cemitério da Lapa	9.000.000,00	-	9.000.000,00
		Substituição de galeria	Cemitério da Lapa	1.400.000,00	-	1.400.000,00
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Reservatório RVL-08	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Heliópolis	11.000.000,00	-	11.000.000,00
3ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Galeria de reforço	R. Ziembinski	1.000.000,00	-	1.000.000,00
		Substituição de galeria	R. Racine	2.000.000,00	-	2.000.000,00
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	Av. Prof. Ariovaldo da Silva	700.000,00	-	700.000,00
		Reservatório RVL-09	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Fröben	10.000.000,00	-	10.000.000,00
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Galeria de reforço	Av. Dr. Gastão Vidigal, conexão entre os reservatórios RVL-04B e RVL-09	2.100.000,00	-	2.100.000,00
		Substituição de galeria	R. Heliópolis	900.000,00	-	900.000,00
			Total	**409.700.00,00**	**20.400.000,00**	**430.100.000,00**

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de julho/2021)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
1ª Etapa	Planície aluvial	Pôlder PVL-01	Faixa da CPTM, próximo à Ceagesp (capacidade de bombeamento instalada: 9 m³/s)	54.400.000,00	5.900.000,00	60.300.000,00
		Pôlder PVL-02	R. Mergenthaler (capacidade de bombeamento instalada: 9 m³/s)	51.200.000,00	5.000.000,00	56.200.000,00
		Válvulas *flap*	Desemboque das galerias no Rio Pinheiros – 10 válvulas *flap*	8.000.000,00	-	8.000.000,00
		Lagoa e parque de várzea	Reservatório aberto e parque de várzea na faixa da CPTM	21.600.000,00	-	21.600.000,00
		Dique	Via Marginal Pinheiros	10.000.000,00	-	10.000.000,00
	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-01	R. Racine	30.000.000,00	-	30.000.000,00
		Abertura de córrego	Abertura e revitalização de córrego	1.300.000,00	-	1.300.000,00
		Reservatório RVL-04A	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Hassib Mofarrej	12.000.000,00	-	12.000.000,00
		Substituição de galeria	R. Barão da Passagem	1.400.000,00	-	1.400.000,00
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler, entre a R. Carlos Weber e a Av. Imperatriz Leopoldina	5.200.000,00	-	5.200.000,00
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler, entre a Av. Dr. Gastão Vidigal e a R. Othão	8.800.000,00	-	8.800.000,00
		Substituição de galeria	Av. Mofarrej	11.300.000,00	-	11.300.000,00
		Conduto forçado	Vila Leopoldina – desde a R. Milton Lodetti até o deságue na foz pela R. Xavier Kraus	45.100.000,00	-	45.100.000,00
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	Av. Queiroz Filho	4.900.000,00	-	4.900.000,00
		Conduto forçado	Av. Queiroz Filho, desde a R. Bacopari até a foz	24.200.000,00	-	24.200.000,00
	Sub-bacia Ceagesp	Substituição de galeria	Ceagesp	15.500.000,00	-	15.500.000,00

TABELA 8.2 Custo estimado das medidas de controle da Alternativa 2 (valores com data base de julho/2021)

Etapa	Local	Intervenção	Referência	Custo de implantação (R$)	Custo de desapropriação (R$)	Custo total (R$)
2ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Reservatório RVL-04B	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Xavier Kraus	14.000.000,00	-	14.000.000,00
		Reservatório RVL-05	Pç. Adroaldo Barbosa Lima	8.000.000,00	-	8.000.000,00
		Reservatório RVL-10	Av. Mofarrej	9.000.000,00	700.000,00	9.700.000,00
		Substituição de galeria	R. Passo da Pátria	2.700.000,00	-	2.700.000,00
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	R. Bergson	3.600.000,00	-	3.600.000,00
		Substituição de galeria	Cemitério da Lapa – trecho de montante	1.400.000,00	-	1.400.000,00
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Reservatório RVL-08	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Heliópolis	11.000.000,00	-	11.000.000,00
3ª Etapa	Córrego Vila Leopoldina	Galeria de reforço	R. Ziembinski	1.000.000,00	-	1.000.000,00
		Substituição de galeria	R. Racine	2.400.000,00	-	2.400.000,00
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler – galeria esquerda, entre a Av. Imperatriz Leopoldina e a Av. Dr. Gastão Vidigal	6.100.000,00	-	6.100.000,00
		Substituição de galeria	R. Mergenthaler – trecho entre a R. Othão e o Rio Pinheiros	13.500.000,00	-	13.500.000,00
	Córrego Cemitério da Lapa	Substituição de galeria	Av. Prof. Ariovaldo da Silva	700.000,00	-	700.000,00
	Sub-bacia Gastão Vidigal	Reservatório RVL-09	Av. Dr. Gastão Vidigal, próximo à R. Fröben	10.000.000,00	-	10.000.000,00
		Galeria de reforço	Av. Dr. Gastão Vidigal, conexão entre os reservatórios RVL-04B e RVL-09	2.100.000,00	-	2.100.000,00
		Substituição de galeria	R. Heliópolis	900.000,00	-	900.000,00
			Total	**391.300.000,00**	**11.600.000,00**	**402.900.000,00**

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

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. Apesar de as estimativas apontarem custos menores para a Alternativa 2, eles devem ser observados com cautela, uma vez que não se consideraram os impactos e custos associados às interferências com o sistema viário na possibilidade de execução das galerias em carga hidráulica.

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 da Alternativa 1 proporcionaria uma redução de 40% da área de inundação de recorrência de 100 anos, e seria equivalente a 70% do investimento total. Já na segunda etapa, a mancha de inundação estaria reduzida a 18% de seu tamanho inicial, utilizando 95% do orçamento total da Alternativa 1. As manchas restantes da inundação para recorrência de 100 anos seriam sanadas na terceira etapa, com os 5% restantes do orçamento total.

Na Alternativa 2, a implementação das obras da primeira etapa teria um impacto muito maior, apresentando uma diminuição de 73% na mancha de inundação de Tr 100 anos – utilizando, para isso, 78% do orçamento dessa alternativa. Vale notar que os custos totais absolutos estimados da primeira etapa de ambas as alternativas são muito similares. Na segunda etapa, a mancha estaria reduzida a 10% do seu valor inicial, utilizando, para isso, 90% do orçamento total calculado para a Alternativa 2.

Em ambas as alternativas, a maior demanda por recursos se observa para a implantação da primeira etapa, e isso se deve à criticidade da situação atual das áreas baixas dessa bacia, que são muito vulneráveis aos efeitos do remanso do Rio Pinheiros.

TABELA 8.3 Custo estimado por etapas das alternativas estudadas

Alternativa	Etapa			TOTAL (milhões R$)
	1ª (milhões R$)	2ª (milhões R$)	3ª (milhões R$)	
Alternativa 1	301	112	17	430
Alternativa 2	316	50	37	403

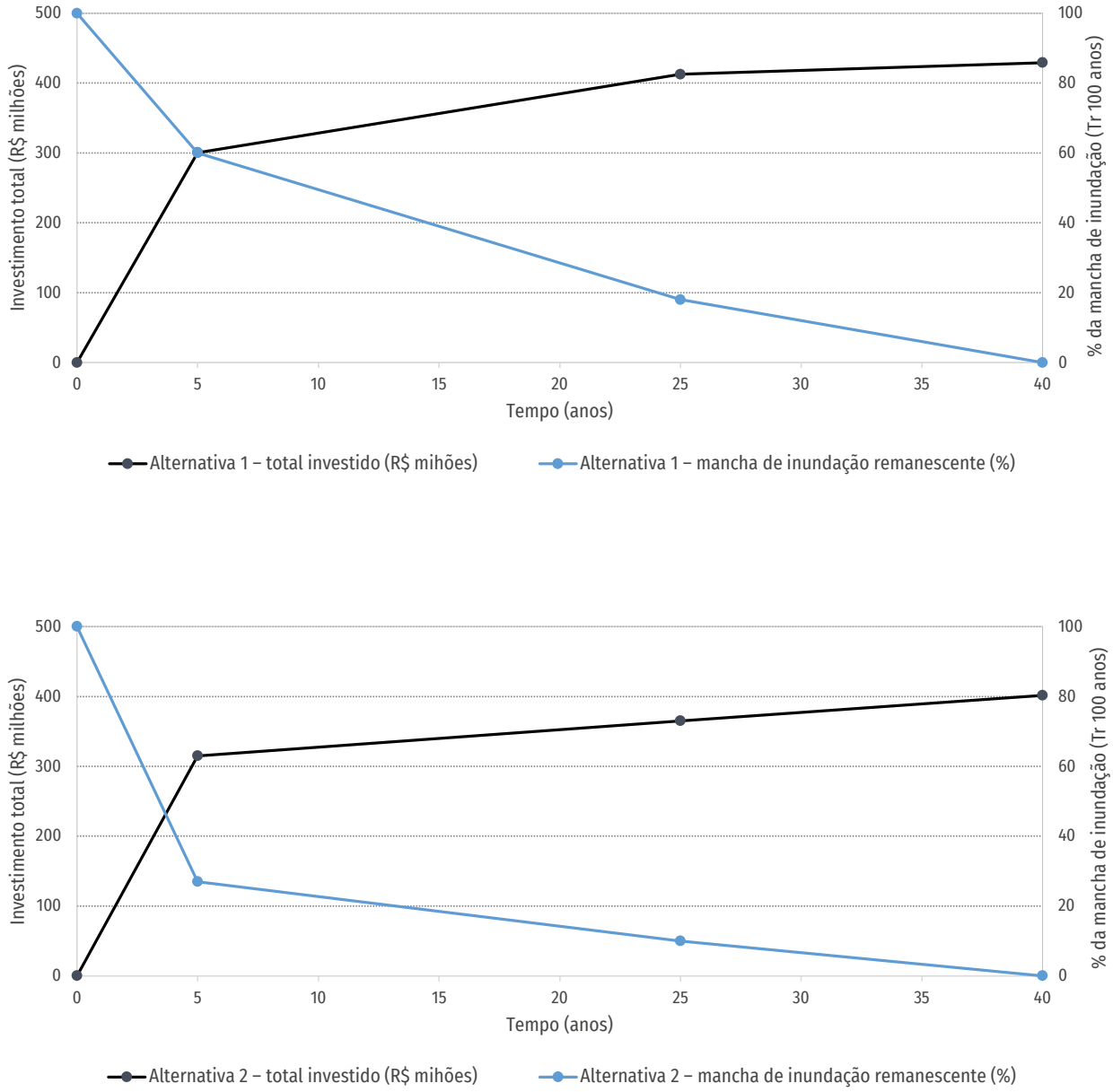


FIGURA 8.1 **Curvas de investimento e de redução da mancha de inundação ao longo do tempo**

9

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 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 da bacia 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, polderes, dique e condutos forçados. São citadas medidas não estruturais, como o zoneamento das áreas inundáveis no processo de controle de cheias no Município de São Paulo, onde estudos específicos devem ser desenvolvidos. O mapa do potencial de implantação de sistemas infiltrantes foi produzido tendo em vista o incentivo à adoção das medidas sustentáveis de controle de cheias na fonte.

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 a bacia da Vila Leopoldina. A Alternativa 1 corresponde à implantação de reservatórios de armazenamento de pequenas dimensões, localizados em praças e áreas públicas, minimizando interferências ao tráfego de veículos e custos associados à desapropriação de lotes. A Alternativa 2 priorizou a implantação de canalizações, especialmente os condutos forçados – que carregam a vazão de montante direto para o Rio Pinheiros, sem contribuições das áreas mais planas –, e, também, a alocação de pequenos reservatórios ao longo dos córregos, a fim de amortecerem o pico de vazão.

A solução principal adotada nesse estudo é a implantação de polderes, sistemas que reúnem a capacidade de escoar as vazões de áreas baixas da Vila Leopoldina, além de proteger essas regiões do remanso das águas do Rio Pinheiros.

As duas alternativas protegem a bacia para Tr 100 anos. Isso indica que, para eventos hidrológicos superiores a 100 anos, poderão ocorrer inundações. Ou seja, a bacia não está protegida para eventos de tamanha magnitude.

A implantação das alternativas deverá ser feita 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 a bacia para chuvas de 25 anos, e a terceira etapa, com obras para proteção de 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 Lapa e de Pinheiros.

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 ambientais[24].

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 escoa 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.

Macrodrenagem

O sistema de macrodrenagem 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 macrodrenagem é interligado ao sistema de microdrenagem, por isso os dois sistemas devem ser projetados em conjunto. Dentre as obras hidráulicas da macrodrenagem, destacam-se: canais, reservatórios, diques, bombeamento de áreas baixas etc.

Microdrenagem

O sistema de microdrenagem 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 microdrenagem é manter o sistema viário livre do escoamento superficial e evitar alagamentos que possam atingir imóveis e equipamentos urbanos.

---

24. 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) em 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 diminui. 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.