O Prefeito Municipal de Irati, Estado do Paraná, no uso de suas atribuições legais, conferidas pela Lei Orgânica Municipal, em especial pelo seu art. 68, I, dentre outros dispositivos legais aplicáveis à espécie, apresenta a consideração de Vossa Excelência e demais pares que compõe esta Casa de Leis, o seguinte:

PROJETO DE LEI Nº 107/2019

Súmula: Dispõe sobre a Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Irati/Pr e dá outras providências.

TÍTULO I
INTRODUÇÃO

Art. 1º - A presente lei tem como objetivo aprovar o Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município e respectivo manual.

Art. 2º - A drenagem urbana e manejo de águas pluviais têm como principal objetivo estabelecer diretrizes e parâmetros para garantir que o direcionamento das águas no território urbano ocorra sem causar prejuízo ao patrimônio público e privado, assim como às pessoas e ao meio ambiente.

Art. 3º - Para efeitos desta lei ficam compreendidas as seguintes definições:

I - Águas Pluviais: são aquelas que procedem imediatamente das águas de chuva.

II - Bacia de Drenagem: é a área de contribuição de águas pluviais para a área onde se pretende proceder à implantação de redes ou dispositivos de drenagem.

III - Bacia de Detenção: são bacias construídas com a finalidade de reter a água pluvial de determinada área, no intuito de liberá-la lentamente na rede ou em córregos e rios, minimizando possíveis fenômenos de inundações.

IV - Bacia Hidrográfica: é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

V – Bocas de Lobo: são estruturas que recebem a água pluvial coletada e direcionada pelas sarjetas e vias públicas e que procedem à sua condução até a tubulação pertencente à microdrenagem. Situam-se normalmente sob a calçada ou a sarjeta.

VI - Caixas de Ligação: são caixas subterrâneas construídas com o intuito de reunir condutos de ligação e os ligar à galeria principal.

VII - Caixa de Retenção: são caixas subterrâneas construídas com o intuito de armazenar temporariamente o volume de água pluvial proveniente de telhados e das áreas descobertas presentes em terrenos particulares e liberá-la lentamente na rede ou na via pública,de forma a minimizar os impactos advindos dos períodos de intenso índice pluviométrico que promovem os fenômenos de inundação em determinadas áreas suscetíveis a eles.

VIII - Dissipadores: estruturas construídas e dispostas em pontos específicos com o objetivo de reduzir a velocidade da água pluvial de forma a minimizar os efeitos causados pela ação dessa água sobre o solo muitas vezes desprotegido, como por exemplo, processos erosivos em terrenos situados na margem de rios e córregos.

IX - Drenagem: é o conjunto de dispositivos destinados ao escoamento da água pluvial,sendo compostos principalmente pelas estruturas de macro e microdrenagem.

X - *Greide*: é o perfil do eixo longitudinal da superfície livre da via pública onde se pretende propor rede de água pluvial.

XI - Guia: é o meio fio da rua ou a faixa longitudinal de separação entre a rua propriamente dita e a calçada, sendo que seu ponto mais alto está no mesmo nível da calçada, recoberta na maioria das vezes por asfalto, calçamento ou concreto.

XII - Microdrenagem: constitui-se no conjunto de dispositivos dimensionados com o objetivo de captar o escoamento superficial da água pluvial proveniente da superfície, podendo ser sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, entre outros.

XIII - Macrodrenagem: é o conjunto de canais naturais ou não e de galerias cujo objetivo é receber a água pluvial captada pela microdrenagem e direcioná-los para os rios principais da bacia hidrográfica.

XIV - Manejo da Águas Pluviais: é o conjunto de atividades e infraestruturas voltadas à coleta, transporte, detenção ou retenção da água pluvial com o intuito de amortecer as cheias provenientes de eventos pluviométricos intensos, tratamento e reaproveitamento dessas águas. Insere-se nessa atividade o lançamento dessas águas nos rios principais da bacia hidrográfica.

XV - Plano Municipal de Recursos Hídricos: são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação de uma Política Municipal de Recursos Hídricos

e o gerenciamento desses recursos. São planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. Tem como conteúdo mínimo:

a) Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos no Município,
b) Análise das alternativas de crescimento demográfico
c) Análise de evolução de atividades produtivas e de modificação dos padrões de ocupação do solo;
d) Análise das disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade com identificação dos conflitos potenciais;
e) Metas de racionalização de uso;
f) Aumento da quantidade e qualidade dos recursos disponíveis;
g) Outros aspectos definidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

XVI – Poços de Visita: câmaras situadas em pontos específicos da rede de drenagem construídos com o objetivo de facilitar a inspeção da rede e proceder a sua manutenção.

XVII - Rede Pluvial: condutos construídos com um diâmetro mínimo de 400 (quatrocentos) mm, destinados à condução da água pluvial coletada pelas bocas de lobo e ligações provenientes de habitações e empreendimentos e transportá-la até rios, córregos ou pontos de lançamento.

XVIII - Sarjeta: é o canal longitudinal de seção transversal triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, construída com o objetivo de captar e direcionar a água pluvial para os dispositivos componentes da microdrenagem.

XIX - Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos: é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

XX – Vazão pré-urbanização – vazão específica máxima calculada dentro da bacia ou sub-bacia hidrográfica máxima.

XXI – Vazão pós-urbanização – vazão máxima específica calculada dentro da bacia ou sub-bacia hidrográfica, considerando todos os elementos que reduziram área permeável, inclusive as habitações.

TÍTULO II

COMPOSIÇÃO DO PLANO E MANUAL DE DRENAGEM URBANA

Art. 4º - O Plano e o Manual de Drenagem Urbana e seus documentos passam a compor os instrumentos de planejamento do Plano Diretor Municipal de Irati e suas recomendações se constituem em objeto complementar para apresentação de projetos de empreendimentos de qualquer natureza que tratam da drenagem urbana/águas pluviais.

Art. 5º - O Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Irati é composto dos seguintes documentos:

I - Plano de Trabalho Consolidado - orienta a elaboração do Plano Diretor de drenagem urbana de Irati (anexo 01);

II - Relatório de diagnóstico de drenagem urbana - trata da obtenção e tratamento de dados, com delimitação das bacias hidrográficas, descrições, cálculos de vazões, análise de cenários presentes e futuros (anexo 02);

III - Relatório de análise de drenagem urbana - trata da proposição de medidas estruturais e não estruturais a partir dos cenários da realidade e obras hidráulicas existentes (anexo 03);

IV- Relatório de Prognóstico de drenagem urbana - prevê a elaboração de programas e ações no âmbito das políticas públicas municipais para implantação do Plano de drenagem urbana (anexo 04);

V – Manual de drenagem e plano de ações - relatório de recomendações – auxilia nas áreas de planejamento e projetos de drenagem urbana, planejamento e controle do uso, além de projetos, análise e aprovação de empreendimentos, com estabelecimento de critérios de planejamento, controle e projetos visando, sobretudo, o controle dos impactos do desenvolvimento urbano sobre o sistema de drenagem e o controle da qualidade da água pluvial (anexo 05).

TÍTULO III

DA DEFINIÇÃO DE PRAZOS, REVISÕES E PUBLICAÇÕES

Art. 6º - O Plano Diretor de Drenagem Urbana deverá ser revisado a cada 04 (quatro) anos, de acordo com a Lei Federal n.º 11.445/2007.

Art. 7º - O acompanhamento das ações e intervenções deve ser constante, com a publicação de resultados preferencialmente anualmente.

TÍTULO IV
FONTES E PROPRIETÁRIOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

Art. 8º - São águas públicas de uso comum as correntes, canais, lagos e lagoas navegáveis ou flutuáveis, as fontes e reservatórios públicos e as nascentes perenes.

Art. 9º - São águas comuns as correntes não navegáveis ou flutuáveis.

Art. 10 - São águas particulares aquelas localizadas em terrenos particulares quando não enquadradas nas categorias de águas públicas.

Art. 11 - As águas subterrâneas poderão ser apropriadas pelos proprietários de poços e galerias, desde que não prejudiquem aproveitamentos existentes, nem derivem ou desviem de seu curso natural.

Art. 12 - As águas pluviais pertencem ao proprietário da habitação ou ao empreendimento onde caírem diretamente, devendo seu uso estar compatibilizado com as demandas da vizinhança e da comunidade.

Parágrafo Único - As águas pluviais que caírem em terrenos públicos serão consideradas de uso comum.

TÍTULO V
PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Art. 13 - A preservação dos recursos hídricos deve ser incentivada pelo Município e pela comunidade, sendo expressamente vedado:

I - Utilizar a rede de drenagem pluvial para transporte de esgoto sanitário e vice-versa;

II - Descartar resíduos sólidos de quaisquer espécies nas vias públicas e dispositivos de drenagem pluvial;

III - Construir aterros sanitários e fossas sépticas próximos a aquíferos superficiais e subterrâneos sem que haja tratamento prévio;

IV - Proceder ao escoamento da água pluvial proveniente de telhados por meio de escoamento no beiral ou por goteiras ou diretamente na calçada, ou sobre o imóvel vizinho, salvo em casos onde não houver possibilidade de proceder à ligação sob a calçada. Nesse último caso, a ligação poderá ser feita por meio de dutos fechados e com lançamento para a calçada em altura não superior a 20 (vinte) cm do pavimento;

V - Proceder à introdução nas redes de drenagem pública urbana dos seguintes elementos:

a) Lodo proveniente de fossas sépticas, gorduras ou óleos oriundos de caixas de gordura ou retenção ou qualquer outro dispositivo semelhante e que necessitem de manutenção;
b) Entulho, resíduos plásticos, material particulado de quaisquer naturezas (ex: areias, lama, cimento, entre outros);
c) Materiais/substâncias explosivas ou inflamáveis;
d) Substâncias oleaginosas de quaisquer naturezas;
e) Aguas servidas ou de qualquer outra natureza que não a proveniente da água de chuva;
f) Qualquer outro material/substância que por sua natureza/origem possa vir a comprometer o sistema de drenagem pluvial urbana, retardando ou paralisando o fluxo da água pluvial.

VI - Apenas as áreas de recuo frontal mantidas como área verde poderão ser drenadas diretamente para o sistema público de drenagem pluvial.

TÍTULO VI
DRENAGEM URBANA

Art. 14 - Toda ocupação que resulte em superfície impermeável deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de acordo com o especificado no Manual de Drenagem Urbana por sub-bacia.

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

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

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

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

§5° - Os loteamentos, condomínios e similares em licenciamento devem apresentar projetos de drenagem prevendo a captação de águas pluviais da pós-urbanização.

Art. 15 - A comprovação da manutenção das condições de drenagem de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo deve ser apresentada a Secretaria Municipal de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo.

§1° - Para terrenos com área inferior a 100 (cem) hectares, quando o controle de drenagem adotado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório deve ser determinado através da equação especificada no Manual de Drenagem Urbana.

§2° - O volume de reservação de drenagem necessário para áreas superiores a 100 (cem) hectares deve ser determinado através de estudo hidrológico específico, com precipitação de projeto e com probabilidade de ocorrência de 10% (dez por cento) em qualquer ano (Tempo de retorno igual a 10 (dez) anos).

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

I - Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 50% (cinquenta por cento) a área que utiliza estes pavimentos;

II - Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% (quarenta por cento) a área de telhado drenada, ou seja, nos locais onde existe rede de drenagem, 60% da água que cai sobre o telhado deve ser encaminhada para a rede de drenagem, e os 40% restantes devem ir para as áreas permeáveis do terreno;

III - Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% (oitenta por cento) a área de telhado drenada, ou seja, nos locais que locais onde não existe rede drenagem, 80% do volume de água deve permanecer na área permeável do terreno, e os 20% restantes devem seguir para os corpos d'água;

IV - Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% (oitenta por cento) as áreas drenadas para as trincheiras.

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

Art. 16 - Será admitida a implantação de dispositivos de contenção de águas pluviais na área de recuo do lote.

Art. 17 - Após a aprovação do projeto de drenagem pluvial da edificação ou do parcelamento por parte do órgão gestor é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície.

Parágrafo Único - A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção do volume adicional gerado de acordo com a equação do §1° do art. 15.

TÍTULO VII
DAS INFRAÇÕES E PENALIDADES

Art. 18 - A Secretaria Municipal de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo será responsável pela fiscalização das disposições desta Lei e demais normas

aplicáveis, atendendo os canais de comunicaçao com a comunidade, a exemplo da Ouvidoria para o recebimento de denúncias.

Art. 19 - Além dos deveres e comportamentos já indicados nesta Lei, será considerada infração sujeita à multa de 10 URM, a descarga incorreta de efluentes sanitários na via pública ou na rede de drenagem pluvial pública e a céu aberto.

Art. 20 - O pagamento da multa não modifica a situação de irregularidade, ficando o infrator obrigado a proceder a regularização do problema objeto de autuação e/ou a reparação dos danos causados e em desacordo com as disposições aqui contidas.

Art. 21 - Ficam definidos os seguintes critérios e valores para a aplicação das penalidades, relacionadas às infrações previstas nesta lei:

INFRAÇÃO	ARTIGO	VALOR EM URM
Utilizar a rede de drenagem pluvial para transporte de esgoto sanitário e vice-versa;	13, inciso I	10
Descartar resíduos sólidos de quaisquer espécies nas vias públicas e dispositivos de drenagem pluvial;	13, inciso II	10
Construir aterros sanitários e fossas sépticas próximos a aquíferos superficiais e subterrâneos sem que haja tratamento prévio;	13, inciso III	20
Proceder ao escoamento da água pluvial proveniente de telhados por meio de escoamento no beiral ou por goteiras ou diretamente na calçada, ou sobre o imóvel vizinho, salvo em casos onde não houver possibilidade de proceder à ligação sob a calçada	13, inciso IV	10

Proceder à introdução nas redes de drenagem pública urbana de materiais especificados nos alíneas de "a" a "f".	13, inciso V alínea (a, b, c, d, e, f)	15
Encaminhar para drenagem outras áreas das permitidas (áreas de recuo frontal mantidas como área verde poderão ser drenadas diretamente para o sistema público de drenagem pluvial).	13, inciso V	10

TÍTULO VIII
DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 22 - Os casos omissos e as dúvidas suscitadas na aplicação desta lei serão objeto de análise e parecer da Secretaria Municipal de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e se houver necessidade, serão sujeitas a de deliberação do Concidade.

Art. 23 - Esta lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, especialmente o Decreto nº 91/2015.

GABINETE DO PREFEITO MUNICIPAL DE IRATI, em 03 de dezembro de 2019.

Jorge David Derbli Pinto
Prefeito Municipal

PROJETO DE LEI Nº 107/2019

Súmula: Dispõe sobre a Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Irati/Pr e dá outras providências.

J U S T I F I C A T I V A

Senhor Presidente.
Nobres Vereadores.

A cidade de Irati, desde o início da sua formação, foi implantada numa região de relevo desfavorável, apresentando inúmeras áreas com depressões geográficas e abundante sistema de drenagem natural.

Tais condições naturais aliadas ao processo de urbanização que se iniciou nas partes mais planas e foi sendo direcionado aos morros, contribuiu para o agravamento das inundações e deficiência do sistema de drenagem urbana.

São frequentes os entupimentos de galerias pluviais, além da saturação de galerias que não possuem dimensão suficiente para escoar as águas e direcioná-las até as calhas naturais dos córregos e rios.

Por sua vez, a bacia do Rio das Antas, o sistema receptor de todas as demais microbacias que são direcionadas à Bacia do Tibagi, apresenta diversos pontos de estrangulamento. Estes pontos surgem sobre outros rios, de modo que a drenagem passou a ser um problema significativo que requer medidas e ações de natureza estruturante e não estruturante por parte do poder público para reduzir os impactos decorrentes da formação da cidade que afetou o sistema de drenagem.

Um dos pilares que compõe a Política Nacional de Saneamento Básico é a Drenagem Urbana.

A administração municipal utilizou de recursos financeiros do Ministério das Cidades e hoje, dispõe de um documento técnico detalhado que instrumentaliza obras, ações, programas e projetos para reduzir os impactos de inundações, além de indicar diversas ações que buscam nos princípios de sustentabilidade e de prevenção, investir em mecanismos de controle na fonte retardamento o volume de água sobre os corpos hídricos em picos pluviométricos.

Portanto, o projeto de Lei que ora se apresenta seguido dos relatórios técnicos e do Plano de Drenagem e Manual de Drenagem Urbana retratam com propriedade, os rumos que a administração deve assumir nesta e nas próximas gestões para atuar na área de saneamento básico primando pela melhoria de qualidade de vida da população.

Contamos com o apoio de Vossas Excelências para apreciação favorável a este Projeto de Lei.

Atenciosamente

Jorge David Derbli Pinto
Prefeito Municipal

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR



PRODUTO 1 – PLANO DE TRABALHO CONSOLIDADO

FERMA ENGENHARIA

IRATI/PR
JUNHO/2018

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR

Contrato nº 026/2018
Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa

PRODUTO 1 – PLANO DE TRABALHO CONSOLIDADO

FERMA ENGENHARIA

IRATI/PR
JUNHO/2018

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Prefeitura Municipal de Irati o **Produto 1 – Plano de Trabalho Consolidado,** referente ao Contrato de Obra e Serviço de Engenharia nº 026/2018, Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

André Luciano Malheiros

Engenheiro Civil, CREA PR-67038/D

Coordenador Geral do Plano

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO PLANO

EQUIPE TÉCNICA

André Luciano Malheiros	Engenheiro Civil, Dr. Coordenador Geral
Helder Rafael Nocko	Engenheiro Ambiental, Ms. Coordenador Técnico
Nilo Aihara	Engenheiro Civil Especialista
Sandra Mayumi	Arquiteta e Urbanista Especialista

EQUIPE COMPLEMENTAR

Bruno Gomes Camargo	Eng. Ambiental e Sanitarista
Paulo Henrique Costa	Geógrafo
Cinthya Hoppen	Eng. Química
Guadalupe Garcia	Eng. Ambiental
Romildo Macário	Administrador
Larissa dos Santos Silva	Geógrafa
Evelin Steffen Albanski	Acadêmica de Eng. Cartográfica

RESUMO DE REVISÕES

01	**16/06/2018**	**PTC**	**ALM/CH/PHC**	**ALM**	**ALM**
Revisão	**Data**	**Descrição Breve**	**Ass. do Autor.**	**Ass. do Superv.**	**Ass. de Aprov**

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI - PR	
FASE 01 – P01 DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA	
Elaborado por: Paulo Henrique Costa	Supervisionado por: André Luciano Malheiros

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Aprovado por:	Revisão	Finalidade	Data
André Luciano Malheiros	01	3	16/06/2018

Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação

FERMA ENGENHARIA

Ferma Engenharia LTDA.
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico
CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487 ferma@fermaengenharia.com.br |
www.fermaengenharia.com.br

SUMÁRIO

Sumário

1. Introdução 9
2. Objetivos 11
3. Fundamentos do Plano Diretor de Drenagem Urbana 13
3.1. Política de Águas Pluviais 14
3.2. Medidas 16
3.2.1. Não estruturais 16
3.2.2. Estruturais 17
3.3. Produtos 20
3.4. Programas 20
3.5. Informações 20
4. Diretrizes Gerais 22
5. Atividades 24
5.1. Consolidação do Plano de Trabalho 24
5.2. Preparação das Bases Cartográficas 24
5.3. Levantamento de Dados e Informações 25
5.4. Formulação de Cenários 26
5.5. Diagnóstico e Prognóstico das Inundações 28
5.6. Otimização das Medidas Estruturais de Controle 29
5.7. Levantamentos Complementares de Campo 31
5.8. Anteprojetos das Medidas Estruturais de Controle 31
5.9. Proposição de Medidas de Controle Não Estruturais 32
5.10. Análises Benefício-Custo 33
5.11. Elaboração do Programa Municipal de Drenagem 33
5.12. Divulgação do Plano e Discussão com a Comunidade 34
5.13. Elaboração do Manual de Drenagem Urbana 35

6. Qualificação dos Produtos 36
6.1. Banco de Dados Georreferenciado 36
6.2. Relatórios 37
6.2.1. Relação de Produtos 37
7. Prazo e Cronograma 39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes Básicos do Plano Drenagem Urbana 14
Figura 2: Fluxograma para definição das medidas estruturais 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação dos produtos previstos para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati 37
Tabela 2: Cronograma físico do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati 39

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o Plano de Trabalho que norteará a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Irati, no Estado do Paraná.

A Ordem de Serviço do Plano é datada de 15 de maio de 2018, que é a data de referência de início dos serviços.

No processo de planejamento da cidade, o Plano Diretor de Drenagem Urbana é fundamental para auxiliar o Município a promover melhorias estruturais e não estruturais, visando reduzir os impactos negativos da ocorrência de chuvas intensas ou prolongadas que historicamente vêm causando na cidade. O estudo deve considerar a condição natural e as características de suas bacias hidrográficas e cursos hídricos e o processo de ocupação urbana.

Com base na análise histórica, projeções de cenários e análise de prognósticos para a drenagem urbana, serão definidos planos, projetos, programas e ações para que

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

sejam minimizados os danos de inundações na Cidade de Irati, considerando as alternativas técnica e economicamente viáveis, considerando o horizonte do plano, queserá entre 20 e 30 anos.

2. OBJETIVOS

A finalidade do Plano Diretor de Drenagem Urbana da cidade de Irati é dotar a Prefeitura Municipal de subsídios que permitam reduzir os impactos das inundações no meio ambiente do quadro urbano e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

O Plano será desenvolvido por equipe multidisciplinar da equipe da empresa contratada, com o apoio do corpo técnico da Prefeitura.

O Plano deverá ser fundamentado nos seguintes aspectos principais:

- Solução dos problemas de inundação da bacia do Rio das Antas e da bacia do Riozinho;
- Soluções integradas à paisagem e aos mecanismos de conservação do meio ambiente;
- Projetos com soluções economicamente viáveis que apresentem relações benefício/custo adequadas e prevejam os custos de investimentos;
- Excesso de escoamento superficial controlado na fonte, evitando a transferência para jusante do aumento do escoamento e da poluição urbana;
- Redução dos impactos, sobre o sistema de drenagem, provocados por novos empreendimentos e em desenvolvimento;
- Previsão dos impactos dos novos empreendimentos licenciados, que ainda não estão com as obras iniciadas;
- O Plano deverá dar prioridade para:
    - Controle da impermeabilização;
    - Restrição da ocupação de áreas de recarga, várzeas e áreas frágeis e Áreas de preservação permanente, de áreas com declividades acentuadas;

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- Implantação de dispositivos de infiltração ou reservatórios de amortecimento ao invés de obras de aceleração e afastamento das águas pluviais (canalização);
- Institucionalização desses princípios incorporando-os na legislação municipal, em especial no Plano Diretor do Município que atualizou sua legislação, porém com demandas por respostas na área de uso e ocupação do solo e parcelamento;

- Horizonte de planejamento entre 20 e 30 anos, a partir da data de elaboração.

As medidas não estruturais serão constituídas pelas posturas a serem incorporadas na legislação de uso e ocupação do solo, parcelamento do solo e medidas de gestão a serem implantadas.

As medidas estruturais referem-se às obras destinadas à redução do risco de inundações. Elas serão apresentadas na forma de anteprojetos de engenharia das soluções propostas para o Município.

O Plano deverá também propor ações de um Programa Municipal de Drenagem Urbana que conterá: o orçamento estimativo das medidas de controle, a valoração dos benefícios, o cronograma físico financeiro, as correções da legislação de uso e ocupação e de parcelamento e além de outros elementos essenciais à consistência e à viabilidade do programa

3. FUNDAMENTOS DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

De forma geral, o Plano será feito contemplando as etapas de diagnóstico, projeções de cenários de inundações e alagamentos, prognósticos e propostas para uma adequada gestão e manejo de águas pluviais.

Seguindo a orientação do Termo de Referência, o Plano abordará 5 componentes básicos: Política de Águas Pluviais; Medidas não estruturais e estruturais; Produtos; Programas; Informações.

A Figura 1 apresenta de forma esquemática os componentes básicos do Plano Diretor de Drenagem Urbana, conforme proposto no Termo de Referência para a

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

elaboração dos serviços.

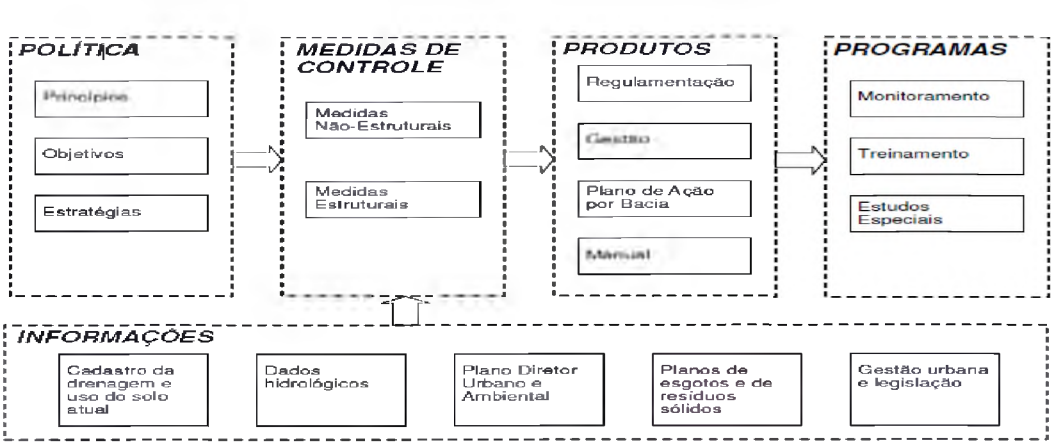


Figura 1: Componentes Básicos do Plano Drenagem Urbana

3.1. Política de Águas Pluviais

A política do Plano deve se basear no seguinte:

- Controle das águas pluviais;
- Estratégias de desenvolvimento do plano como a compatibilidade entre os Planos preparados para a cidade;
- Definição de cenários de desenvolvimento urbano e riscos para as inundações;

Os princípios do desenvolvimento de um programa sustentável de águas pluviais, que são detalhados a seguir:

a. O Plano Diretor de Drenagem faz parte do desenvolvimento urbano. A drenagem faz parte da infraestrutura urbana e, portanto, deve ser planejada em conjunto dos outros sistemas;
b. O escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação urbana da bacia. O princípio é de que cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural;
c. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos. Caso isso ocorra, deve-se prever uma medida mitigadora;
d. O Plano deve prever a minimização do impacto ambiental,com o planejamento do saneamento ambiental e a redução da carga das águas que escoam.
e. O Plano Diretor de Drenagem urbana deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas loteadas;

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

f. O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo;

g. O Plano Diretor de Drenagem, a adequação da Legislação e o Manual de Drenagem. O primeiro estabelece as linhas principais, as legislações controlam e o Manual orienta;

h. O controle de enchentes é um processo permanente:é necessário estar atento às potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo das áreas de risco.

i. A educação de profissionais, da população e de administradores públicos é essencial para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente;

j. O custo da implantação deve ser transferido aos proprietários dos lotes, proporcionalmente a sua área impermeável;

O Plano Diretor de Drenagem Urbana cria mecanismos de relacionando com o escoamento das águas e dos rios urbanos. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, e a melhorar as condições de saúde e do meio ambiente da cidade.

3.2. Medidas

3.2.1. Não estruturais

As medidas não estruturais são as seguintes:

- Legislação e regulamentação sobre o aumento da vazão devido à urbanização e ocupação da área de risco de áreas ribeirinhas;
- Gestão dos serviços urbanos relacionados com as águas pluviais.

Regulamentação da drenagem urbana

A regulamentação para controle da drenagem urbana não apenas para os novos loteamentos, mas também na densificação urbana. A regulamentação também subsidia projetos áreas já loteadas.

Regulamentação das áreas ribeirinhas e áreas de relevo acentuado

Este componente trata da definição das zonas de passagem da inundação e das zonas de regulamentação. Aplicam-se nas áreas de relevo acentuado, presentes na paisagem urbana de Irati.

Gestão da Drenagem Urbana

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

A gestão trata das instituições municipais que deverão implementar este Plano Diretor. Esta implementação envolve: desenvolvimento do Plano de Ações, fiscalização dos serviços, avaliação e fiscalização da implementação de loteamentos, e obras relacionadas com a legislação e dos programas previstos.

3.2.2. Estruturais

Essas medidas envolvem o Plano para cada sub-bacia, além de medidas de proteção contra inundações ribeirinhas, quando for o caso.

A definição das bacias urbanas é a primeira ação do Plano quanto às medidas estruturais, baseadas numa sub-divisão de rios que escoam para um grande sistema (lago, rio, reservatório ou estuário). Considerando que para cada sub-bacia será elaborado um Plano, admite-se que as mesmas não deverão exportar impactos, mas representam características de interferências entre si através do escoamento. A estrutura do Plano de bacia é apresentada a seguir:

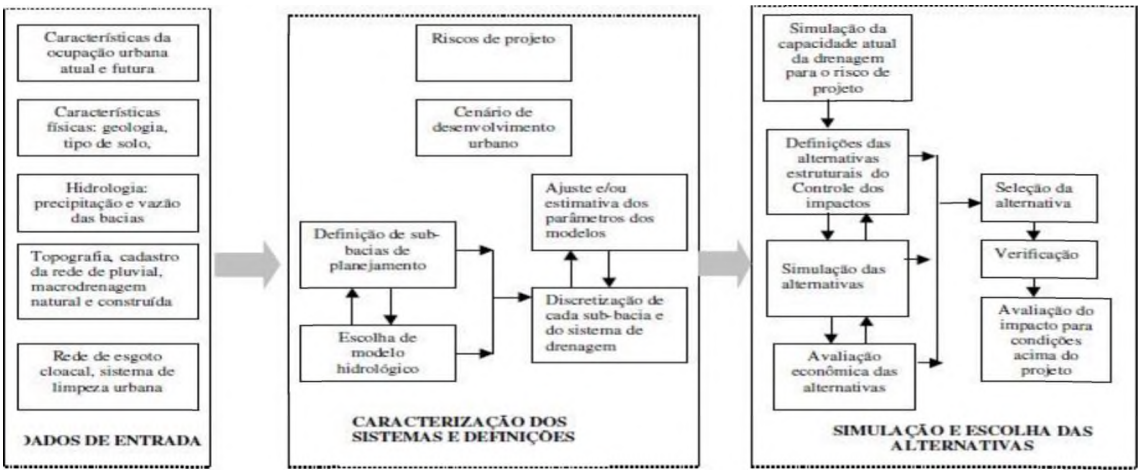


Figura 2: Fluxograma para definição das medidas estruturais

Definição das alternativas de controle

Formulação das possíveis medidas de controle através do seguinte:

- Identificação em campo dos possíveis locais para reservatórios de detenção;
- Avaliação dos volumes disponíveis em função das cotas;
- Trechos que podem ser ampliados e seus condicionantes.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Para determinar a combinação ótima o planejador poderá verificar as alternativas disponíveis:

- Redução do escoamento superficial através de medidas na fonte (geralmente para futuros cenários);
- Detenções em locais em que existem áreas disponíveis ou mesmo em locais enterrados quando as abertas não forem possíveis;
- Ampliação da capacidade de escoamento do sistema.

3.3. Produtos

Haverá definição de diversos produtos no Plano Diretor de Drenagem Urbana. Para as medidas não estruturais, principalmente, haverá sugestões para a regulamentação, que podem atualizar os critérios de ocupação urbana do Município.

A análise da estrutura organizacional e institucional da Prefeitura também poderá resultar em sugestões para melhorias na gestão, visando à operacionalização do Plano Diretor de Drenagem Urbana. A Prefeitura deverá estar apta a atualizar o planejamento, executar as ações previstas, fiscalizar os serviços e o processo de ocupação urbana e execução de obras.

Conforme o TR, serão elaborados Planos de Ações por sub-bacias hidrográficas, buscando facilitar a gestão, aplicação e fiscalização das medidas. Está prevista a elaboração do Manual de Drenagem Urbana, com o objetivo de orientar o corpo técnico da Prefeitura, que atuam no planejamento do uso do solo, projetos de drenagem urbana e análise e aprovação de projetos particulares, e também prestadores de serviços e empreendedores que são responsáveis pelo projeto e implantação de obras e empreendimentos.

3.4. Informações

As informações levantadas para o desenvolvimento do Plano e que serão utilizadas para nortear a definição das medidas não estruturais e estruturais serão realizadas partir do cadastro da rede pluvial; bacias hidrográficas e suas características físicas; dados hidrológicos: precipitação, vazão e sedimentos; Plano Diretor Urbano, Plano Municipal de Resíduos Sólidos; Plano Municipal de Saneamento Básico e Sistema de Gestão Urbana.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

O fornecimento desses dados será responsabilidade da Prefeitura, estando a empresa de consultoria contrata responsável por complementar esses dados, com base em fontes oficiais, vistorias e levantamentos de campo.

4. DIRETRIZES GERAIS

O Plano Diretor de Drenagem Urbana será elaborado atendendo às seguintes diretrizes básicas, conforme o Termo de Referência:

- Os anteprojetos das medidas de controle estruturais serão elaborados, no que couber, em conformidade com as Normas Técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- Para o acompanhamento, serão realizadas reuniões de acordo com as etapas previstas na Prefeitura de Irati, com Coordenador Geral e membros da Contratada envolvidos com as atividades. A Prefeitura poderá convocar, a seu critério, reuniões extraordinárias.
- Ao final de cada fase a Comissão de Acompanhamento far-se-á uma avaliação dos resultados. A avaliação será encaminhada para a Contratada que, quando for o caso, deverá proceder aos ajustes, alterações ou complementações solicitadas;
- Nas duas primeiras etapas serão realizadas audiências públicas, submetendo os estudos ao conhecimento e participação da comunidade;
- A Contratada deverá valer-se basicamente dos dados constantes de trabalhos existentes e disponibilizados pela Prefeitura (conforme Anexo 01 - Dados Cartográficos do Termo de Referência).e de outras fontes dignas de crédito. Todo dado utilizado deverá ter sua fonte identificada. Caso encontre lacunas, a Contratada deverá prever a maneira de preenchê- las, seja buscando outras fontes ou adotando hipóteses simplificadoras. No segundo caso, irá propor uma forma de se obter esses dados no futuro e aferir as hipóteses adotadas;
- Os procedimentos metodológicos adotados deverão ser claramente indicados e justificados. Quando diferentes resultados se destinarem à comparação, a obtenção dos mesmos deverá ter homogeneidade metodológica;
- No caso de ser necessária a adoção de hipóteses e considerações simplificadas, as mesmas deverão ser convenientemente explicitadas e justificadas;
- Os *softwares* utilizados na elaboração do Plano deverão gerar dados compatíveis com os sistemas operados pela Prefeitura que devem gerar arquivos nas extensões .shp, .dwg, e .dxf . Preferencialmente deverão ser utilizados *softwares* de uso livre, especialmente para a modelagem hidráulica e hidrológica;

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- A elaboração do Plano vai levar em conta o conhecimento de todos os trabalhos, existentes ou em execução, que tenham correlação com os objetivos do Plano de Drenagem, os quais serão disponibilizados (conforme Anexo 02 do Termo de Referência), citando os seguintes documentos: Lei de uso e ocupação do solo, lei de parcelamento do solo, lei do perímetro urbano, lei do sistema viário, diretrizes do Plano diretor Municipal, Plano de Mobilidade Urbana;
- As proposições do Plano de Drenagem deverão ser compatíveis com os demais planos e programas existentes ou em elaboração que, de alguma forma, se relacionem com o trabalho;
- A Contratada deverá ter sempre presente, as restrições de ordem técnica, legal e político-administrativa existentes, tais como os limites municipais, as áreas de preservação ambiental, a jurisdição de cada órgão e a competência das demais entidades que tenham relação com o problema.

- **Levantamento de Dados e Informações**

Os dados básicos que deverão ser levantados para a elaboração do Plano de Drenagem são descritos a seguir. Outros dados poderão ser necessários em função de especificidades da metodologia a ser adotada no desenvolvimento do trabalho. Dentre os dados, destacam-se:

- Características Físicas das Bacias e do Sistema de Macrodrenagem-disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Irati.
- Utilização do cadastro do sistema de macrodrenagem na área urbana abrangendo o Rio das Antas e seus afluentes e rio Riozinho e seus afluentes.
- A precisão do cadastro deverá ser compatível com a precisão dos demais dados de entrada dos modelos de simulação. Em princípio deverão ser levantadas e niveladas seções transversais a, pelo menos, cada 100 m, intercaladas de seções nos pontos de mudança de declividade, ao longo dos rios. O cadastro da macrodrenagem deverá incluir também todas as singularidades que possam afetar o escoamento, tais como: transições, estreitamentos bruscos (como os que existem em algumas pontes) e desemboques.

Cenário Atual

No qual será estudado o impacto da urbanização atual sobre o sistema de drenagem existente. As simulações deste cenário deverão representar, na modelagem, as situações caracterizadas no diagnóstico.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cenário Tendencial

No qual será estudado o impacto da urbanização futura sobre o sistema de drenagem existente. Este cenário representará a tendência de aumento dos prejuízos provocados pelas inundações considerando-se a expansão da mancha urbana sem a implantação das medidas de controle propostas no Plano de Drenagem. Fornecerá elementos para os estudos de benefícios quando for aplicada a metodologia dos custos evitados.

Poderão ser avaliados diferentes Cenários Alternativos de Planejamento, que representarão os efeitos das diversas alternativas de controle estudadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Cenário Proposto

Após análise de possíveis cenários, será proposto o cenário que apresentar maior eficiência considerando-se os critérios de melhor relação benefício/custo e de menor impacto ambiental.

Os estudos dos cenários futuros deverão ser precedidos de estudos demográficos que estimarão população urbana de Irati, desde o período atual até o horizonte do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Os resultados dos estudos demográficos serão apresentados em planos de informação do banco de dados georreferenciado contendo os seguintes elementos:

- Limites da área urbanizada atual com a distinção das diferentes faixas de densidade;
- Limites das áreas urbanizadas projetados para etapas de 10 anos até o horizonte do Plano, com a distinção das diferentes faixas de densidade;
- Distribuição espacial da população atual e futura;
- Índices de impermeabilização atuais e futuros.

Os limites da área urbana atual poderão ser obtidos de imagens recentes de satélite ou a partir de aerofotos, bem como pela lei do perímetro urbano que delimita esta área. A expansão da mancha urbana poderá ser avaliada considerando as projeções dos estudos demográficos, os novos loteamentos aprovados ou em fase de aprovação, e os limites de ocupação (umbrais de expansão) definidos pela legislação de uso do solo.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

As densidades de urbanização poderão ser inferidas a partir da classificação supervisionada das imagens ou aerofotos, cruzando-as com as densidades demográficas projetadas a partir das densidades dos setores censitários (se houver), apuradas pelo IBGE, se necessário.

Os índices de impermeabilização poderão ser determinados a partir da relação *área impermeável / densidade demográfica*, obtidas das imagens ou aerofotos e populações dos setores censitários e dos dados fornecidos pela Prefeitura Municipal.

A critério da empresa de consultoria, poderão se utilizados outros métodos para os cenários de impermeabilização, desde que seja equivalente ou melhor dos sugeridos acima.

- **Diagnóstico e Prognóstico das Inundações**

Nesta atividade será estudado o impacto da urbanização atual e futura sobre o sistema de drenagem existente (cenário *Atual* e cenário *Tendencial*).

O diagnóstico deverá apontar com precisão as causas das inundações que acontecem em Irati, abrangendo: áreas de risco, contornos e cotas das linhas de inundação, trechos críticos, singularidades do sistema, eventos pluviométricos críticos e custos dos prejuízos causados pelas inundações.

O diagnóstico deverá também apresentar a análise da legislação em vigor de uso e ocupação do solo, de parcelamento do solo, de sistema viário, perímetro urbano. Deve-se analisar também o sistema atual de gestão da drenagem, identificando as posturas legais mais impactantes e os gargalos institucionais.

O prognóstico mostrará o comportamento futuro das inundações sem a implantação das propostas do Plano Diretor de Drenagem Urbana, utilizando como ferramenta o modelo de simulação.

Os contornos e cotas das linhas de inundação atuais e prognosticadas deverão ser relacionados com os respectivos tempos de recorrência e prejuízos. Posteriormente, a partir dessas relações deverão ser traçadas curvas *risco x prejuízos* que servirão para avaliar os custos esperados das inundações futuras.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Otimização das Medidas Estruturais de Controle**

Para o estudo das medidas estruturais e sua otimização, deverão ser utilizados, como ferramentas, modelos matemáticos de simulação para os seguintes rios e arroios; Arroio dos Pereiras; Arroios das Canisianas; Arroio da região da Rua Cezário Fortes; Arroio do Nhapindazal, Rio do Meio e Rio das Antas.

A modelagem abrangerá duas etapas básicas:

Simulação de Cenários

As áreas destinadas às obras de amortecimento de vazões deverão ser preferencialmente selecionadas entre as áreas livres identificadas na fase de levantamento de informações.

- **Anteprojetos das Medidas Estruturais de Controle**

Os anteprojetos abrangerão: dimensionamento hidráulico, projeto geométrico, terraplenagem, estruturas, fundações, instalações elétricas, acessos, paisagismo; orçamentos das obras, custos de desapropriação, custos de operação e de manutenção, e demais itens relevantes que interessarem ao planejamento.

Os anteprojetos deverão conter:

- Relatório descritivo e justificativo;
- Memoriais de cálculo;
- Desenhos de implantação, terraplenagem, estruturas, paisagismo e demais informações: plantas, cortes e detalhes;
- Quantitativos e orçamentos;
- Especificações básicas.

- **Proposição de Medidas de Controle Não Estruturais**

As medidas de controle não estruturais serão apresentadas para as áreas urbanizadas, áreas de expansão e das áreas do entorno do quadro urbano – objeto de estudo proposto. Deverão englobar propostas para:

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- Aplicação do princípio jurídico pelo qual o proprietário, ao vender sua propriedade, deve oferecê-la, em primeiro lugar, ao poder público.
- Controle do uso e ocupação do solo a serem incorporadas pelo Plano Diretor do Município;
- Reformulação do sistema de gestão considerando-se as características do sistema proposto;
- Obtenção de recursos através de repasses, financiamentos e tributação específica;
- Legislação voltada ao manejo das águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal;
- Bases para um programa de educação ambiental;
- Criação de parques lineares ao longo das várzeas de inundação natural ainda não ocupadas;
- Criação de parques nas cabeceiras dos rios principais para proteção dos rios contra assoreamento e proteção da qualidade da água;
- Outras propostas pertinentes.

- **Divulgação do Plano e Discussão com a Comunidade**

A compreensão e a aceitação da comunidade das medidas propostas são fundamentais para o sucesso do Plano Diretor de Drenagem Urbana. Com esse objetivo deverão ser organizadas pelo menos duas audiências públicas para apresentar os trabalhos realizados e estimular a participação dos agentes interessados.

6.1. Banco de Dados Georreferenciado

- Localização das medidas estruturais de controle propostas, sendo pelo menos (a menos que ao longo do estudo se mostrem desnecessárias ou inviáveis):
  - 03 sobre o Rio das Antas;
  - 01 no Arroio dos Pereira;
  - 01 Rio do Meio;
  - 01 no Nhapindazal;
  - 01 no Rio Lagoa; e
  - 01 no Rio Riozinho.

5. PRAZO E CRONOGRAMA

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

O prazo previsto é de 8 meses contados da emissão da ordem de início, que se seu em 16 de maio de 2018. O cronograma a ser atendido sugerido é apresentado abaixo. No cronograma estão indicadas as porcentagens de trabalho a serem cumpridas a cada mês pela empresa contratada. A comprovação do cumprimento dessas porcentagens será feita através da dos produtos relacionados no item Relação de Produtos.

Tabela 2: Cronograma físico do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati

ATIVIDADE		Mês							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PTC	Plano de Trabalho Consolidado								
Fase 01	Dados e Informações Coletadas e Definição da Base Cartográfica; Formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognóstico das Inundações; Estudo de Alternativas e Medidas de Controle Estruturais; Medidas de Controle Não Estruturais;								
Fase 02	Levantamentos Complementares de Campo; Anteprojeto das Medidas de Controle Estruturais; Análises Benefício-Custo;								
Fase 03	Programa Municipal de Drenagem - Proposição de Regulamentações; Proposta para a gestão da Implementação do Plano; Definição das fontes de recursos e de financiamento; Etapas de implantação das medidas de controle ; Cronograma físico-financeiro; Avaliação dos benefícios esperado;. Programas Complementares de médio e longo prazo; Complementação do cadastro da rede de drenagem; Monitoramento;								
Fase 04	Manual de Drenagem Urbana Planejamento e projetos de drenagem urbana; Planejamento e controle do uso do solo; Projeto, análise e aprovação de novos empreendimentos. O manual deverá estabelecer critérios de planejamento, controle e projeto inerentes.								

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR



PRODUTO 2 – RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA

FERMA ENGENHARIA

IRATI/PR
JUNHO/2018

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR

Contrato nº 026/2018
Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa

PRODUTO 2 – RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA

FERMA ENGENHARIA

IRATI/PR
JUNHO/2018

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Prefeitura Municipal de Irati o **Produto 2 – Relatório de Diagnóstico da Drenagem Urbana,** referente ao Contrato de Obra e Serviço de Engenharia nº 026/2018, Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

André Luciano Malheiros

Engenheiro Civil, CREA PR-67038/D

Coordenador Geral do Plano

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

EQUIPE DE ELABORACÃO DO PLANO

EQUIPE TÉCNICA

André Luciano Malheiros	Engenheiro Civil, Dr. - Coordenador Geral
Helder Rafael Nocko	Engenheiro Ambiental, Ms.
Nilo Aihara	Engenheiro Civil
Sandra Mayumi	Arquiteta e Urbanista

EQUIPE COMPLEMENTAR

Bruno Gomes Camargo	Eng. Ambiental e Sanitarista
Paulo Henrique Costa	Geógrafo
Cinthya Hoppen	Eng. Química
Guadalupe Eugenia Garcia	Eng. Ambiental
Romildo Macário	Administrador
Larissa dos Santos Silva	Geógrafa
Evelin Steffen Albanski	Acadêmica de Eng. Cartográfica

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

RESUMO DE REVISÕES

01	25/06		ALM/PHC/GG	ALM	ALM
Revisão	**Data**	**Descrição Breve**	**Ass. do Autor.**	**Ass. do Superv.**	**Ass. de Aprov**

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI - PR			
FASE 01 – P01 DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA			
Elaborado por: Paulo Henrique Costa	Supervisionado por: André Luciano Malheiros		
Aprovado por:	Revisão	Finalidade	Data
	01	3	25/06/2018
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
FERMA ENGENHARIA	**Ferma Engenharia LTDA.** Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico CEP 80.210-190 | Curitiba – PR Tel: (41)3053-3487 ferma@fermaengenharia.com.br | www.fermaengenharia.com.br		

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

SUMÁRIO

1. Introdução 10
2. Contextualização 11
2.1. Fundamentos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati 13
3. Preparação de Bases Cartográficas 15
3.1. Inventário 15
3.2. Edição e Processamento 15
3.3. Formas de apresentação 17
3.4. Mapas e ilustrações 18
4. Caracterização do Município 19
4.1. Contextualização Geral 19
4.2. Características Físicas-Ambientais 24
4.2.1. Caracterização Climatológica 24
4.2.1. Caracterização do Relevo 33
4.2.1. Caracterização de Uso e Cobertura do Solo 43
4.2.2. Hidrografia 45
4.3. A Sede Municipal de Irati 48
5. Levantamento e Processamento de Dados e Informações 51
5.1. Características físicas e de ocupação das bacias. 51
5.2. Cadastro do Sistema de Macrodrenagem e Microdrenagem na Área Urbana 55
5.3. Pluviometria 57
5.4. Pontos Críticos: inundações, enxurradas e alagamentos 58
5.5. Ocupação Urbana 62
5.6. Planos, estudos e projetos existentes e em desenvolvimento 67
5.7. Arranjo Institucional 72
5.8. Mobilização Social 76
6. Formulação De Cenários 77
6.1. Cenário Atual 78
6.2. Cenário Tendencial 79
6.3. Cenários Futuros de Crescimento Populacional e Expansão Urbana 80
6.3.1. Crescimento Populacional 80
6.3.2. Expansão Urbana 83
6.1. Cenários Alternativos de Planejamento – a serem estudados 84
6.2. Cenário Proposto – a ser definido após definição das medidas 84

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

7. Diagnóstico e Prognóstico das Inundações. 85
7.1. Estudo de Delimitação de Bacias e Sub-bacias 85
7.1.1. Levantamento do uso e ocupação do solo 86
7.1.2. Fisiografia das sub-bacias 89
7.2. Estudos Hidrológicos 92
7.2.1. Precipitações de Projeto 92
7.2.2. Tempo de retorno 94
7.2.3. Tempo de concentração 95
7.3. Vazão de cheias para diferentes cenários e tempo de recorrência 96
8. Diretrizes para Medidas Estruturais e Não Estruturais 98
8.1. Diretrizes para as Medidas Estruturais de Controle 98
8.2. Diretrizes para as Medidas Não Estruturais De Controle 99
9. Conclusão 103
10. Referências Bibliográficas 104

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases e produtos previstos para o PDDU de Irati 14
Figura 2: Dados auxiliares previstos durante a elaboração do PDDU de Irati 18
Figura 3: Mapa de localização de Irati/PR 21
Figura 4: Centralidade de Irati 23
Figura 5: Dinâmica das massas de ar no Brasil 25
Figura 6: Unidades e tipologias climáticas no Estado do Paraná 26
Figura 7: Vista geral de Irati 27
Figura 8: Precipitação média sazonal 28
Figura 9: Precipitação média mensal em Irati 29
Figura 10: Precipitação por ano de acordo com os dados da estação Irati (INMET). 29
Figura 11: Umidade relativa do ar média mensal em Irati 30
Figura 12: Temperatura média sazonal 31
Figura 13: Temperatura média mensal 32
Figura 14: Origem e destino dos ventos. 32
Figura 15: Velocidade média e máxima mensal média 33
Figura 16: Orientações da Mineropar quanto às rochas sedimentares. 34
Figura 17: Geologia do município de Irati 37
Figura 18: Solos e fragilidade geoambiental do município de Irati 40
Figura 19: Distribuição dos intervalos altimétricos em Irati 41
Figura 20: Altimetria e declividade do município de Irati 42
Figura 21: Fitogeografia e uso do solo do município de Irati 44
Figura 22: Hidrografia do município de Irati 45
Figura 23: Sub-bacias da área urbana de Irati 47
Figura 24: Bairros de Irati 49
Figura 25: Zoneamento simplificado da Sede Municipal 50
Figura 26: Características físicas das sub-bacias. 54
Figura 27: Pontos de interesse para drenagem em Irati 56
Figura 28: Exemplos de pontos de interesse no Município 57
Figura 29: Ocorrência de eventos extremos em Irati – PR 59
Figura 30: Pontos críticos de drenagem em Irati 61
Figura 31: Evolução da ocupação urbana em Irati 63
Figura 32: Evolução populacional de Irati 64
Figura 33: Densidade demográfica em 2000 65
Figura 34: Densidade demográfica em 2010 66
Figura 35: Taxa de permeabilidade mínima na cidade de Irati 69
Figura 36: Obras de drenagem em Irati 71
Figura 37: Crescimento populacional de Irati 83
Figura 38: Crescimento da área urbana por períodos em diferentes cenários 84
Figura 39: Uso do solo nas sub-bacias da área urbana de Irati 87
Figura 40: Comparação entre bacias de mesmo tamanho 90
Figura 41: Ambiente do *software* Pluvio 2.1 94

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Contextualização dos municípios da Microrregião de Irati 20
Tabela 2: Indicadores econômicos e fiscais de Irati 20
Tabela 3: Número de ocorrências de eventos extremos 59
Tabela 4: Relação de Eventos Extremos, Dias e Precipitação Acumulada e em Irati-PR. 59
Tabela 5: Taxa geométrica de crescimento anual, por período em Irati 81
Tabela 6: Crescimento populacional e de domícilios em Irati 81
Tabela 7: Uso e ocupação do solo das sub-bacias (Cenário Atual) 88
Tabela 8: Características fisícas das sub-bacias dos setores urbanos de Irati 89
Tabela 9: Fator de forma das sub-bacias da área urbana de Irati 90
Tabela 10: Coeficiente de compacidade das sub-bacias da área urbana de Irati 92
Tabela 11: Períodos de retorno em função da ocupação da área 94
Tabela 12: Tempo de concentração e vazão de cheia para as bacias da área urbana de Irati para o Cenário Atual 96
Tabela 13: Tempo de concentração e vazão de cheia para as bacias da área urbana de Irati para o Cenário Tendencial 97

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o Relatório de Drenagem Urbana do Município, produto previsto do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. Conforme o Plano de Trabalho Consolidado, que foi desenvolvido com no Termo de Referência (TR) da Tomada de Preços TP 016/2017, este é o segundo produto do Plano.

Esta etapa trata principalmente da descrição dos trabalhos iniciais, que envolvem a obtenção e tratamento dos dados secundários para o desenvolvimento do Plano. Esta etapa também contempla também: delimitação das bacias hidrográficas do Município, que é a unidade de planejamento; descrição fisiográfica e cálculo de vazões para as bacias; análise dos cenários de ocupação e sua expansão (temporal e espacial); e análise histórica e tendencial de vazões de cheias nas bacias.

O diagnóstico será utilizado para definir eventuais coletas complementares de dados de campo (conforme previsto no Termo de Referência e Plano de Trabalho), e nortear o planejamento propriamente dito, uma vez que um dos objetivos do Plano Diretor de Drenagem Urbana é auxiliar o Município a promover melhorias estruturais e não estruturais, visando reduzir os impactos negativos da ocorrência de chuvas intensas ou prolongadas que possam causar transtornos ou danos na cidade.

As projeções são feitas para horizonte de até 30 anos, com análises de 10 em 10 anos, pensando que o planejamento deverá propor medidas de curto, médio e longo prazo.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O intenso processo de urbanização das últimas décadas e o rápido crescimento das cidades, muitas vezes sem o adequado planejamento urbano, têm gerado muitos problemas de infraestrutura urbana, especialmente em relação à drenagem de águas pluviais. O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana junto como as redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de lazer, entre outros. O principal diferencial do sistema de drenagem em relação aos demais é que o escoamento das águas das chuvas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado, sendo que a qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores.

A causa dos problemas de drenagem está ligada a vários fatores como a impermeabilização do solo, a remoção da vegetação, a ocupação de várzeas, a estruturação do sistema viário em vias de fundo de vale, a atividade agrícola sem controle ambiental, a configuração física-ambiental do sítio urbano que pode ser ou não favorável ao desencadeamento de processos erosivos como o transporte e deposição de sedimentos, a disposição inadequada de resíduos sólidos, a retificação de rios, a ausência de planos urbanísticos integrados, entre outros. Tais problemas afetam diretamente a população, causando perdas materiais, físicas e financeiras além de contribuir para a piora na qualidade de vida dos munícipes.

Nesse sentido, os sistemas de drenagem urbana vêm a contribuir para a minimização e solução desses problemas, provendo ao município, uma série de orientações e diretrizes que, considerando as especificidades do município, apresente soluções e medidas, sejam essas higienistas, compensatórias, estruturais e não estruturais, que em conjunto com o poder público, iniciativa privada e população local,

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

desenvolvam políticas, programas, práticas e ações voltadas para a conservação do meio ambiente e consequente redução dos impactos causados pela chuva.

De modo geral o sistema tradicional de drenagem urbana é composto por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados sendo esses: o sistema de microdrenagem e o sistema de macrodrenagem. Além desses, existem os sistemas higienistas que se baseiam no rápido escoamento do excesso pluvial contribuindo para o aumento nos volumes e vazões de água com redução no tempo de escoamento e os sistemas compensatórios, que visam compensar as consequências da urbanização de forma qualitativa e quantitativa de forma integrada e com menor impacto ao meio ambiente.

O Sistema inicial de drenagem, ou de microdrenagem, é aquele composto por estruturas mais localizadas como o pavimento das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões. Esse sistema tipicamente é dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Quando bem projetado e com manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas, que advém das inundações e das interferências das enxurradas.

Já o sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica. A implantação da macrodrenagem nos centros urbanos também evita o aumento de sedimentos lançados sobre os cursos d' água, contribuindo para o atraso no assoreamento de seus leitos e retardo na perda da capacidade vazante da calha.

Do ponto de vista legal, a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei Federal 11.445 de 05 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, e juntamente com seu Decreto Regulamentador nº 7.217 de 21 de junho de 2010, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. A Lei nº 13.308 de 6 de julho de 2016, complementa e altera a Política Nacional do Saneamento Básico.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Segundo a legislação, o tema é tratado como "drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas", definido como:

> *"conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas" (Lei 11.445/2007, Art. 3º, inciso I-d).*

Neste contexto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana auxiliará também o Município no cumprimento do seguinte princípio fundamental:

> *"disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado" [...] (Lei 11.445/2007, Art. 2º, Inciso IV).*

2.1. Fundamentos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati

O trabalho em elaboração trata, portanto, da gestão do das águas pluviais. Esta gestão deverá ser devidamente planejada considerando os componentes básicos previstos no Plano de Trabalho, quais sejam: a Política de Águas Pluviais; as medidas não estruturais e estruturais; os produtos gerados nos estudos; os programas propostos e as informações coletadas, organizadas e sistematizadas.

Para elaboração de um Plano de Drenagem são realizados levantamentos a partir do cadastro da rede pluvial; bacias hidrográficas e suas características físicas; dados hidrológicos: precipitação, vazão e sedimentos; Plano Diretor Urbano, Plano Municipal de Resíduos Sólidos; Plano Municipal de Saneamento Básico e Sistema de Gestão Urbana.

A política do Plano deve se basear-se em princípios e objetivos do controle das águas pluviais; em estratégias de desenvolvimento do plano como a compatibilidade entre os Planos preparados para a cidade; e a definição de cenários de desenvolvimento urbano e riscos para as inundações;

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionando com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, e a melhorar as

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

condições de saúde e do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.

O Plano de Drenagem Urbana da cidade de Irati vai dar subsídios técnicos e institucionais à Prefeitura Municipal, a fim de reduzir os impactos das inundações no meio ambiente do quadro urbano e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

O Plano de Drenagem será apresentado em quatro relatórios, além do Plano de Trabalho Consolidado, já apresentado, conforme ilustra o esquema da Figura 1. O presente relatório compõe a FASE 01 - Relatório de Diagnóstico da Drenagem Urbana.

FASE 01: Relatório de Diagnóstico da Drenagem Urbana:	Dados e Informações Coletadas e Definição da Base Cartográfica;
	Formulação de Cenários, Diagnóstico e Prognóstico das Inundações;
	Estudo de Alternativas e Medidas de Controle Estruturais; Medidas de Controle Não-Estruturais
FASE 02: Relatório de Análise da Drenagem Urbana:	Levantamentos Complementares de Campo;
	Anteprojeto das Medidas de Controle Estruturais;
	Análises Benefício-Custo
FASE 03: Relatório do Prognóstico da Drenagem Urbana:	Programa Municipal de Drenagem;
	Definição das fontes de recursos e de financiamento;
	Etapas de implantação das medidas de controle;
	Cronograma físico-financeiro; Avaliação dos benefícios esperado.
	Programas Complementares de médio e longo prazo;
	Complementação do cadastro da rede de drenagem; Monitoramento;
FASE 04: Relatório de Recomendações e Produto Final :	Plano e Manual de Drenagem Urbana;
	Planejamento e projetos de drenagem urbana; Planejamento e controle do uso do solo;
	Projeto, análise e aprovação de novos empreendimentos;

Figura 1: Fases e produtos previstos para o PDDU de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3. PREPARAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS

A preparação dos dados cartográficos dar-se-á por meio de duas etapas principais, sendo a primeira relativa ao inventário de dados e a segunda ao processamento e padronização dos dados selecionados.

Nesta seção, são apresentadas as especificações e procedimentos preliminares da preparação das bases cartográficas a ser utilizada pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

3.1. Inventário

Levantamento dos dados necessários para a elaboração do Plano de Drenagem considerando todas as suas etapas. O inventário será constantemente atualizado conforme forem entrando novos dados nos estudos realizados. Serão utilizados dados primários, coletados em campo com GPS e dados secundários, advindo de várias instituições, como a própria Prefeitura de Irati, o Instituto de Terras Cartografia e Geociências - ITCG, o Instituto das Águas do Paraná-ÁGUAS/PR, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, os dados do Gooogle Maps/Earth Pró, os dados da Missão Topográfica Radar Shuttle-SRTM, dentre outros.

Ao final do Plano, uma tabela será elaborada e entregue junto com o Banco de Dados, listando todas as informações, bem como sua fonte, escala, autor e breve processo de edição.

3.2. Edição e Processamento

Os dados levantados e adquiridos em diversas fontes de várias esferas como a municipal, estadual e nacional, normalmente se apresentam de diferentes formas, padrões e referenciais cartográficos, o que gera inconsistência em determinadas funções de geoprocessamento e pode prejudicar a qualidade analítica das informações

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

espacializadas. Por isso, faz-se necessário o processamento, de modo que os padrões cartográficos permitam funções como sobreposição, interseção, cálculos de atributos, etc. No Brasil, conforme estabelecido pela Resolução nº 1/2005, o sistema de referência a ser utilizado em todo território nacional é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000).

Como Irati localiza-se próximo ao meridiano central do Fuso 22, as distorções cartográficas são convencionalmente muito pequenas, o que possibilita a adoção da Projeção UTM em todos os *layers*, tanto de formato matricial/grid, como vetorial. Cabe destacar que a estrutura do formato *shapefile* permite a inserção de informações tabulares por meio da tabela de atributos contida nas feições de linha, polígono e ponto. Nesse sentido, as tabelas que acompanham esses arquivos serão organizadas visando maior praticidade na obtenção de informações.

De acordo com o Termo de Referência da Prefeitura Municipal, estão previstas para uso, dentre outros dados:

- O levantamento aerofotogramétrico existente da área urbana do Distrito da Sede, escala 1:10.000;
- As cartas do levantamento sistemático do IBGE, escala 1:50.000; datadas de 1996 (base cartográfica original em dwg);
- Imagem de satélite existente datada de 2012 cedida pela Prefeitura Municipal, georreferenciada e com resolução mínima compatível com a escala 1:50.000;

Um dado de extrema importância para estudos de drenagem são os chamados Modelos Digitais do Terreno (MDT), que permitem a extração de diversos parâmetros morfométricos primários e secundários do relevo tais como hipsometria, orientação das vertentes e declividade. Caso a prefeitura disponibilize levantamento topográfico detalhado superior a resolução espacial de 30 metros, um MDT próprio será construído reunindo as informações de cota, curvas de nível e hidrografia. Esses dados são utilizados como dados de entradas na função "Top to Raster" do *software* de Geoprocessamento utilizado, que processa as informações a partir do algoritmo *Anudem*, bastante indicado para estudos de relevo por construir uma estrutura hidrologicamente consistente. Na hipótese da não existência ou disponibilização desses dados, será utilizado o MDT SRTM 30 metros, disponibilizado pela plataforma *Earth Data*.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3.3. Formas de apresentação

Os dados e informações coletados, organizados e processados estão sendo organizados em formato compatível com o sistema de geoprocessamento da Prefeitura. Os arquivos do tipo *shapefile* estarão padronizados com suas respectivas tabelas de atributos completas e estruturadas de modo a permitir o cruzamento e consulta de dados, bem como analises espaciais e estatísticas. Conforme previsto no Termo de Referência, um banco de dados será estruturando contemplando no mínimo as seguintes *layers*:

- Limites da área urbanizada atual:
  - Limite legal delimitado pela Lei Municipal do Perímetro Urbano e o limite efetivamente ocupado.
- Distribuição da população urbana
  - Espacialização por setor censitário, referente ao ano de 2010, da densidade demográfica na Sede Municipal.
- Tendências de expansão da mancha urbana
  - Espacialização dos possíveis eixos de expansão urbana por meio da análise do Plano Diretor e aprovação de loteamentos
- Índices de impermeabilização
  - Obtidos através da digitalização ou classificação supervisionada das áreas verdes por meio de imagens de satélite
- Dados gerais
  - Conjunto de dados auxiliares conforme descrito no Plano de Trabalho:

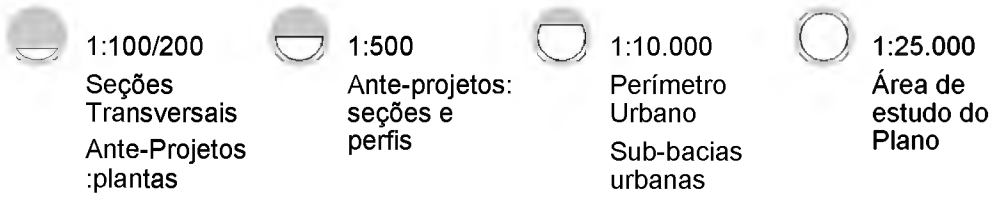
FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

•Limites das bacias e sub-bacias da área urbana ou do estudo;	•Sistema viário principal; Curvas de nível; Hidrografia	•Zonas definidas na lei municipal de uso do solo e áreas de preservação	•Zonas de ou com restrições de uso, definidas nas legislações municipal, estadual e federal;
•Uso do solo com destaque às manchas urbanas; Parques e áreas verdes;	•Cartas geológicas e pedológicas do município;	•Mapeamento dos parâmetros hidrológicos de escoamento superficial;	•Localização das seções e singularidades cadastradas;
•Áreas de risco de inundação atuais e futuras, segundo o diagnóstico e os cenários	•Localização das medidas estruturais de controle propostas;	•Outras informações de interesse para o planejamento das intervenções definidas;	•Indicação das áreas que deverão ser protegidas além das de APP e de alta declividade.

Figura 2: Dados auxiliares previstos durante a elaboração do PDDU de Irati.

3.4. Mapas e ilustrações

Os mapas gerados serão apresentados na forma de figuras didáticas, claras e objetivas, respeitando as normas de cartografia temática e dos padrões cartográficos. Tais figuras estarão dispostas nos relatórios visando ilustrar e subsidiar a compreensão dos fenômenos abordados. Eventualmente, serão elaborados mapas em anexo, no formato PDF, cuja base cartográfica estará disponível no banco de dados. A precisão dos produtos apresentados dependerá das escalas de trabalho adotadas e para efeito de avaliação prévia presume-se as seguintes escalas de trabalho.



Destaca-se que tais escalas poderão ser modificadas no decorrer dos estudos, em comum acordo com a equipe de acompanhamento da Prefeitura.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

4.1. Contextualização Geral

O município de Irati está localizado no Segundo Planalto Paranaense. na Mesorregião "Sudeste Paranaense" e na microrregião de mesmo nome. Possui extensão territorial de 999.3 km² e altitude média de 812 metros, fazendo divisa com os municípios de Prudentópolis e Imbituva ao norte, Fernandes Pinheiros a leste, Rebouças e Rio Azul ao sul e Inácio Martins a oeste. Irati integra e sedia a Associação de Municípios do Centro-Sul do Paraná – AMCESPAR. A Figura 3 mostra o mama de localização geográfica do Município.

Desmembrado do município de Imbituva pela Lei 716 de 2 de abril de 1907, Irati foi institucionalmente criado em 15 de julho de 1907. A sede municipal de Irati situa-se no leste do município, na cabeceira de importantes rios do Paraná como o Rio Potinga (Iguaçu), Rio Imbituva (Tibagi) e Rio dos Patos (Ivaí). Além da Sede, o município conta com três distritos: Gonçalves Júnior, no centro; Guamirim, no sul e Itapará no leste. Nesses três distritos há várias localidades, incluindo várias comunidades faxinais e a Vila Rural Covalzinho, fundada no final do século passado.

De acordo com o IBGE (2010), a população do município é de 56.207 habitantes, sendo 43.817 residentes da Sede Municipal. A taxa de urbanização de Irati é de 80%, índice bastante elevado se comparado aos demais municípios da mesma microrregião. Do mesmo modo, a densidade demográfica é bastante superior, concentrando aproximadamente 56 habitantes por km². Para 2017, estima-se uma população total de 60.425 habitantes.

A Tabela 1 contextualiza os municípios da microrregião de Irati sendo possível identificar a grande disparidade de aspectos como a densidade demográfica e população urbana do município polo em relação aos demais. Na Tabela 1, verifica-se a localização do município, bem como das principais localidades existentes.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 1: Contextualização dos municípios da Microrregião de Irati.

Município	População Total 2010	População Urbana 2010	% Urbana	População na Sede	Área Total km²	Hab/km
Irati	**56.207**	**44.932**	**80%**	**43.817**	**999,31**	**56,24585**
Mallet	12.973	7.570	58%	6.623	751,86	17,25456
Rebouças	14.176	7.505	53%	7.505	480,94	29,47591
Rio Azul	14.093	5.012	36%	5.012	600,35	23,47452
Microrregião	97.449	65.019	67%	62.957	2.832,46	34,40441
Mesorregião	404.779	237.119	59%	203.706	16.745,56	24,17232
Paraná	**10.444.526**	**8.192.692**	**78%**	**8.563.597**	**199.853,44**	**52,26093**

Do ponto de vista econômico e fiscal, a Tabela 2 registra os principais indicadores, referentes ao ano de 2010 (domicílios), 2015 (economia) e 2017 (fiscal). Nota-se através dos números do Valor Adicionado Bruto que o principal setor da economia iratiense é o de serviços, seguido da agropecuária e da indústria.

Tabela 2: Indicadores econômicos e fiscais de Irati.

Indicador	Valor	Indicador	Valor
Domícilios	19.284	VAB Agropecuária	R$ 232.808.000,00
Pop. Econ. Ativa	28.287	VAB Indústria	R$ 226.147.300,00
Receitas Municipais	R$ 150.948.539,00	VAB Serviços	R$ 656.059.000,00
Despesas	R$ 140.858.647,00	VAB Adm. Pública	R$ 211.018.000,00
Receitas Correntes	R$ 131.761.036,00	VAB Total	R$ 1.326.032.000,00
Despesas Correntes	R$ 131.935.283,00	VAB Fiscal	R$ 809.970.229,00
Receitas Tributárias	R$ 22.032.312,00	Produto Interno Bruto	R$ 1.483.175.000,00
IPDM E IDH	0,6898 / 0,726	PIB per capita	R$ 24.840,00

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

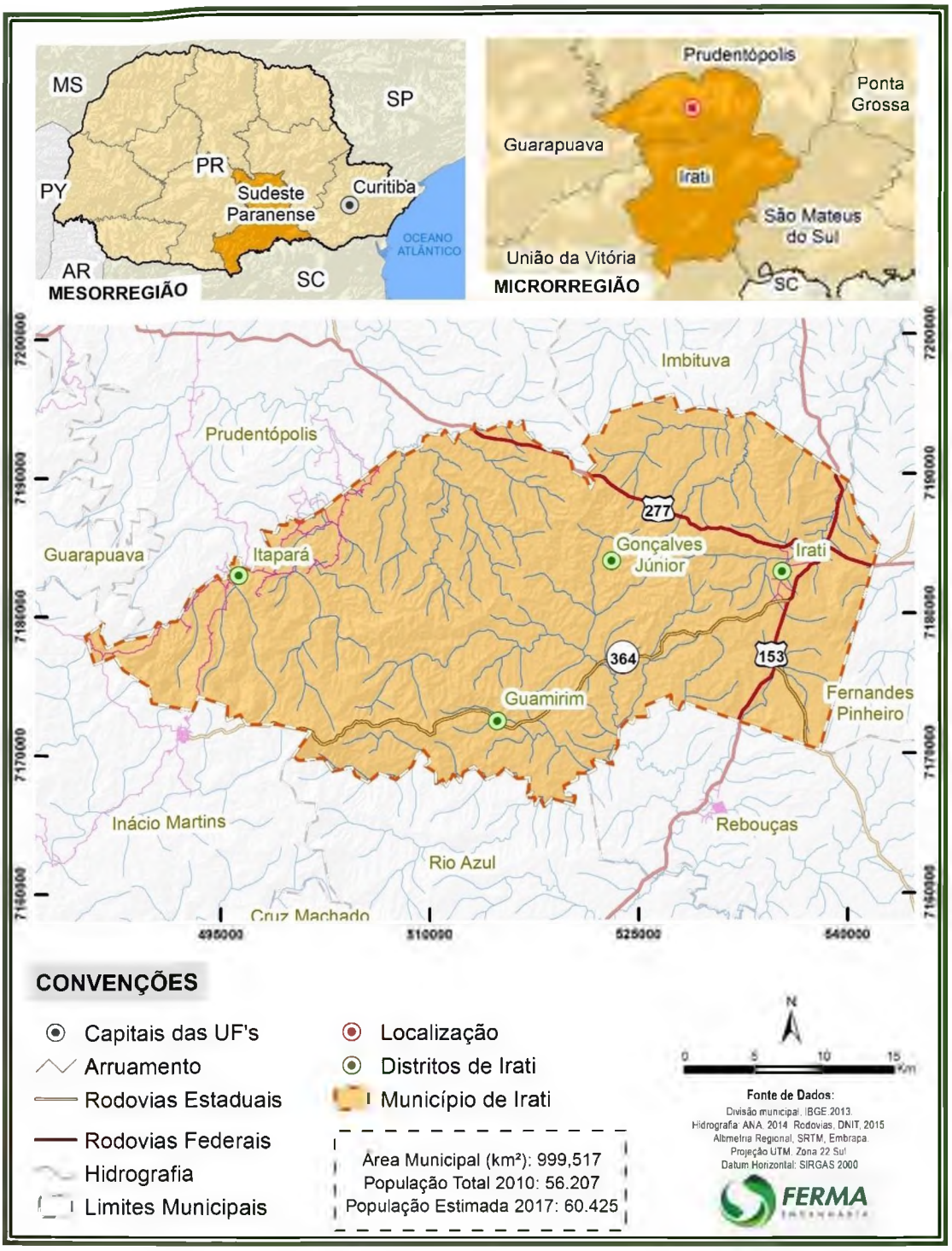


Figura 3: Mapa de localização de Irati/PR.

Localizado no centro do Estado, a 175 km de Curitiba, Irati possui hoje uma boa oferta de infraestrutura estando localizada no entroncamento das BR 153 e 277.

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Do ponto de vista logístico, os principais acessos a Irati são feitos pelas seguintes vias:

- Rodovia Federal BR 277 (Grande Estrada): Principal acesso ao município, a rodovia liga Paranaguá a Foz do Iguaçu, cortando a região nordeste de Irati. O acesso a sede ocorre por duas entradas, sendo uma no trevo principal, ponto de interseção da BR 277 com a BR 153, e outra de cunho secundária, também próximo à sede, na alça da Rua Ladslau Ogriczinski
- Rodovia Federal BR 153: Outro importante acesso a Irati, a rodovia corta de norte a sul o Estado do Paraná e integra Irati a municípios do Centro e do Centro Sul Paranaense, bem como municípios de Santa Catarina. Essa rodovia possui ligação com a BR 376, possibilitando deslocamentos com o norte do Paraná.
- Rodovia Estadual PR 364: Rodovia que liga Irati a Inácio Martins, cortando o município de leste a oeste. A estrada também pode ser utilizada para o deslocamento para São Mateus do Sul e municípios de Santa Catarina.
- Estrada de Ferro Ferroeste: Tradicional ferrovia do Estado que liga Cascavel a Ponta Grossa, corta a sede municipal de Irati e permite a ligação da cidade para dos extremos do estado.

Na Figura 4 é possível observar a centralidade de Irati, bem como a distância da Sede Municipal a diversos municípios de referência. Observa-se também o entroncamento ferroviário em sua sede.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

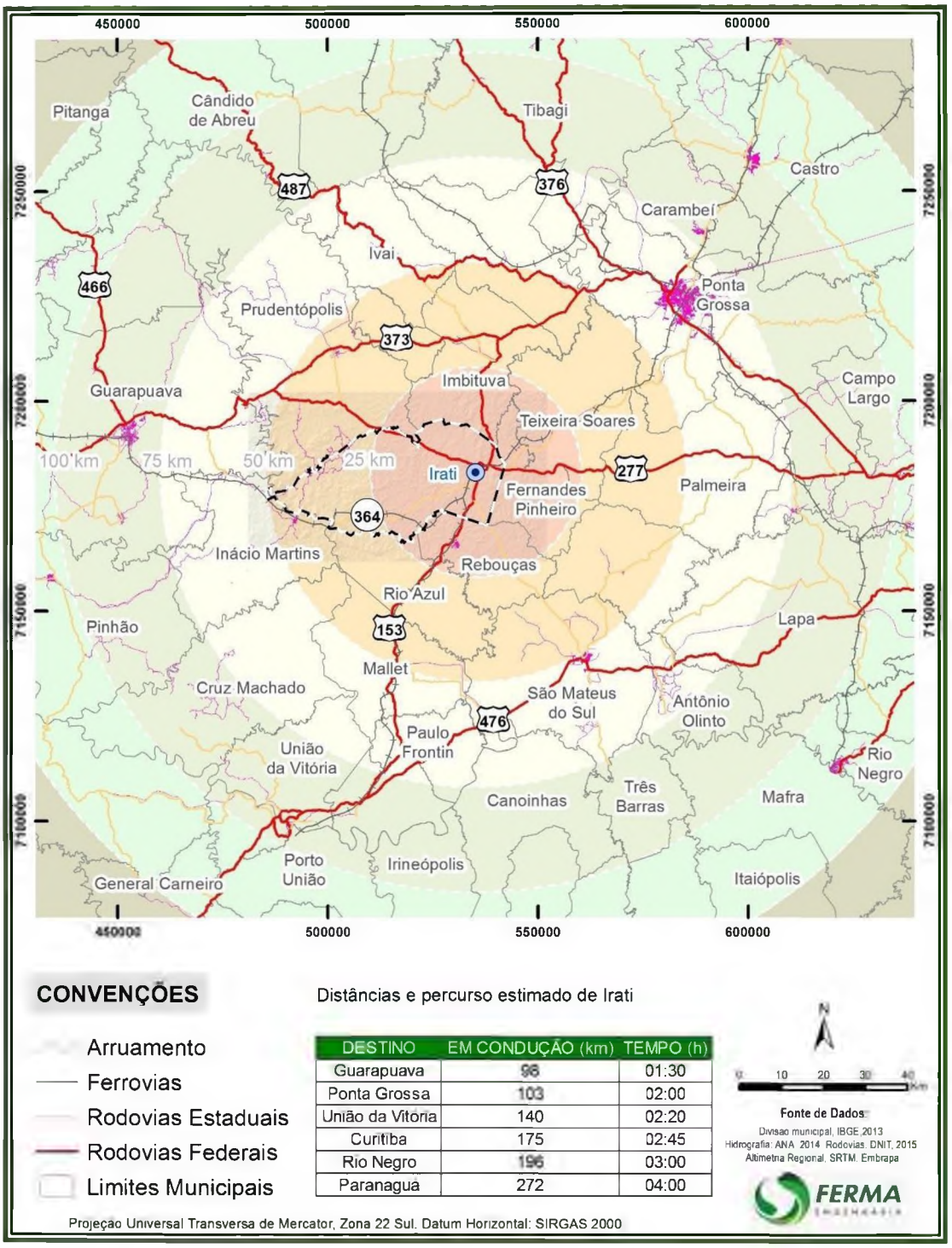


Figura 4: Centralidade de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4.2. Características Físicas-Ambientais

4.2.1. *Caracterização Climatológica*

Para a caracterização climatológica do município de Irati, utilizou-se de dados da estação meteorológica "83836 - Irati", operada pelo INMET considerando a média histórica entre 1970 e 2017.

Clima Regional

O clima pode ser compreendido como resultado da ação conjunta de diferentes variáveis meteorológicas que, caracterizando a formação de diferentes padrões na superfície da Terra, sejam eles estáticos (tais como a localização em relação à latitude, a distribuição das superfícies continentais e de águas, bem como as amplitudes altimétricas em função do relevo regional) ou dinâmicos (correntes marítimas, continentalidade, e fenômenos atmosféricos como frentes e massas de ar), os quais determinam as tipologias climáticas regionais.

Segundo Mendonça (2007), as massas de ar atuantes sobre o clima de determinada região se movimentam em função das diferenças de pressão entre o ponto de origem e de destino influenciando as características térmicas, higrométricas e barométricas de acordo com as propriedades que as definem (temperatura e umidade). Para o Estado do Paraná são três os principais sistemas atmosféricos que atuam na região, conforme Monteiro (1968) e ilustrado pela Figura 5, a saber:

i. Massa Tropical Atlântica (MTa), caracterizada por ser quente e úmida, atuando constantemente durante o ano e regendo a incidência de chuvas orográficas, principalmente em áreas montanhosas como na região da Serra do Mar;
i. Massa Polar Atlântica (MPa), de características fria e úmida, também atuante constantemente durante o ano;
ii. Massa Equatorial Continental (MEc), quente e com formação em baixas latitudes próximas ao Equador e atuante durante o período de verão.

Estes sistemas atmosféricos são responsáveis pela regência da dinâmica climática, de maneira que o encontro do ar frio proveniente do polo Sul (MPa) e o ar quente tropical (MTa) refletem na formação de sistemas frontológicos (Frente Fria e Frente Quente) com

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

predominâncias de acordo com a sazonalidade e responsáveis pela instabilização atmosférica durante o ano.

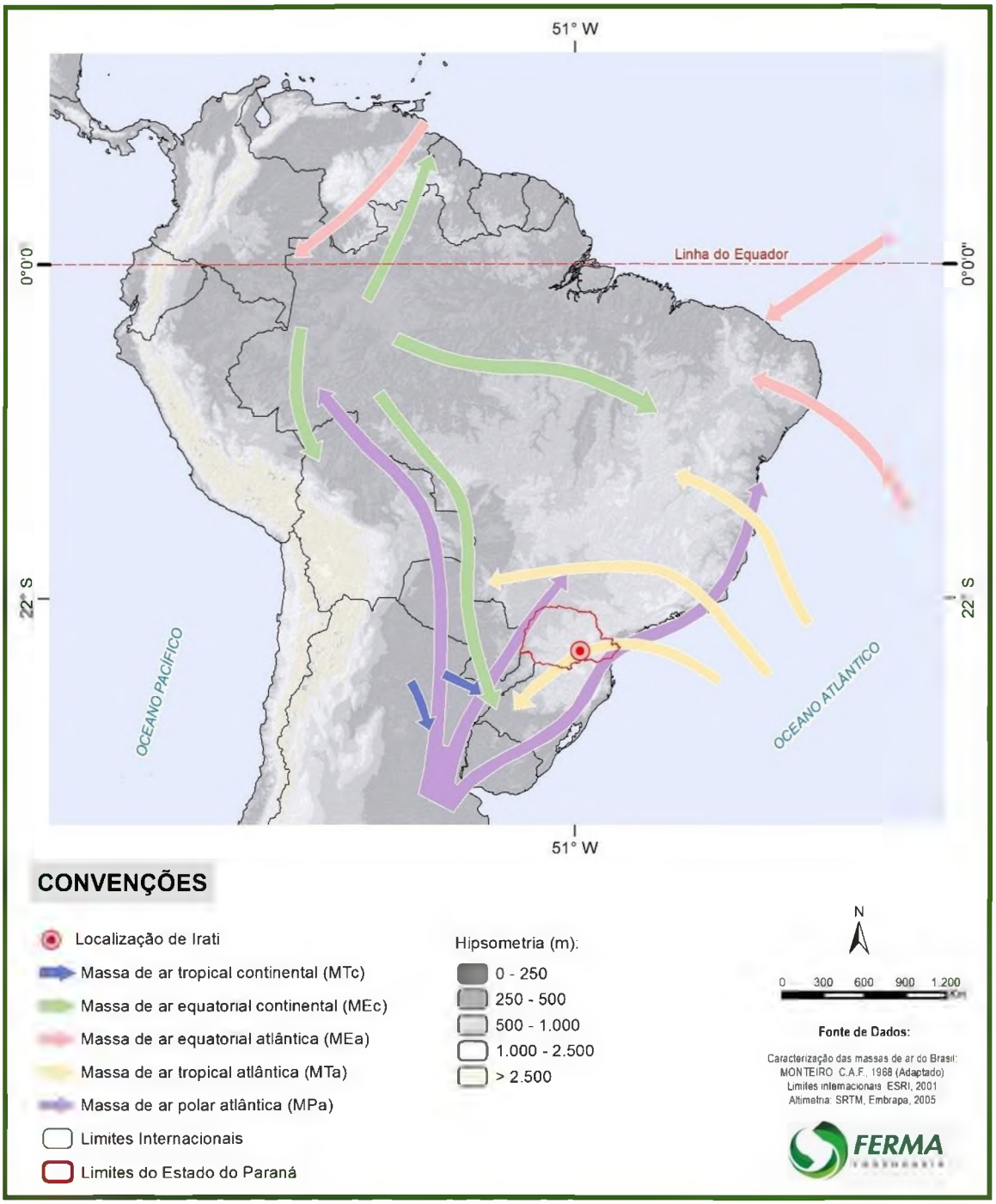


Figura 5: Dinâmica das massas de ar no Brasil.

Segundo o IBGE (2002), o Estado do Paraná encontra-se sobre setor com predomínio de duas unidades climáticas (Figura 6), Clima Tropical Brasil Central e

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

principalmente Clima Temperado. Tal situação ocorre em virtude da localização do Estado, situado em sua maior parte em latitudes abaixo do Trópico de Capricórnio e por consequência sofre grande influência da Massa Polar Atlântica (MPa).

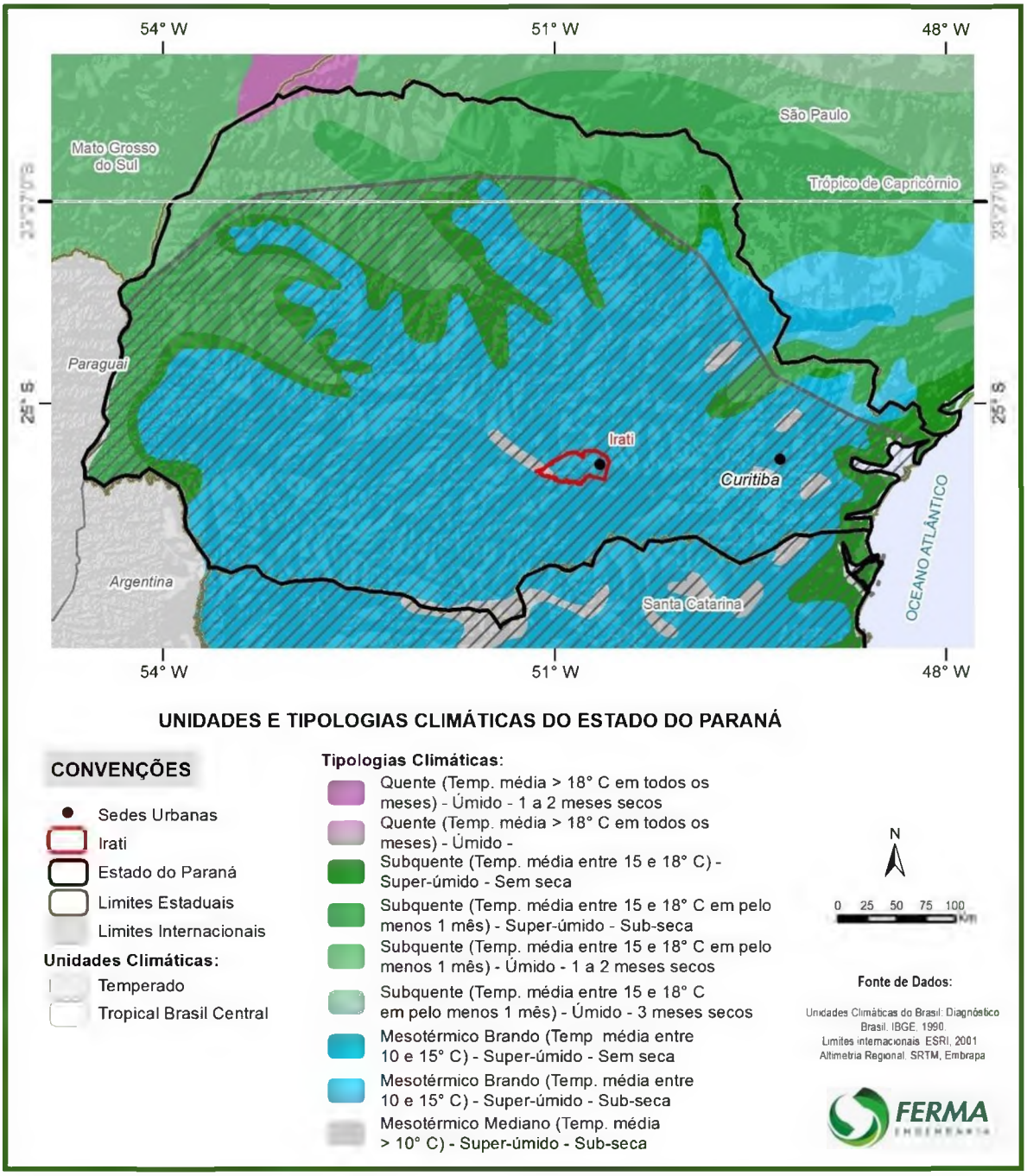


Figura 6: Unidades e tipologias climáticas no Estado do Paraná.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Predomina no Estado do Paraná, sob Clima Temperado, a tipologia climática mesotérmica branda, caracterizada como sendo super-úmida e, portanto, sem período de estiagem definido, para o qual a temperatura média varia entre 10 e 15°C.

Considerando a classificação de Köppen-Geiger, Irati possui clima do tipo Cfb, caracterizado como subtropical, mesotérmico úmido e sem estação seca definida. Os verões são frescos, com maior propensão à ocorrência de chuvas, ao passo que os invernos são frios, com geadas frequentemente severas, sobretudo nos pontos de maior altitude topográfica.

A Figura 7 apresenta a vista geral de Irati, da qual nota-se a presença de importantes aspectos que influenciam o clima regional da cidade, tais como a presença de vegetação, variações topográficas e uso de solo diversificado.



Figura 7: Vista geral de Irati.

Pluviosidade

Com relação a pluviosidade, a média pluviométrica anual do Estado é de 1.722,61 mm e na área do município de Irati, podem ser observados valores médios entorno de 1.590 mm. Para dar maior consistência nesses números, também foram observados os

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

valores de precipitação de estações vizinhas a Irati, em intervalos de tempo semelhante, registrando 1.612 mm na estação Fernandes Pinheiros e 1.938 mm na estação de Guarapuava.

Com relação à sazonalidade das chuvas em Irati, assim como no Estado como um todo, destaca-se o alto índice pluviométrico durante o período de verão, no qual registra-se média de 157 mm quando há o predomínio da atuação da MTa, de forma que o aquecimento basal e acentuação de instabilidade desta massa de ar acarretam na elevação da ocorrência de eventos de precipitação atmosférica. Em contrapartida, o período de inverno é climatologicamente caracterizado pelas baixas temperaturas e redução dos eventos de pluviosidade, tendo como principais sistemas meteorológicos em regência para a ocorrência da precipitação durante essa estação do ano, as frentes frias, com a ausência de acumulados significativos, registrando média de 113 mm.

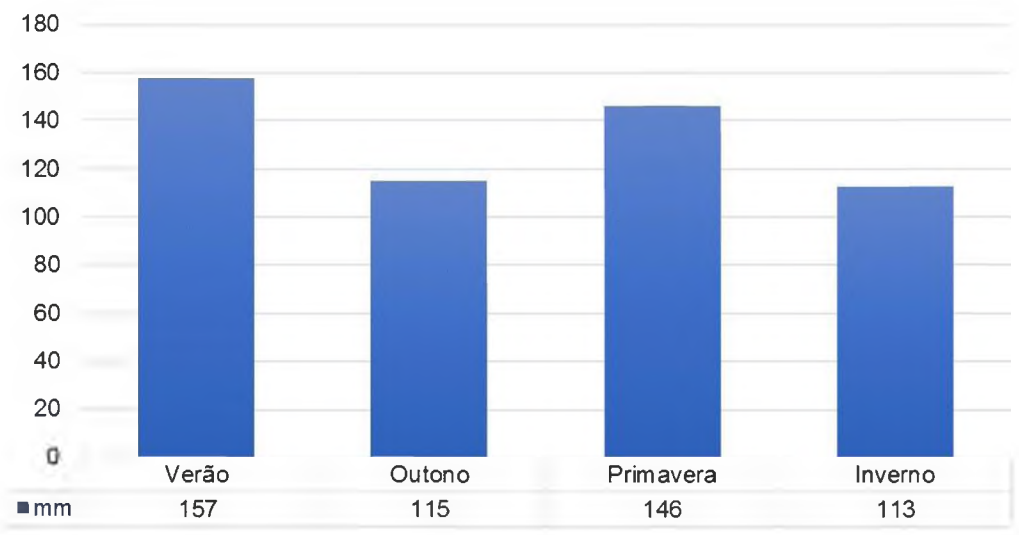


Figura 8: Precipitação média sazonal.

Na figura a seguir, nota-se a variação mensal da quantidade de chuvas, na qual nota-se que o mês de janeiro é o mais chuvoso com 187 mm de média. O menos chuvoso é o mês de agosto com 92 mm de média.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

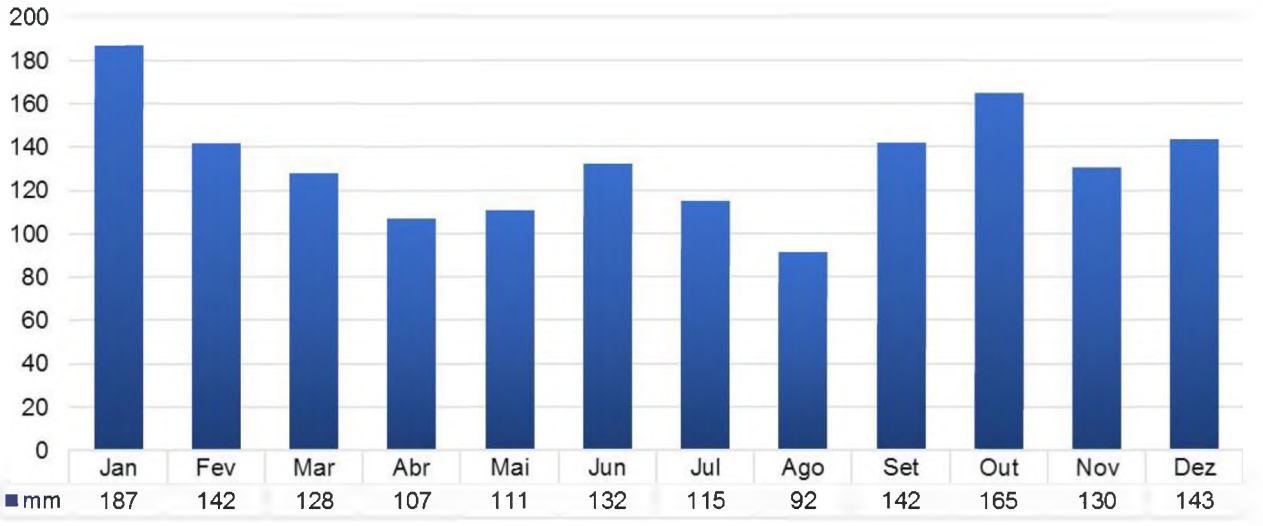


Figura 9: Precipitação média mensal em Irati.

Ainda com relação a pluviosidade, quando verificado o total de chuvas por ano, verifica-se grande variação ao longo da série histórica, com picos de chuva que ultrapassaram 1.900 mm ao ano, tal como 1.972, 1.976, 1.983, 1.990, 1.996, 1.998, 2.013 e 2.015.

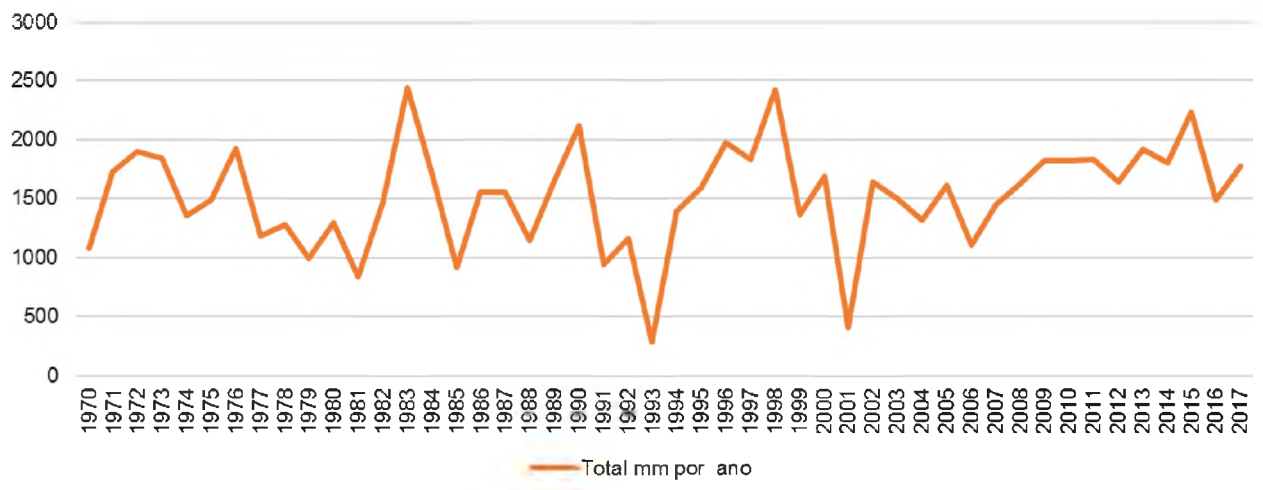


Figura 10: Precipitação por ano de acordo com os dados da estação Irati (INMET).

Umidade Relativa do Ar

De modo geral, a caracterização da umidade relativa permite expressar o conteúdo de vapor existente na atmosfera a partir da relação entre o teor de vapor d'água contido no ar num dado momento e o teor máximo que esse ar poderia conter à temperatura

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

ambiente. O valor da umidade relativa pode mudar pela adição ou remoção de umidade do ar ou pela mudança de temperatura (IAPAR, 2000).

O valor médio anual da umidade relativa do ar para o Estado do Paraná é de 75,6%, enquanto que em Irati, registra-se o valor médio de 79%. Mesmo na primavera, estação na qual apresenta menor umidade relativa do ar, o índice de 76% está acima de 60%, níveis adequados para a saúde humana segundo índices estabelecidos pela OMS (Organização Mundial da Saúde), conforme destaca o CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências) da prefeitura municipal de São Paulo. Observa-se no gráfico da Figura 11, que a umidade relativa média do ar mensal apresenta acentuada redução a partir do mês de agosto, registrando seu menor índice no mês de novembro. Nesse sentido, os meses da primavera são tidos como os de menor umidade relativa do ar, situação que só se modifica a partir de dezembro.

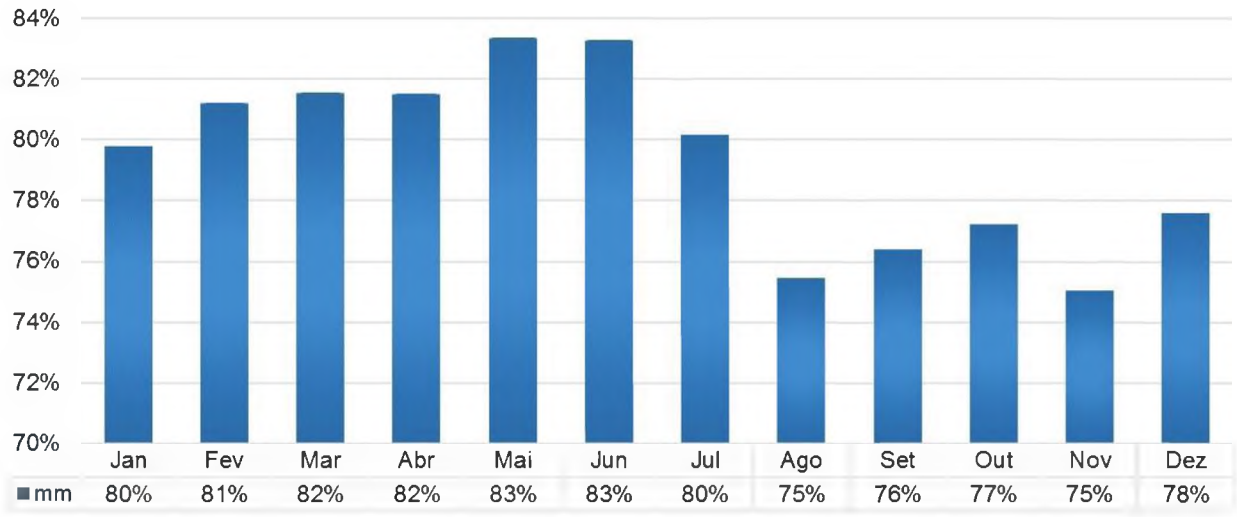


Figura 11: Umidade relativa do ar média mensal em Irati.

Temperatura do Ar

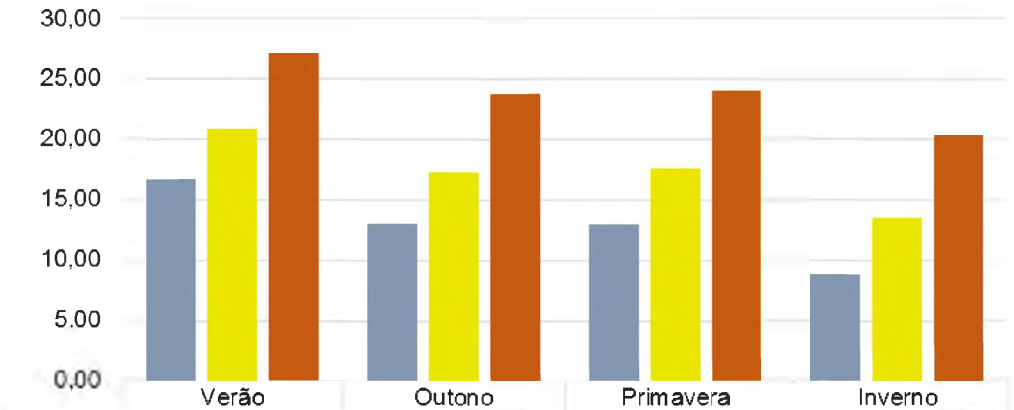
Vários são os fatores que influenciam a distribuição das temperaturas na superfície terrestre, tais como a insolação incidente, as características da superfície em relação ao albedo, razão da radiação solar refletida ou espalhada por uma superfície num fluxo incidente de insolação, dos elementos e materiais que nela se encontram, a distância dos corpos hídricos, o relevo, a vegetação, a origem dos ventos e também as correntes oceânicas.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Com relação às temperaturas médias de Irati, nota-se que as temperaturas médias mensais apresentam-se da seguinte maneira:

- A média anual registrada é de 17,3ºC, a máxima de 24,0°C, e a mínima de 12,8°C;
- No verão a média anual alcança 21,9°, com redução para 13,5ºC durante o inverno;
- Nota-se a predominância de temperaturas mais elevadas durante os meses de dezembro a fevereiro, sendo este último o mais quente tanto em termos de temperatura média como máxima média.
- O período de temperaturas baixas abrange sobretudo os meses de junho e julho, caracterizando julho como sendo o mês mais frio, com temperatura mínima média mensal de 8,4°C.

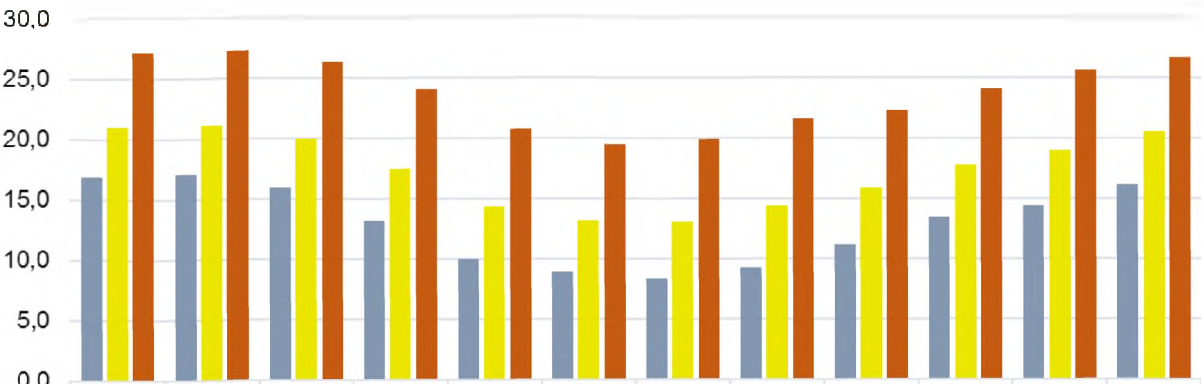
Em resumo, as temperaturas na região de Irati caracterizam o sistema climatológico do Sul do país, quando no verão são registradas as médias mais elevadas devido ao domínio da MTa e com a gradativa redução das temperaturas no período que compreende a estação de outono, a partir do mês de abril. Durante o inverno, e sob influência da MPa, as temperaturas médias têm registros de valores mais baixos (inferiores a 12°C), apresentando progressiva elevação durante a estação de primavera, iniciando no mês de setembro.



	Verão	Outono	Primavera	Inverno
Mínima	16,72	13,01	12,97	8,80
Média	20,88	17,25	17,56	13,53
Máxima	27,07	23,73	24,02	20,35

Figura 12: Temperatura média sazonal.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínima	16,9	17,1	15,9	13,1	9,9	8,9	8,4	9,2	11,1	13,4	14,4	16,1
Média	21,0	21,1	20,0	17,4	14,3	13,2	13,1	14,4	15,8	17,7	19,0	20,5
Máxima	27,2	27,3	26,4	24,0	20,8	19,5	19,9	21,6	22,3	24,1	25,7	26,7

Figura 13: Temperatura média mensal.

Ventos

Os dados de direção e velocidade média dos ventos obtidos pela estação de Irati indicam que na maior parte do período analisado, os ventos originam do sentido leste e convencionalmente sopram para o sentido oeste. A Figura 14 apresenta a rosa dos ventos para os dados da estação Irati classificada por direção e velocidade média dos ventos no município.

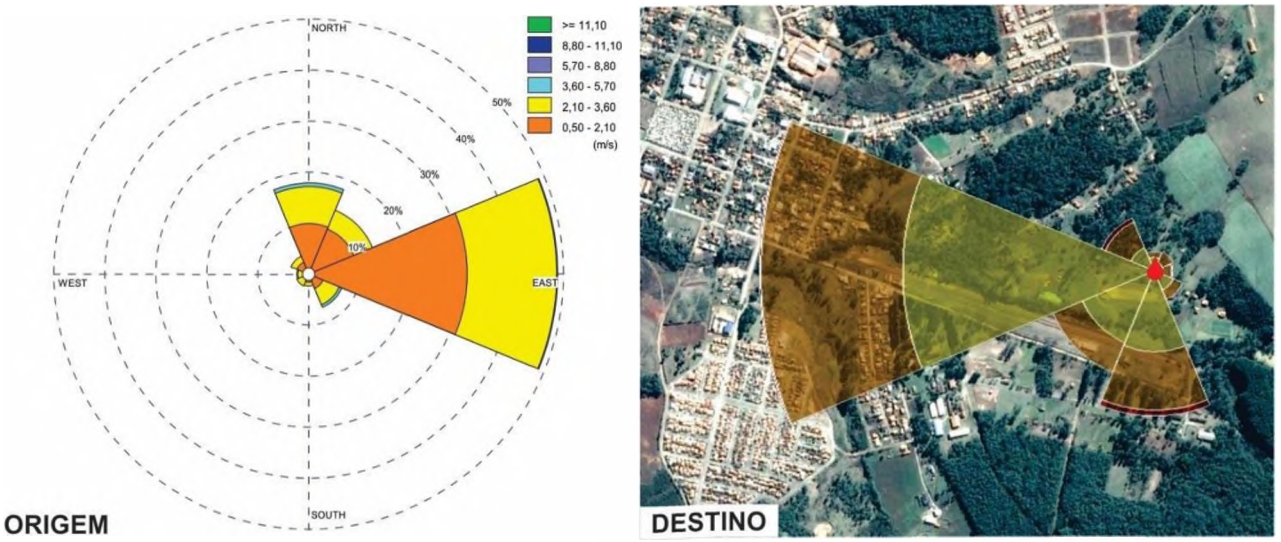
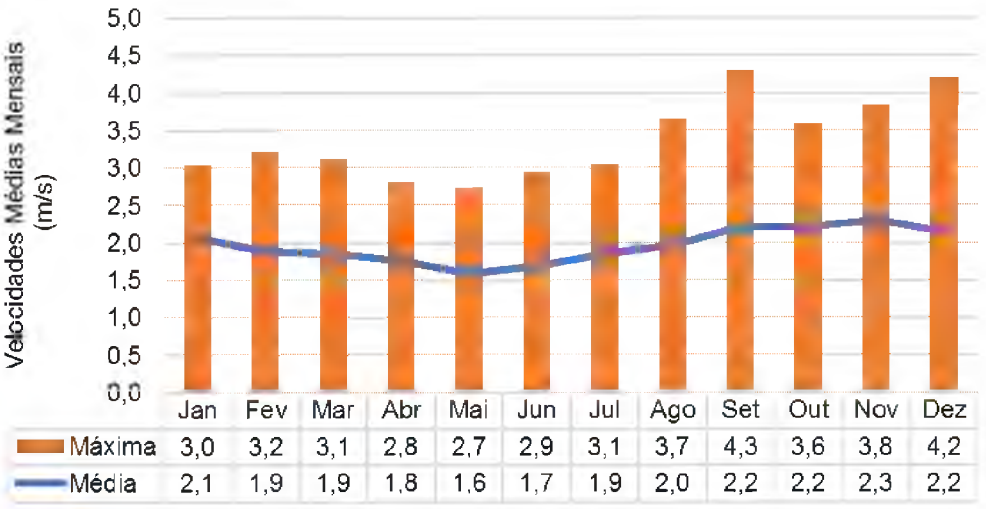


Figura 14: Origem e destino dos ventos.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

O gráfico da Figura 15 apresenta as velocidades médias mensais no período analisado para a velocidade média e máxima dos ventos em m/s, no qual nota-se que o mês de setembro registra as maiores velocidades.



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Máxima	3,0	3,2	3,1	2,8	2,7	2,9	3,1	3,7	4,3	3,6	3,8	4,2
Média	2,1	1,9	1,9	1,8	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,2	2,3	2,2

Figura 15: Velocidade média e máxima mensal média.

4.2.1. *Caracterização do Relevo*

A caracterização do relevo do município de Irati reúne aspectos geológicos, pedológicos e geomorfológicos, tendo como principal fonte de dados, a contextualização disponibilizada pela Prefeitura Municipal em conjunto com breve pesquisa bibliográfica em órgãos como o ITCG (Mineropar) e dados de altimetria da missão SRTM com resolução espacial de 30 metros.

Geologia

Segundo o Plano Diretor de Irati, a formação geológica do município é bastante complexa, reunindo rochas das formações Serra Geral, Botucatu, Rio do Rasto, Teresina, Serra Alta, Irati, Palermo e intrusivas básicas (soleiras de diabásio).

A Formação Serra Geral é composta por camadas de sucessivos derrames basálticos, ocorridos no período Jurássico-Triássico, com espessuras variando de 30,0m a 40,0m. Localizam-se sobretudo no extremo sudoeste do município e reúne rochas efusivas básicas toleíticas, compostas por basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos,

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

variando de cinzentos a pretos, com intercalação de arenitos finos. De modo geral, as rochas dessa formação possuem baixa vulnerabilidade ao intemperismo e à erosão, apresentando como principal entrave ao uso e ocupação do solo a presença de solos litólicos e de afloramentos de rochas, principalmente em zonas de relevo ondulado e montanhoso com declividades acima de 20,0%.

De acordo com a MINEROPAR, é comum que a erosão e a decomposição seletivas das rochas basálticas ressaltem na topografia as unidades de derrames, formando verdadeiras escarpas, representadas por áreas com declividades acima de 20,0%, as quais são delimitadas por quebras de relevo positivas e negativas, aproximadamente coincidentes com os planos de contato entre os derrames. O padrão de fraturas juntamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames, podem funcionar como canal alimentador de aquíferos subterrâneos.

Com relação as rochas sedimentares, predominam nessa região arenitos, siltitos e folhelhos com índices médios a altos de vulnerabilidade ao intemperismo e à erosão, requerendo cuidados específicos para uso e ocupação do solo, conforme recomendações da MINEROPAR, a saber:

Implantação de sistemas distintos de escoamento de águas pluviais e servidas, integrados aos sistemas a jusante;	Implantação de tubulações em todas as linhas de drenagem ou concentração de fluxo com declividade superior a 2,5%;	Implantação de dispositivos de dissipação de energia nos pontos de lançamento;
Orientação da ocupação através da implantação de lotes com sua maior dimensão paralela às curvas de nível;	Orientação da ocupação com implantação de lotes com sua maior dimensão ortogonal à linha de enchente nos fundos de vale;	Limitação da ocupação urbana através de exigências quanto à drenagem e à terraplenagem prévia, estimulando a preservação permanente de fundos de vale;

Figura 16: Orientações da Mineropar quanto às rochas sedimentares.

As rochas da Formação Botucatu, localizadas numa estreita camada também no sudoeste do município, são constituídas de arenitos de granulação fina a média e bem

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

selecionados, cujas características sedimentares apontam para uma deposição eólica em ambiente desértico. Sob essas rochas encontra-se o chamado "Aquífero Botucatu", ou "Guarani", cuja disponibilidade de água subterrânea está relacionada à porosidade e permeabilidade dos arenitos. A Formação Botucatu ocorre na base da Serra da Esperança, localizada entre os municípios de Irati e Inácio Martins, sendo que sua espessura pode alcançar 200 m, porém a faixa de afloramentos exibe espessura média de 50m, raramente ultrapassando os 100 m.

A Formação Rio do Rasto ocorre em uma grande faixa no oeste do município e compreende duas sub-formações: Membro Serrinha, formada por siltitos e arenitos esverdeados, muito finos, micríticos e calcarenitos; e Membro Morro Pelado, constituída por siltitos e argilitos avermelhados, intercalados com arenitos finos. Sua espessura supera 800m no interior da bacia e cerca de 400 m em afloramentos.

A Formação Teresina, situada no centro do município ocupa a maior parte do território iratiense e é constituída por argilitos cinza-escuros a esverdeados, com intercalações rítmicas de siltitos cinza-escuros, róseos a avermelhados e camadas (ou lentes) de calcário. Como estrutura primária característica desta unidade ocorrem laminações flaser, além de laminação ondulada, microlaminação cruzada, gretas de contração, marcas onduladas e diques de arenitos. Nas camadas calcíferas é comum a ocorrência de oólitos e estruturas estromatolíticas. Sua espessura alcança entre 600 e 650m no centro da bacia, enquanto nos afloramentos não ultrapassa os 240 m.

A Formação Serra Alta compreende uma seqüência pelítica formada por folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuros a pretos, maciços e microlaminados, originários de depósitos de plataforma epinerítica. Na região de Irati esta unidade está localizada sobre as intrusões básicas que formam os morros ao redor da sede municipal. A espessura média da unidade aflorante é de cerca de 85 m, com máximo de 120 m em subsuperfície.

A Formação Irati ocorre em uma fina faixa de cerca de 350 m que atravessa o centro do município. É caracterizada por uma faciologia bastante complexa, com argilitos, folhelhos e siltitos fossilíferos, cinza escuros, sucedidos por folhelhos escuros e folhelhos pirobetuminosos fossilíferos, associados a calcários e margas, formados em plataforma rasa. Em algumas porções da faixa de afloramentos ocorrem interestratificações de leitos

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

de folhelho pirobetuminoso com calcários, como resultado de uma ritmicidade das condições ambientais. Uma característica marcante da Formação Irati, segundo a MINEROPAR, é a sua fragilidade geotécnica, uma vez que os folhelhos apresentam-se intensamente pastilhados e com um perfil de alteração raso, ou seja, solo pouco espesso. Estas propriedades conferem a esse folhelho grande instabilidade, dificultando a execução de qualquer obra sobre essa litologia.

Localizada no extremo leste do Município, a Formação Palermo abrange siltitos arenosos cinzentos, com laminação paralela, flaser e bioturbação, formados em ambiente de plataforma epinerítica e planície litorânea, sendo sua espessura regular, da ordem de 100 m, não ultrapassando 300 m de subsuperfície.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

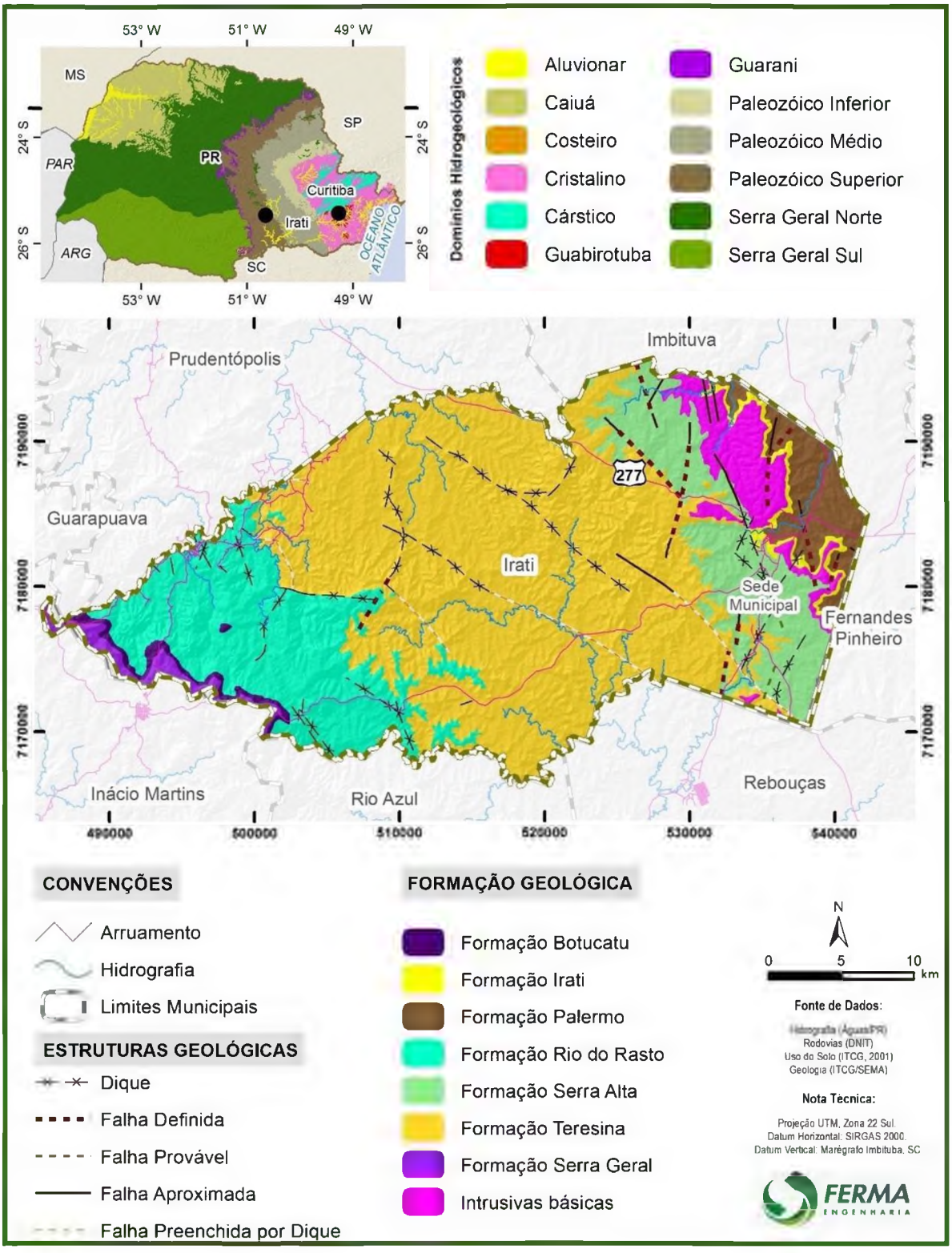


Figura 17: Geologia do município de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Solos

Segundo o mapeamento da Mineropar e as considerações da Prefeitura Municipal de Irati, predominam na região do município, os argissolos, cambissolos, latossolos, nitossolos e neossolos.

Os argissolos vermelhos amarelos do tipo distrófico têm textura média argilosa a argilosa, sendo ácidos e pouco férteis, o que implica na necessidade de correção e manejo adequado. Nas áreas de relevo suave ondulado, esse tipo de solo apresenta aptidão à mecanização com melhores condições de conservação, enquanto nos terrenos ondulados há maiores obstáculos à mecanização e conservação, com tendência moderada a alta ao desencadeamento de processos erosivos. As atividades produtivas mais indicadas para esses solos referem-se a culturas perenes, pastagens e reflorestamentos nas áreas menos acidentadas, devendo ser preservada a vegetação natural nos vales e encostas de inclinação mais pronunciada. Em Irati, esse solo aparece em diversas áreas principalmente nas planícies e porções baixas do terreno.

Os cambissolos podem ser em Irati de três tipos: háplicos alumínicos, háplicos distróficos e húmicos alumínicos. Em comum esses solos apresentam profundidade, alta acidez e baixa fertilidade natural, além da textura argilosa. Os cambissolos háplicos alumínicos ocorrem na porção sudeste do Município, em terrenos com topografia forte ondulada a ondulada, sendo inaptos à mecanização. Os háplicos distróficos ocupam pequena porção no extremo leste municipal, enquanto os húmicos alumínicos situam-se em uma pequena área no extremo sudoeste, ambos em terrenos suave ondulados e pouco aptos à mecanização.

Os latossolos vermelhos distróficos apresentam textura argilosa, com alta porosidade e permeabilidade, ocorrendo em áreas de relevo suave ondulado na porção leste do Município e apresentam aptidão à mecanização e melhores condições de conservação. Apesar da menor vulnerabilidade à erosão, recomenda-se não executar movimentos de terra mal planejados, especialmente em regiões de maior declividade, desprovidas de cobertura vegetal, para evitar o desencadeamento de processos erosivos. No caso da ocupação urbana, cabe mencionar que os latossolos não suportam fundações rasas em edificações de maior altura, devido à possibilidade de recalque, sendo

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

recomendada sua compactação e o emprego de estacas profundas. Boa parte da Sede Municipal encontra-se sobre esse tipo de solo.

Já os neossolos litólicos são constituídos de dois tipos: distróficos e eutróficos, ambos encontrados em terrenos fortemente ondulados a montanhosos, com textura argilosa, inaptos à mecanização e de difícil conservação. Os distróficos ocorrem nas porções centro-oeste e extremo sudeste do município, enquanto os eutróficos localizam-se na porção sudoeste, sendo ambos de baixíssima fertilidade. De modo geral, os solos litólicos são rasos, com até um metro de profundidade, com grande quantidade de cascalho e matacões, sem fração de areia. São aptos à ocupação urbana desde que com critérios técnicos adequados já que a pouca profundidade desfavorece a instalação de infraestrutura subterrânea.

Por fim, os nitossolos háplicos alumínicos são solos de textura argilosa, encontrados em terrenos de relevo suave ondulado nas porções norte e sul do município, sendo aptos à mecanização e de fácil manejo, embora necessitem de corretivos. Devido à porosidade e permeabilidade apresentam fácil desagregação mecânica, estando sujeitos à erosão nas superfícies com declividades superiores a 10,0% desprovidas de cobertura vegetal, enquanto naquelas com mais de 20,0%, podem sofrer rastejo e escorregamento.

De maneira geral, pode-se concluir que os solos encontrados em Irati são de baixa fertilidade e com suscetibilidade média a alta à erosão, o que, associado ao relevo acidentado que caracteriza a maior parte do território municipal, opõe severas restrições à atividade agrícola, principalmente àquelas culturas que demandam o emprego de mecanização. Ademais, a necessidade de utilização de corretivos e de adoção de cuidados especiais quanto ao manejo, encarece a produção e limita o leque de culturas passíveis de serem desenvolvidas pelos produtores no município.

O mapa da Figura 18 apresenta a distribuição dos solos no município de Irati, ilustrando também, a situação do município no mapeamento da fragilidade geoambiental. A cidade de Irati teve a maior parte de seu território classificado como vulnerabilidade média.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

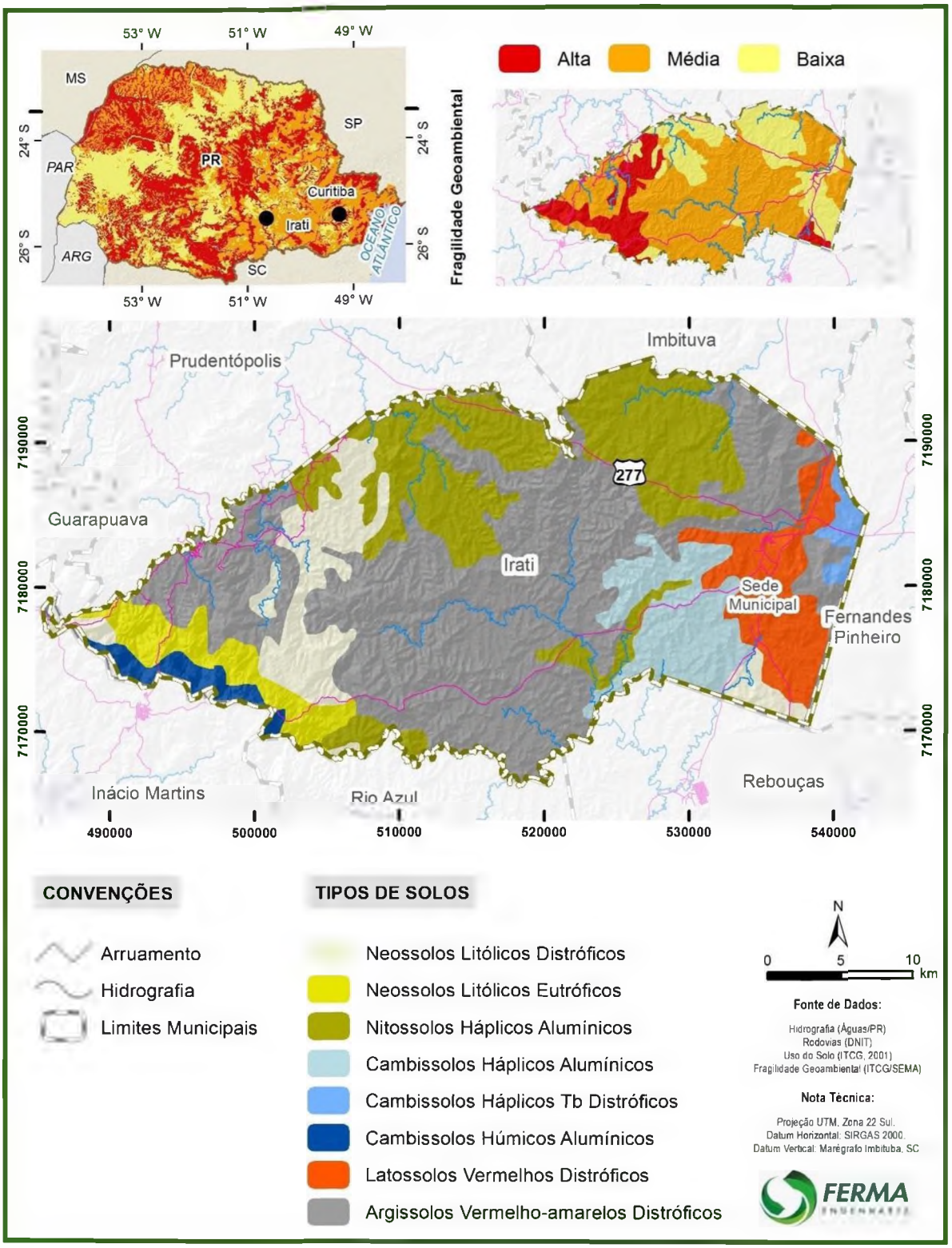


Figura 18: Solos e fragilidade geoambiental do município de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Geomorfologia

Como o município de Irati localiza-se no divisor de águas de importantes bacias do estado do Paraná e próximo a transição do Segundo para o Terceiro Planalto, seu relevo é caracterizado por expressivas variações topográficas. A altitude mínima em Irati é de 865 m, a média é de 865 m e a máxima é de 1292 m. O gráfico da Figura 19, apresenta a distribuição das altitudes em intervalos de classe de 50 em 50 metros, no qual nota-se que a maior parte do território municipal encontra-se no intervalo entre 800 a 900 m.

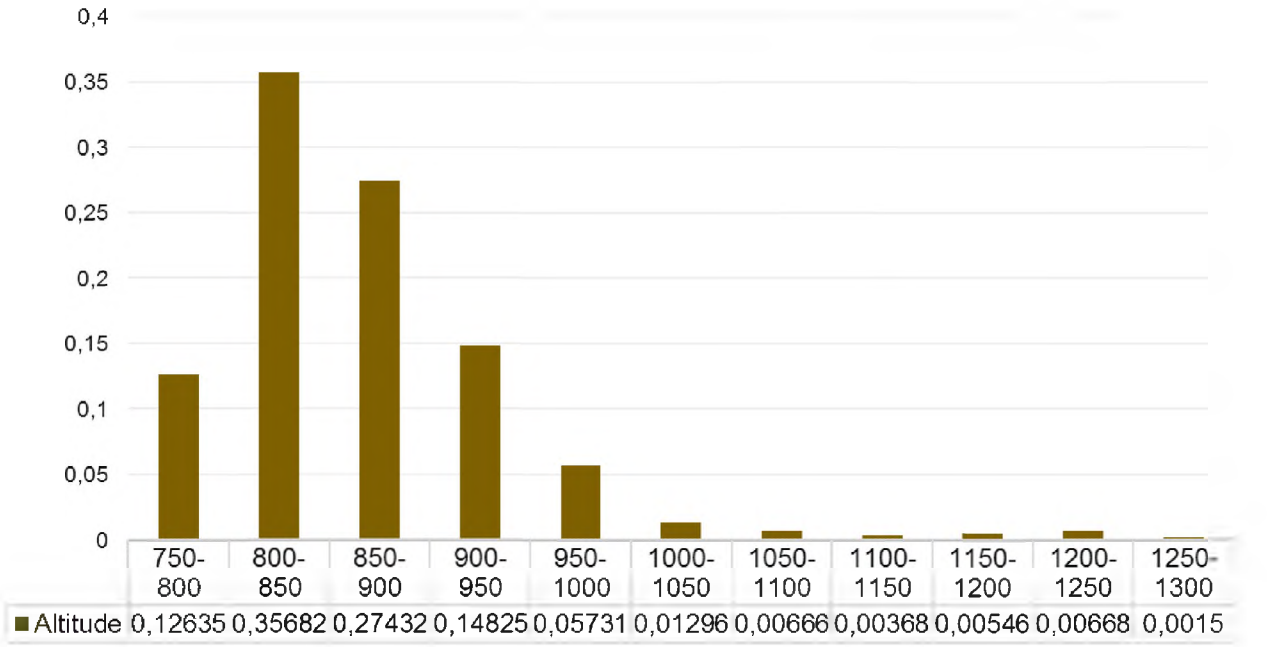


Figura 19: Distribuição dos intervalos altimétricos em Irati.

Conforme pode ser observado na Figura 20, Irati possui três grandes áreas com altitudes mais elevadas, sendo uma no sudoeste, onde localiza-se a Serra da Boa Esperança, outra no nordeste, onde cruza a BR 277 e a última no leste, na divisa com Teixeira Soares. Os pontos de menor altitude encontram-se distribuídos as margens dos principais rios, principalmente no norte e sul do município, já as declividades variam em todas as porções do município, mas há predomínio das inferiores a 20%. Do ponto de vista paisagístico, destacam-se o Cerro da Nhá Cota, com 1.024,00m de altitude, e o Morro da Ordenança, com 950,00m.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

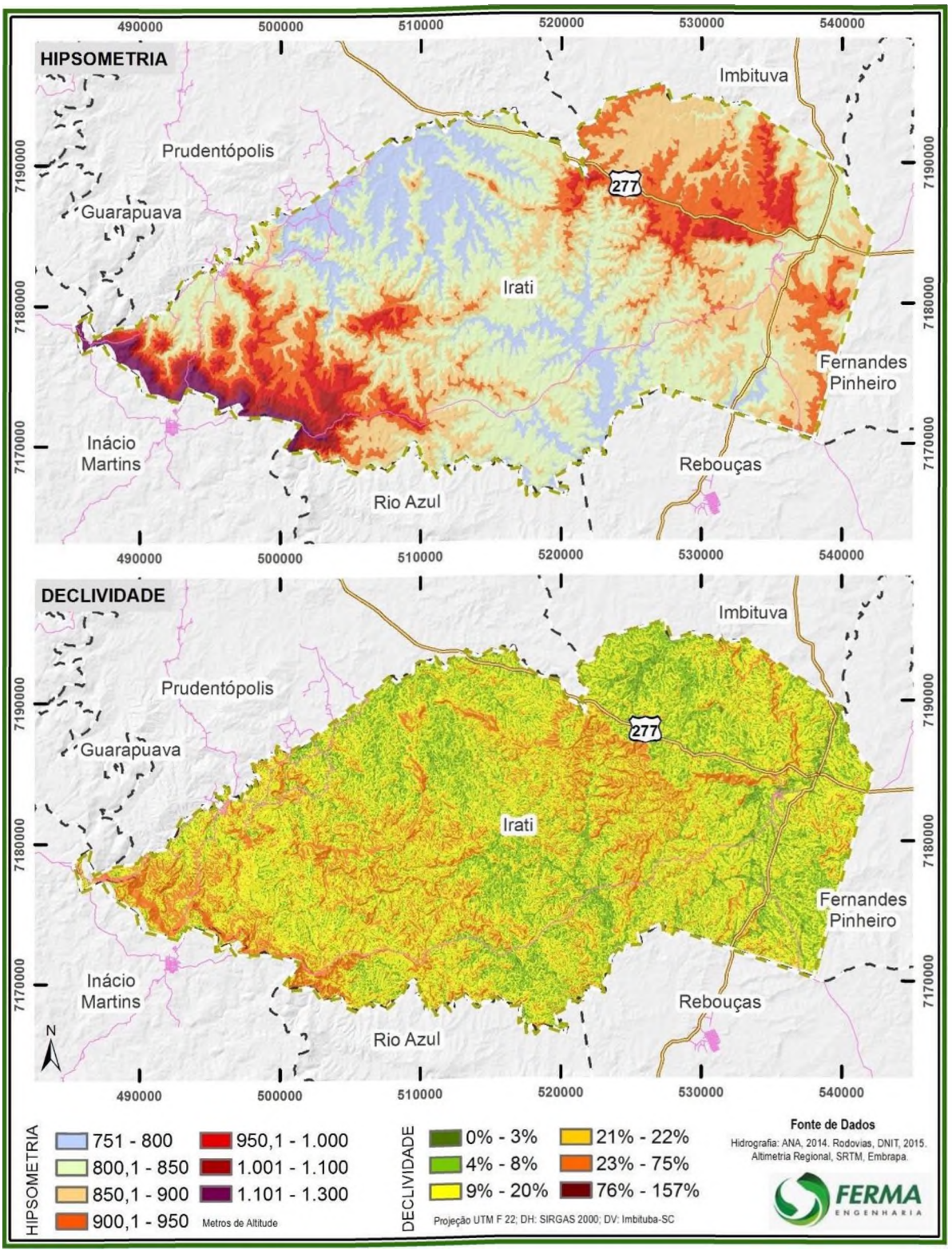


Figura 20: Altimetria e declividade do município de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4.2.1. Caracterização de Uso e Cobertura do Solo

Do ponto de vista fitogeográfico o município de Irati situa-se principalmente no domínio da Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária-Mata dos Pinhais) com fragmentos nas porções topográficas mais elevadas de Floresta Ombrófila Mista Alto Montana. Em virtude das transformações ocorridas no último século, a área florestal do município, assim como em todo o Paraná, encontra-se bastante modificada, restando centenas de pequenos fragmentos isolados de cobertura florestal.

Nota-se por meio da Figura 21 que o município não dispõe de grandes áreas de exploração mineral. As poucas jazidas existentes são pequenas, fragmentadas e distribuídas por toda a extensão territorial do município, cuja explotação é de minerais não metálicos como areia, basalto e folhelho. Irati também não abriga unidades de conservação, mas em contrapartida, registram-se diversas comunidades Faxinais, cujo estilo de vida caracteriza-se por estilo de vida próprio pautado no uso coletivo da terra para a criação de animais, produção agrícola de base familiar e o extrativismo florestal de baixo impacto. De acordo com os dados do ITCG, não há no município a presença de Terras Indígenas, Sítios Arqueológicos e demais comunidades tradicionais.

Ainda no que concerne ao uso do solo no município, a atividade agrícola é a principal responsável pela alteração da cobertura florestal original de Irati, pois de acordo com a Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE, datada de 2016, a área agrícola do município foi de 67 hectares das quais destacaram-se a soja (40%), o feijão (28%), o milho (17%), o fumo (6%) e o trigo (5%). Com relação a pecuária, poucas criações se destacaram, sendo os equinos e caprinos os mais expressivos em termos de participação no Estado. Quanto a silvicultura, embora haja extração local de madeira, lenha, erva-mate e carvão, nenhum dos produtos desse segmento se destacaram nos últimos anos no montante paranaense.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

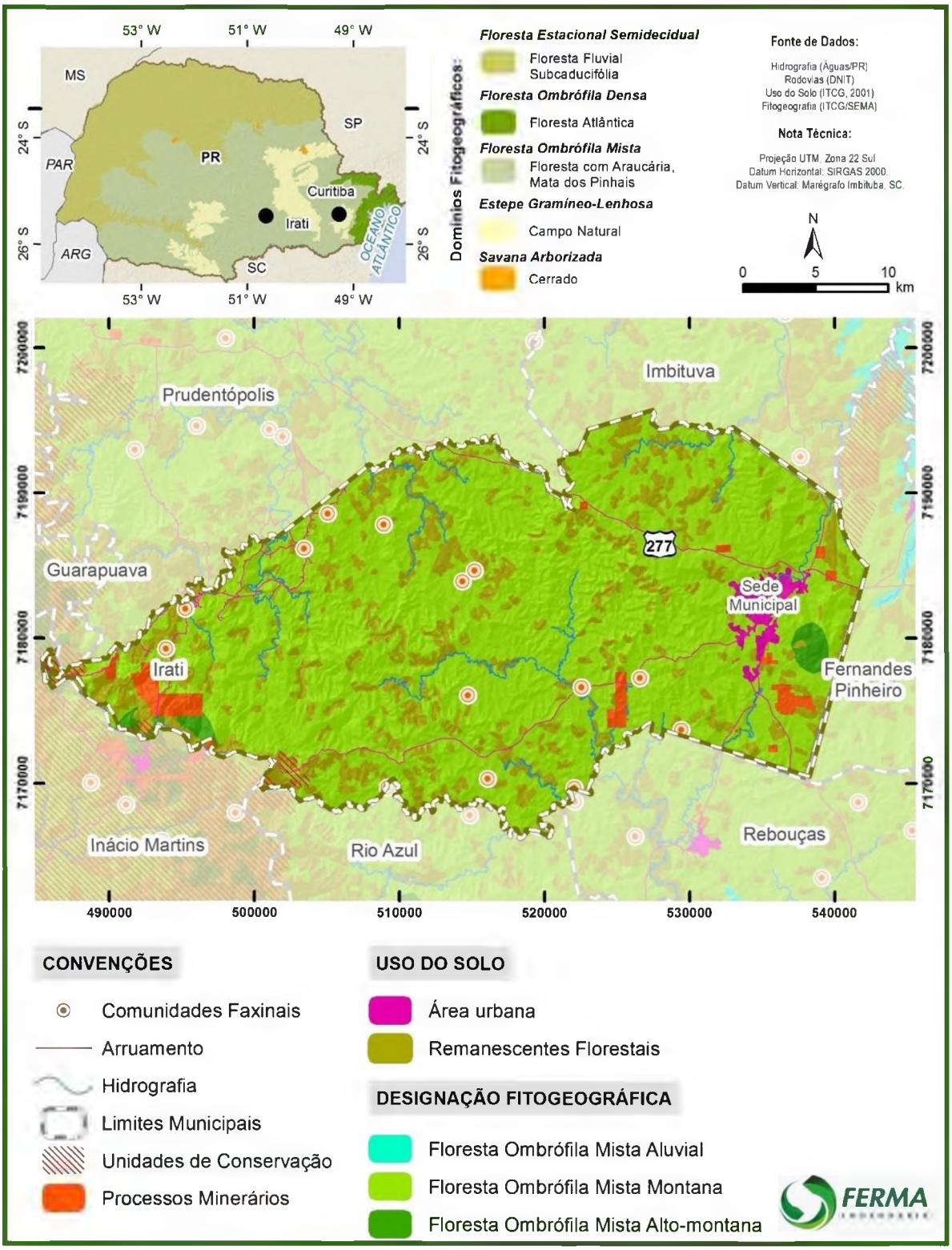


Figura 21: Fitogeografia e uso do solo do município de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4.2.2. Hidrografia

O território municipal de Irati possui uma extensa e densa rede de drenagem dividida em três grandes bacias hidrográficas, sendo as suas porções oeste e noroeste tributárias da bacia do Rio Ivaí; as suas regiões norte, nordeste e leste contribuintes da bacia do Rio Tibagi; e a sua parte centro-sul integrante da bacia do Rio Iguaçu. A Figura 22 apresenta o esquema da configuração hidrográfica do município e suas respectivas bacias de âmbito estadual.

O principal curso d'água do município pertencente à bacia do Ivaí é o Rio dos Patos, que tem vergência para noroeste e é afluente direto do primeiro. Na bacia do Rio Tibagi o curso d'água mais importante é o Rio das Antas, que corre para nordeste e deságua no Rio Imbituva, que, por sua vez, é afluente do Rio Tibagi. Já na bacia do Rio Iguaçu destacam-se os rios Preto, Corrente, Cachoeira e Riozinho, cujas águas se dirigem para o sul e confluem para o Rio Potinga, que é tributário do Iguaçu.

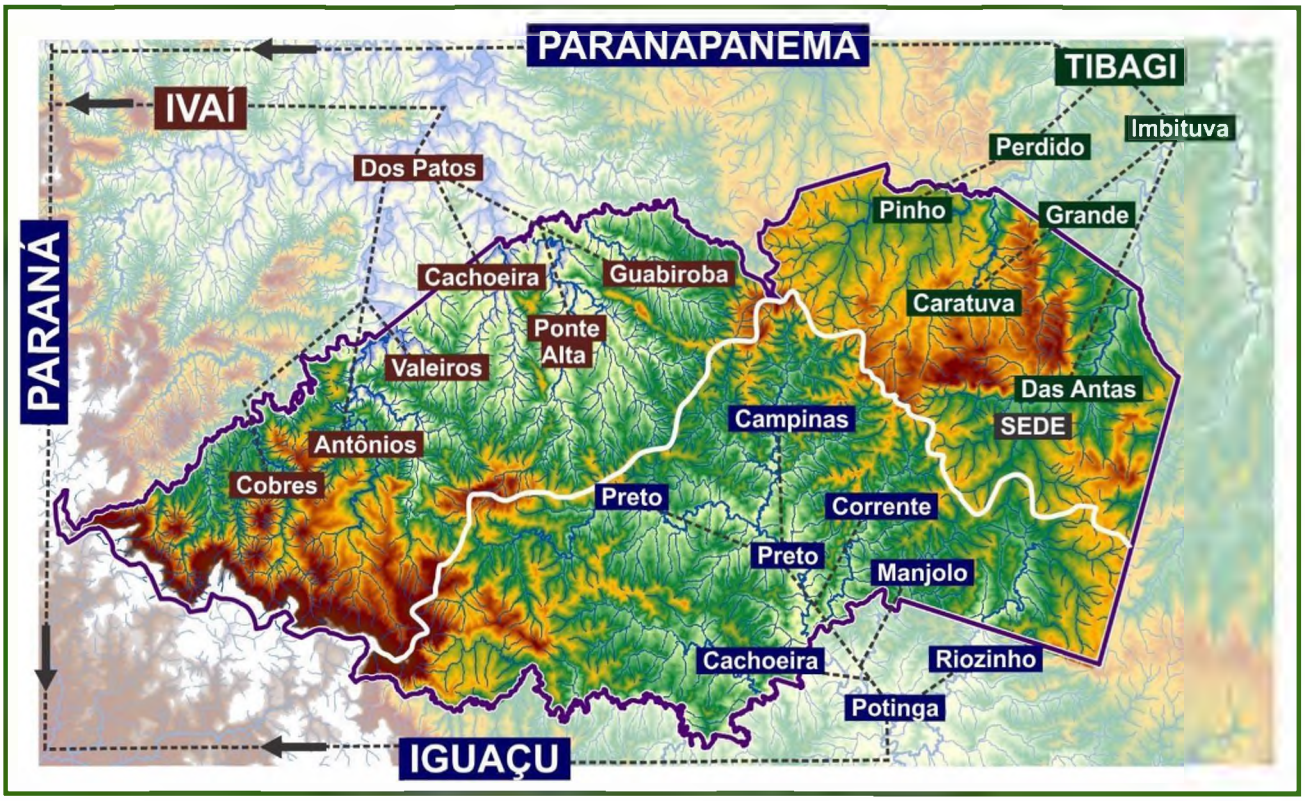


Figura 22: Hidrografia do município de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Hidrografia urbana

A cidade de Irati localiza-se sobre o divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios Tibagi e Iguaçu. A área compreendida entre o Centro da cidade e a Vila São João está inteiramente contida na bacia do Rio das Antas, que juntamente com seus inúmeros afluentes permeia toda essa porção da malha urbana iratiense. Já a área pertencente à bacia do Rio Iguaçu, e que compreende o bairro da Lagoa, a Vila Raquel e a localidade de Engenheiro Gutierrez, faz parte da bacia hidrográfica do Riozinho, sendo banhada por vários de seus afluentes. A Figura 23 apresenta o traçado dos rios e sub-bacias da cidade de Irati.

Os principais cursos de água situados na Sede Municipal são: Rio Das Antas, Rio Bonito, Arroio do Meio, Arroio da Cascata; Arroio Nhapindazal; Arroio Saldanha; Córrego Vasiliesvks; Arroio dos Coxinhas; Arroio Lajeado; Arroio Grande; Rio Riozinho; Arroio Manjolo e Rio Campinas. No extremo leste do município, situam-se os mananciais superficiais de abastecimento público da população como os cursos de água do alto Rio Imbituva que drenam para o município de Fernandes Pinheiro e o Arroio Nhapindazal, tributário do Rio das Antas. O ICMS ecológico, conferido ao município desde 1997, contribuiu com mais de R$ 200.000 no ano de 2017 (IAP, 2017), o que reforça a importância da preservação dos cursos do leste iratiense.

Destaca-se que como a cidade está localizada em um alto topográfico, os cursos d'água que nascem próximos à zona urbana apresentam volume e dimensões reduzidos. No entanto, a alta declividade que rodeia o perímetro urbano e que delimita as inúmeras sub-bacias, acarreta em alta energia de fluxo principalmente em períodos chuvosos. Nesse sentido, a combinação dos aspectos morfodinâmicos do relevo propiciam maior susceptibilidade a processos erosivos nas encostas do terço médio e superior da bacia, nas margens dos cursos de água e nas áreas com deficiência de infraestrutura de drenagem.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

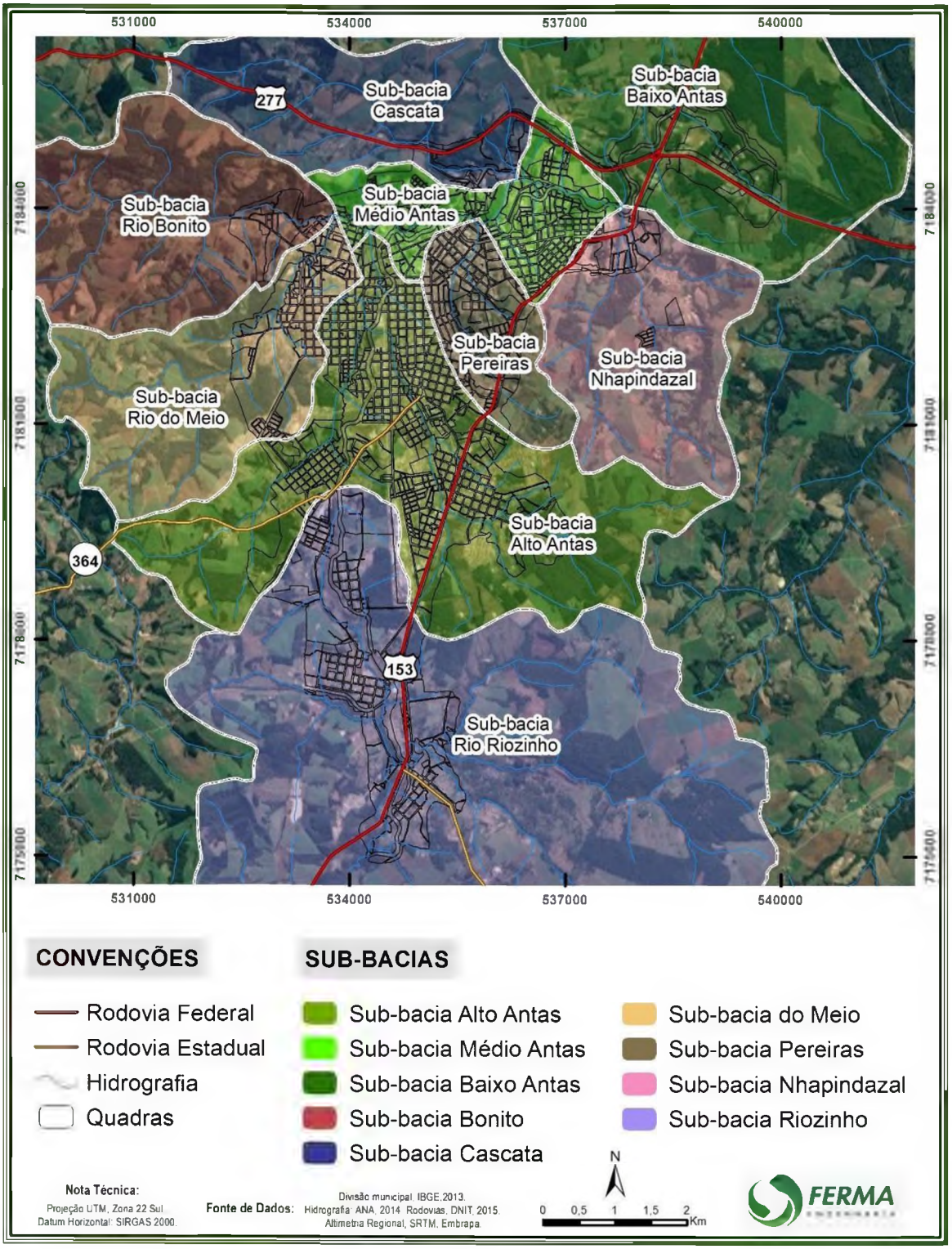


Figura 23: Sub-bacias da área urbana de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4.3. A Sede Municipal de Irati

A Sede Municipal de Irati está situada no extremo leste do município e é constituída por um perímetro urbano de 5.189,47 hectares. Segundo dados da Prefeitura, concentram na sede quase 15.000 lotes distribuídos em mais de 440 quadras. A população residente na sede, segundo dados do Censo 2010 é de 42.886 habitantes, sendo 20.782 homens e 22.084 mulheres, alocadas em 14.938 domicílios particulares e permanentes.

Atualmente o município possui 20 bairros, conforme ilustra a Figura 24: Nhapindazal no extremo leste; Vila Nova, Colina Nossa Senhora das Graças, DER e Canisianas no norte; Alto da Glória, Centro, Jardim Califórnia, Stroparo. Fósforo e Rio Bonito na área central; Alto da Lagoa, Lagoa, Jd Virgínia, Jd Aeroporto, e Vila São João no centro-sul; Camacuã, no oeste e Engenheiro Gutierrez e Riozinho no sul. Os maiores bairros da sede como Nhapindazal, Camacuã e Riozinho, não apresentam grande densidade de arruamento, sendo os bairros da região central e do norte os mais densos do ponto de vista populacional.

Do ponto de vista geográfico, a Sede Municipal possui relevo variando entre 780 a 1.013 metros de altitude e abriga 9 sub-bacias descritas no item anterior. No mapa da Figura 24, nota-se que as quadras urbanas situam-se principalmente nas áreas cuja declividade é inferior a 10%, sendo esses aspecto um dos principais limitantes da expansão urbana. A cobertura do solo é basicamente composta por áreas antropizadas e poucas áreas verdes. Dentre os espaços livres de edificação na cidade, destaca-se as matas ciliares dos afluentes formadores do Rio das Antas e do trecho superior do Arroio dos Pereiras, o Parque Aquático no bairro Rio Bonito e o grande terreno da fábrica de fósforo, no bairro de mesmo nome.

Alguns terrenos reflorestados podem ser avistados nos bairros do sul de Irati, como Lagoa e Jardim Aeroporto. Nesses locais também verifica-se que parcelamentos de solo recentes, incluindo o lançamento de conjuntos residenciais e condomínios (Figura 25), como as casas do Programa Minha Casa Minha Vida, do governo federal. De acordo com o Plano de Saneamento de Irati, a Sede conta com pelo menos 60 km de galerias pluviais, correspondendo a apenas 10% do total de vias urbanas.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

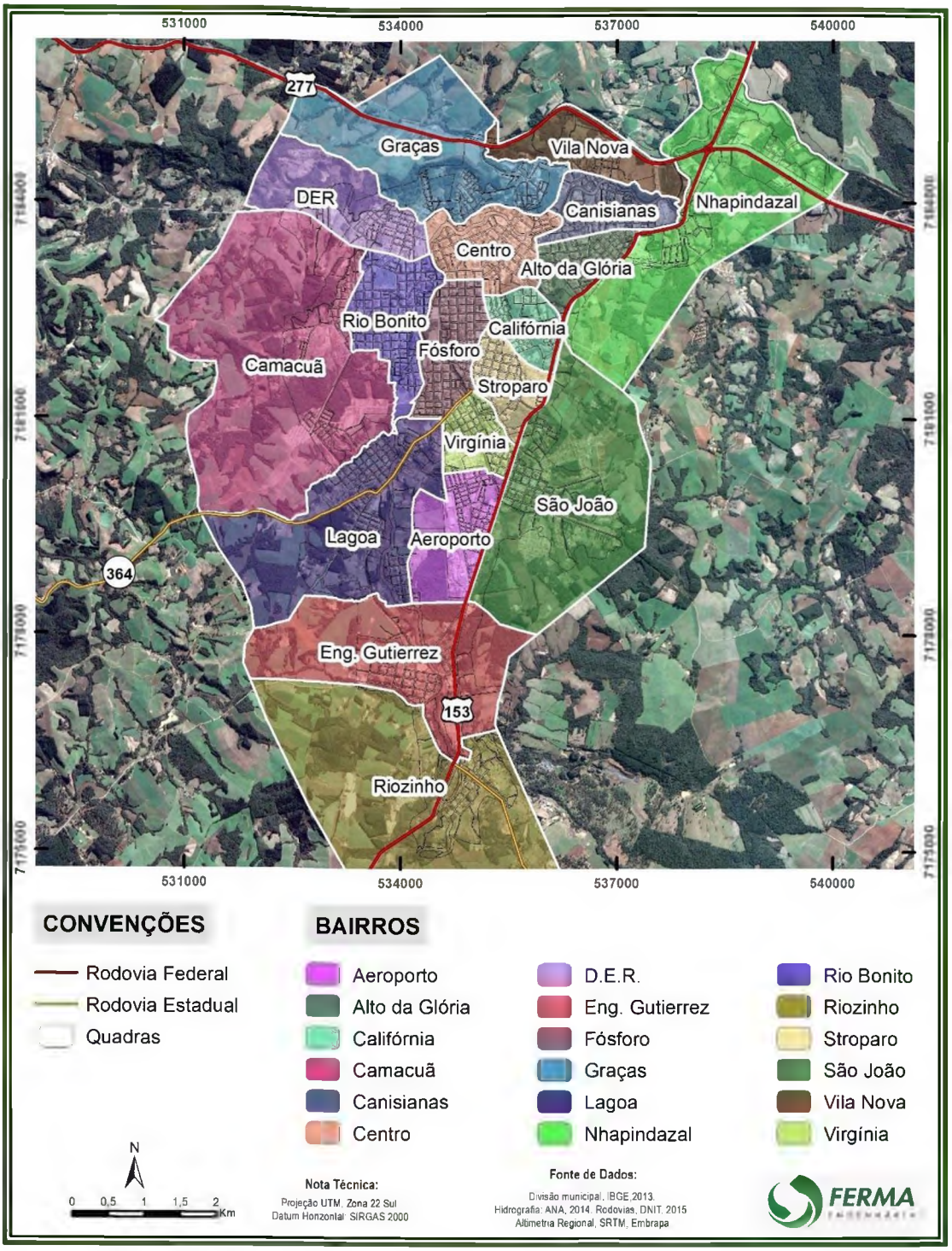


Figura 24: Bairros de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

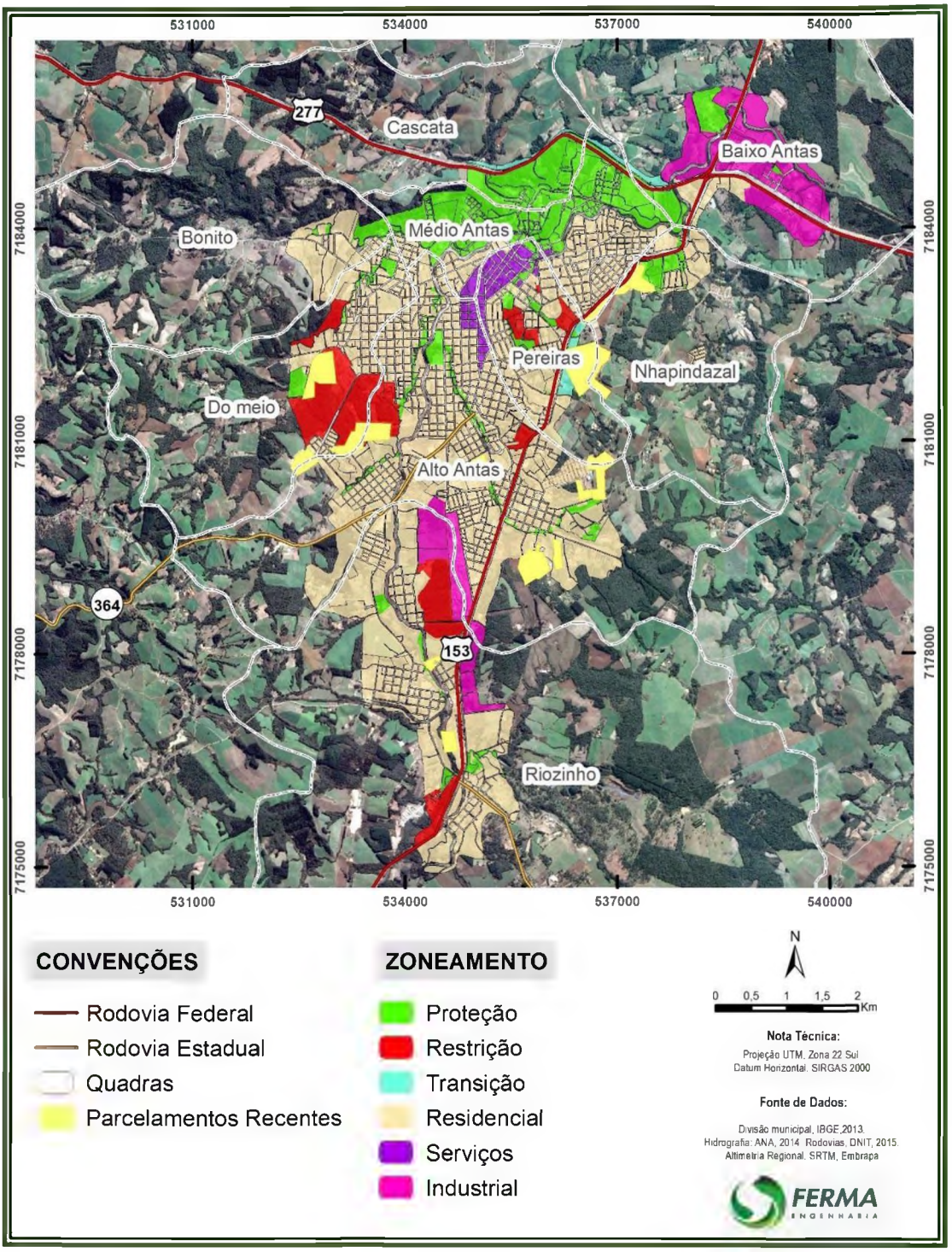


Figura 25: Zoneamento simplificado da Sede Municipal.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5. LEVANTAMENTO E PROCESSAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

5.1. Características físicas e de ocupação das bacias.

As características físicas das sub-bacias que englobam a Sede Municipal de Irati são bem distintas, principalmente quanto à declividade, uso do solo e porção altimétrica que estão situadas.

A sub-bacia do Rio Riozinho é a maior da sede municipal e seus cursos de água drenam para o Rio Potinga, afluente do Rio Iguaçu. Embora não sejam conferidas altas declividades nessa bacia - exceto no seu extremo oeste, a planície fluvial do curso de água principal atinge baixas cotas altimétricas, formando uma zona favorável a enchentes e inundações. Verifica-se por meio do mapa da Figura 26 que há faixas de fundo de vale muito próximas ao arruamento existente. É necessário considerar tais particularidades, direcionando o crescimento urbano para áreas mais altas dessa sub-bacia a fim de evitar problemas futuros.

A sub-bacia do Alto do Rio das Antas, também não registra grandes faixas de alta declividade e é uma das mais urbanizadas da Sede Municipal de Irati. Nota-se por meio da Figura 26 que o arruamento atingiu praticamente todas as áreas mais aptas a ocupação, restando apenas as porções mais altas Como essa é uma sub-bacia que abriga dois importantes tributários que formam o Rio das Antas, o controle de impermeabilização deve ser maior, visando reduzir o escoamento superficial para as sub-bacias mais baixas, como a do médio e baixo Rio das Antas.

As sub-bacias do Rio do Meio e do Rio Bonito, possuem características semelhantes, pois possuem importantes áreas com alta declividade, presença de atividade agrícola com vários barramentos nos cursos de água de baixa ordem e várias áreas de solo exposto. A presença urbana nessas sub-bacias se restringe as suas porções mais baixas, justamente por essas áreas serem mais planas e, portanto mais favoráveis à construção de edificações. A Figura 26 evidencia que a bacia do Rio do Meio ainda dispõe de algumas áreas de baixa declividade, o que pode motivar a expansão

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

urbana em seu trecho inferior. Somado a isso a proximidade dessas áreas com o tecido urbano já existente e com a legislação municipal indica que o grau de urbanização dessa sub-bacia tende a aumentar nos próximos, fato já evidenciado pelo lançamento de conjuntos residenciais nos bairros Lagoa e Alto da Lagoa.

A sub-bacia do Rio Cascata é a menos alterada do ponto de vista urbano e abriga várias propriedades agrícolas cujos proprietários fizeram inúmeros barramentos de água em suas propriedades. A altitude bem como a declividade dessa sub-bacia é considerada alta o que limita a procura pela construção de moradias. Por estar próxima a área zoneada como de preservação municipal, não se prevê crescimento urbano nessa sub-bacia para os próximos anos.

A sub-bacia do Arroio dos Pereiras é bastante urbanizada principalmente nas suas porções média e baixa. Como a declividade é mais acentuada nas porções situadas a montante da PR 153, a porção norte e mais alta dessa sub-bacia ainda possui áreas arborizadas e menos urbanizadas. No entanto, verifica-se recentes parcelamentos do solo nessa região, o que pode impermeabilizar ainda mais o solo, fazendo com que o escoamento superficial aumente a vazão do Arroio dos Pereiras. Destaca-se que na região central da Sede Municipal, o Arroio possui trechos canalizados e retificados com ausência de áreas de preservação permanente.

A sub-bacia do Médio Antas é uma das mais urbanizadas de Irati e caracteriza-se por reunir três aspectos que potencializam a ocorrência de eventos críticos de precipitação e drenagem. O primeiro diz respeito a alta declividade conferida na margem esquerda do Rio das Antas, que faz com que o escoamento superficial da vertente esquerda dimensione grande quantidade de água para a calha desse rio em curto período de tempo. Somado a isso, entende-se como segundo fator desfavorável, o relevo da margem direita do Rio das Antas que é muito mais plano que o da esquerda, fazendo com que nas cheias a água atinja as casas mais próximas de sua margem. O terceiro fator desfavorável é a posição dessa sub-bacia em relação a dinâmica hídrica da cidade, fazendo com que a mesma receba as águas das bacias à montante, como a do Rio Do meio, do Rio Bonito, do Rio Cascata, do Arroio dos Pereiras e do próprio Rio das Antas (Montante).

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em eventos de grande pluviosidade, praticamente toda a água da sede municipal chega rapidamente a sub-bacia do Médio Antas, sendo essa região a que registra os maiores casos de eventos críticos que atingem a população local.

A sub-bacia do Arroio Nhapindazal possui ocupação urbana restrita a sua porção mais baixa, em áreas próximas aos limites da bacia do Baixo Rio das Antas. Como esse arroio possui ponto outorgado para captação superficial pela Companhia de Saneamento do Paraná, a ocupação de sua sub-bacia deve ser controlada e monitorada. Do ponto de vista hídrico, a sub-bacia do Nhapindazal é a que apresenta maior potencial de infiltração da água com tendência de comportamento hidrológico mais próximo do considerado natural.

Por fim, a sub-bacia baixo Rio das Antas, também incluída no Perímetro Urbano de Irati, compreende áreas com baixa declividade, mas ainda com menor grau de ocupação. Nessa sub-bacia apenas a microbacia do Arroio dos Gurski, situada a montante da BR-277, apresenta declividade acentuadas que devem limitar a ocupação urbana. Destaca-se que a bacia do baixo Rio das Antas tem como área montante, todas as demais sub-bacias citadas e que o percurso do Rio das Antas nessa região, conta com pontes, meandros, barramentos artificiais e relativa preservação de mata ciliar.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

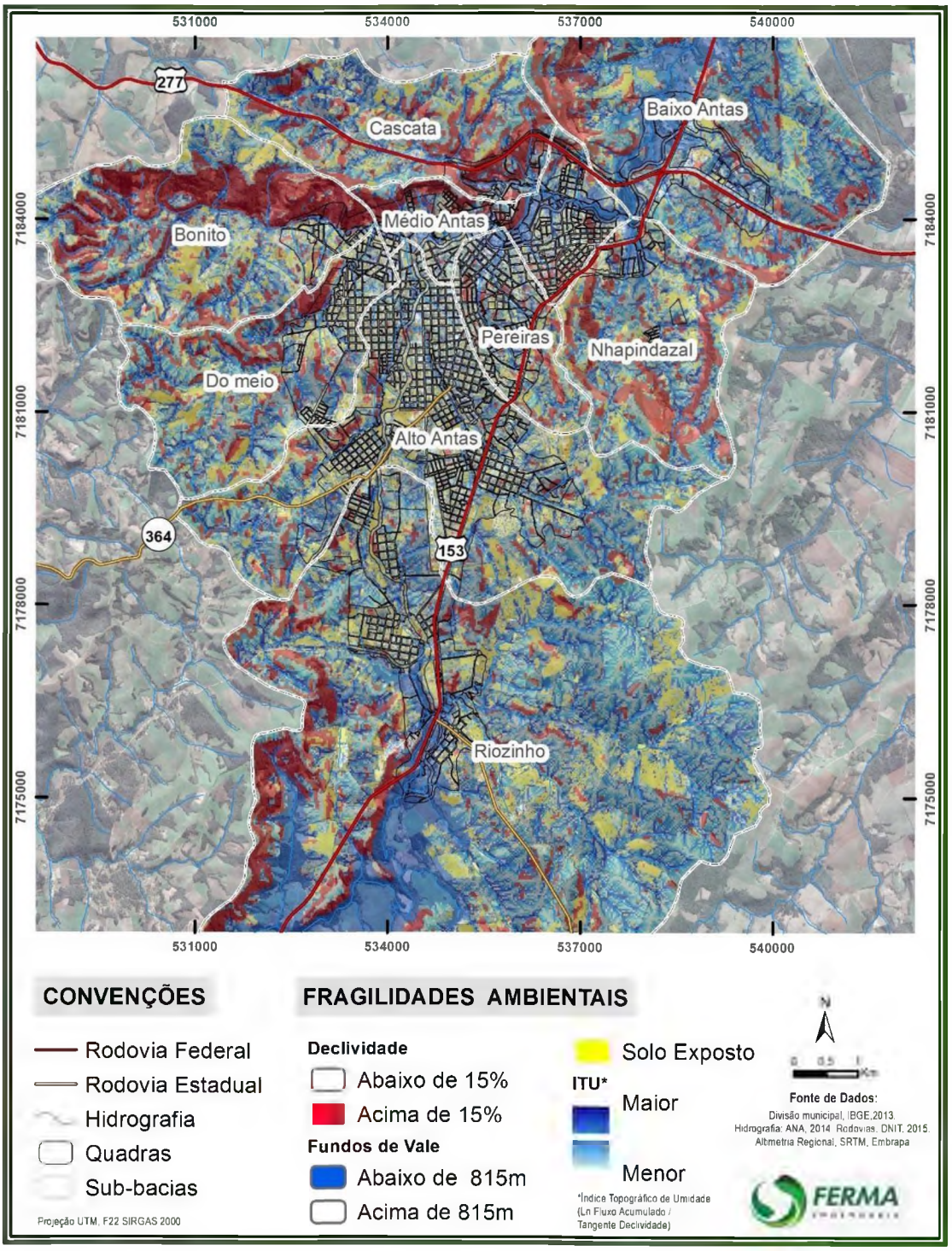


Figura 26: Características físicas das sub-bacias.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5.2. Cadastro do Sistema de Macrodrenagem e Microdrenagem na Área Urbana

O cadastro dos sistemas de micro e macrodrenagem da área urbana existentes na Prefeitura estão sendo compilados para a posterior análise e proposições das medidas não estruturais e estruturais do Plano Diretor de Drenagem. Em etapas posteriores do trabalho, se necessário, e conforme previsto no Termo de Referência, poderão ser feitos levantamentos adicionais, em especial de seções transversais em diferentes pontos dos principais rios e o mapeamento de barragens, reservatórios, lagos e demais represamentos que possam interferir a dinâmica de escoamento das águas pluviais no Município.

Todas as intervenções visitadas estão sendo mapeadas e analisadas comparando-as com os cenários propostos. De forma preliminar e com o objetivo de indicar e planejar as visitas em campo, um levantamento por meio de imagens de satélite identificou alguns locais com potencial interesse de visitação, cujas características singulares se mostram relevantes para a drenagem do Município.

Dentre as características desses locais estão: as mudanças abruptas de declividade, os estreitamentos da calha do rio, as transições e desemboques, as pontes potencialmente baixas que podem barrar a vazão em situações atípicas, os trechos críticos de inundação, os locais com ocupação muito próxima a margem, os locais com incidência de processos erosivos, a proximidade de exutórias, os locais de obras, entre outros. O mapa da Figura 27 apresenta esses pontos e as imagens da Figura 28 ilustram alguns dos pontos de interesse.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

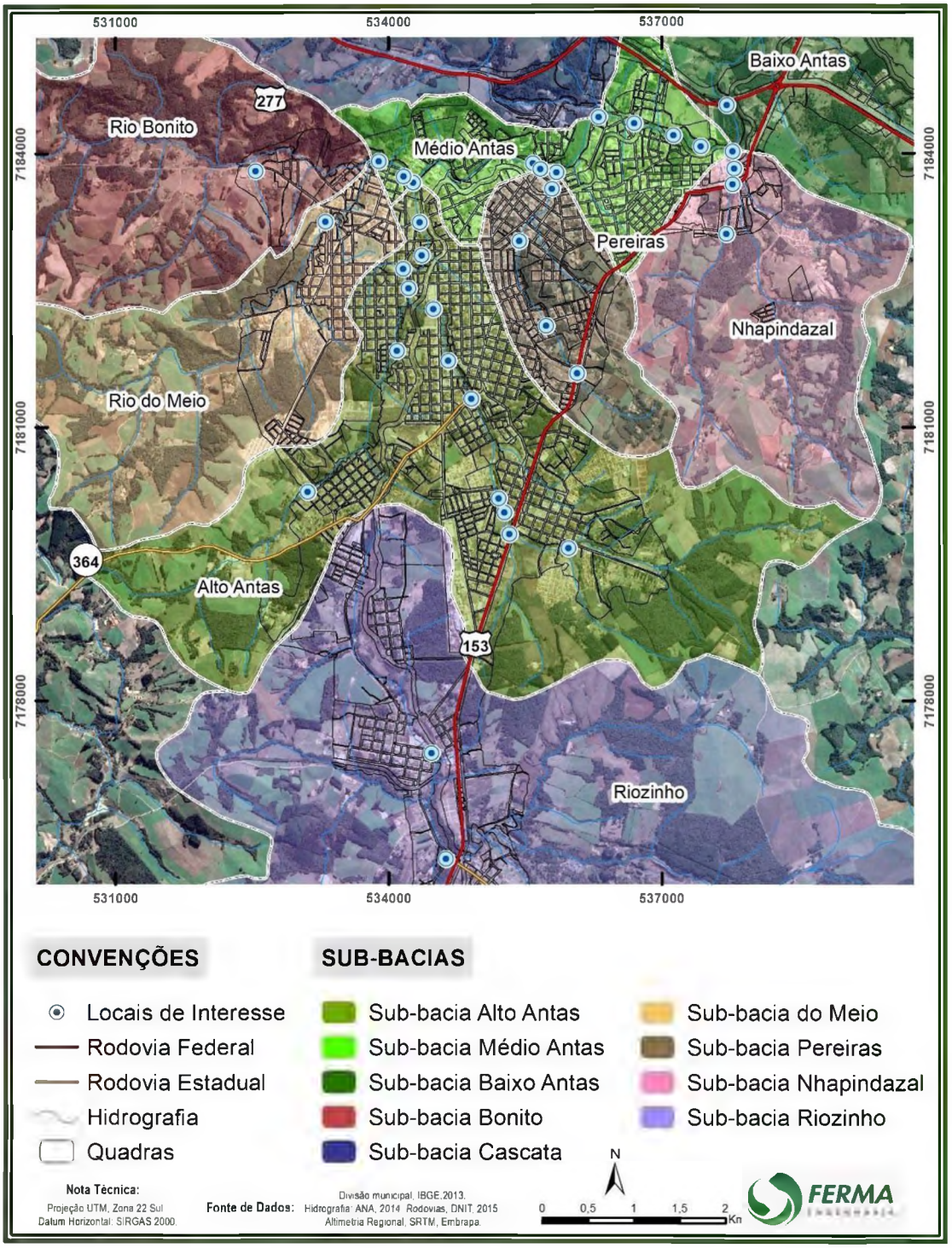


Figura 27: Pontos de interesse para drenagem em Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

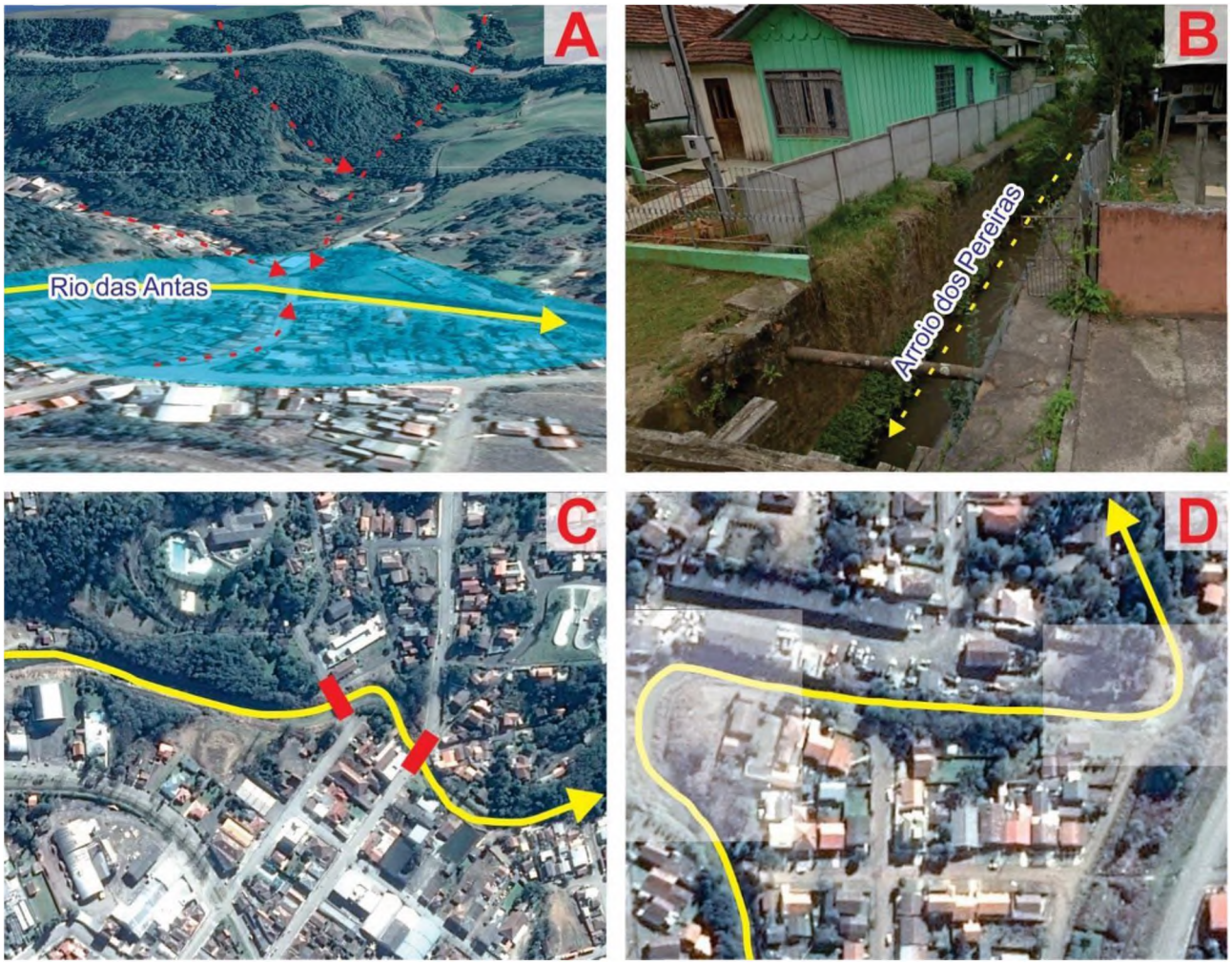


Figura 28: Exemplos de pontos de interesse no Município.

5.3. Pluviometria

Foram realizados levantamentos de dados pluviométricos e equações de chuvas intensas, considerando tratamento dos dados, análise de sensibilidade e determinação dos padrões de chuvas intensas a serem adotados para o Plano de Drenagem Urbana.

Além disso, estão mapeados os reservatórios e lagos artificiais: localização, curvas cota-volume e cota-vazão. Para a determinação deste último parâmetro, serão cadastradas as estruturas de descarga.

As equações de chuva intensa estão apresentadas adiantes deste relatório, no item 7.2.1 – Precipitações de Projeto, onde estão também descritos os cálculos de vazões de projeto para diferentes tempos de recorrência.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

No item 5.4 - Pontos Críticos: inundações, enxurradas e alagamentos estão descritos os eventos de precipitação que causaram alerta da defesa civil no município de Irati.

Segundo Pinheiro e Vide (2017), as mudanças climáticas globais, suas causas e consequências têm ganhado cada vez mais importância no cenário mundial. De acordo com o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional, do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, a projeção para mudanças da precipitação para a região Sul da América do Sul prevê, até 2040, aumento de 5% a 10%. Para compreender a variabilidade pluviométrica (1980 a 2010), assim como analisar tendências futuras para eventos pluviais no município de Irati, localizado na região sudeste do estado do Paraná, foram utilizadas técnicas estatísticas para cálculo da variabilidade e tendências pluviométricas. Os resultados demostraram que a cidade de Irati não apresenta tendência positiva e negativa de precipitação para os últimos 30 anos. Dessa forma, os dados corroboram para o melhor entendimento da gênese das chuvas bem como para os estudos sobre os impactos regionais e locais das mudanças climáticas e variabilidade climática.

5.4. Pontos Críticos: inundações, enxurradas e alagamentos

O mapeamento detalhado dos pontos críticos de inundação contempla, quando possível, os níveis de água de cheias com as respectivas frequências de ocorrências.

Segundo Freitas e Carvalho (2016), o ano mais chuvoso do histórico de inundações foi 1983. Naquele mesmo ano, no mês de julho, foi registrado pela Defesa Civil uma das inundações mais significativas no Município de Irati. Além disso, foi observado que todos os processos de inundações que ocorreram no Município de Irati deram-se devido às chuvas de pelo menos 4 dias consecutivos e que ultrapassaram 91 mm. No entanto, no dia 10 de dezembro de 2015 a precipitação de 55,9 mm ocasionou pontos de alagamento. Deve-se observar que no dia 06 de dezembro do mesmo ano foram registrados 132,3mm de precipitação e que influenciaram no alagamento do dia 10 de dezembro devido ao excesso hídrico armazenado no solo. Nesta ocasião o alagamento ocorreu no Arroio dos Pereiras em trecho urbano, onde a precipitação intensa durou 30 minutos.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em análise aos dados observados em Defesa Civil Paraná e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (2018), o número de eventos de alagamentos, enxurradas, inundações e tempestades de chuvas convectivas desde o ano de 1970 até 2018 no município de Irati – PR pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Número de ocorrências de eventos extremos.

Evento	Número de Ocorrências
Inundações	8
Tempestade Local/Convectiva – Vendaval, Granizo, Chuvas Intensas	15
Enxurradas	14
Alagamentos	2

Fonte: Defesa Civil Paraná e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.

Os dados estão apresentados na Figura 29.

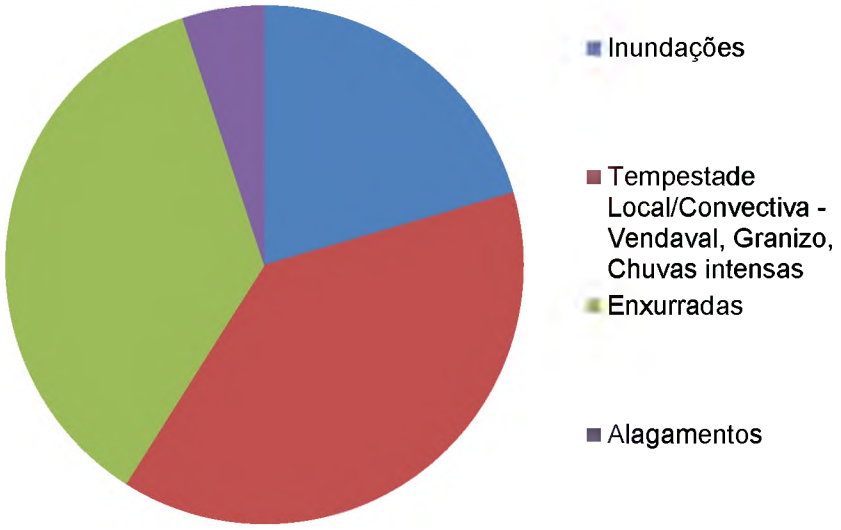


Figura 29: Ocorrência de eventos extremos em Irati – PR.

Fonte: Defesa Civil Paraná e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.

Freitas e Carvalho (2016) citam a associação de eventos extremos com a precipitação no Município de Irati (PR). Esta relação pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4: Relação de Eventos Extremos, Dias e Precipitação Acumulada e em Irati-PR.

Data	Evento	Precipitação Acumulada (mm)	Dias de Precipitação
25/08/1980	Inundações	128,3	6
15/12/1980	Inundações	109,4	5
01/07/1983	Inundações	107,1	6
19/12/1986	Inundações	188,7	6

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

08/05/1987	Inundações	219,9	5
29/05/1992	Inundações	269,7	6
22/05/2009	Enxurradas	145,6	6
11/02/2010	Enxurradas	137,4	6
26/04/2010	Enxurradas	222,3	6
14/02/2011	Enxurradas	134,8	7
31/07/2011	Enxurradas	103,3	5
19/08/2011	Enxurradas	147,3	-
20/06/2013	Inundações	206,0	4
07/06/2014	Tempestade Local/Convectiva – Chuvas Intensas	293,9	4
29/09/2014	Enxurradas	126,5	7
11/12/2014	Enxurradas	91,1	5
16/11/2015	Enxurradas	144,0	6
06/12/2015	Enxurradas	132,3	7
10/12/2015	Alagamentos	55,9	1

Fonte: Freitas e Carvalho (2016).

Nota-se que os eventos extremos de alagamentos, enxurradas, inundações e tempestades convectivas têm relação direta com o número de dias chuvosos e com a quantidade de precipitação acumulada. Quando ocorre um alagamento ou inundação provavelmente choveu em dias anteriores uma quantidade suficiente para encharcar o solo e não permitir a infiltração da água.

Do ponto de vista espacial, segundo dados disponibilizados pela prefeitura, os eventos críticos relacionados à drenagem no Município ocorrem principalmente nos bairros Centro, Canisianas e Vila Nova. A Figura 30 espacializa alguns dos locais recorrentes de alagamentos e enchentes e também aponta a mancha de inundação ocorrida em 2014.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

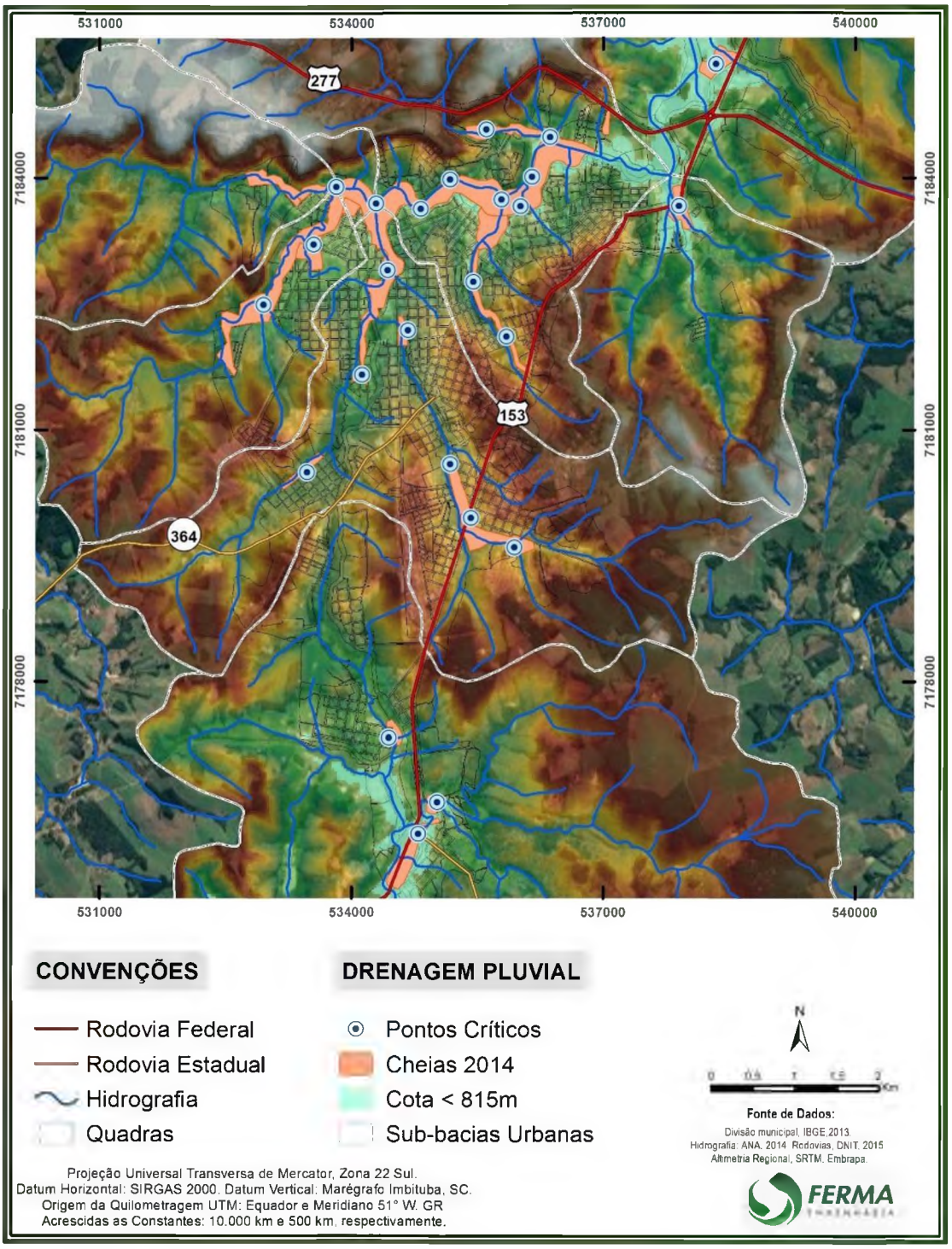


Figura 30: Pontos críticos de drenagem em Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5.5. Ocupação Urbana

De acordo com o antigo Plano Diretor do Município (ano de 2010), a ocupação urbana no município, deu-se a partir do centro da cidade e foi expandindo aos poucos de forma relativamente organizada com a construção de casas e ruas no entorno central. Aos poucos, a mancha urbana espalhou-se em todas as direções, aumentando drasticamente o perímetro urbano ocupado. Após 2007, a ocupação superou ainda mais os limites anteriores atingindo até mesmo áreas não tão favoráveis à habitação como áreas de fundo de vale e áreas de declividade moderada. No mapa da Figura 30, retirada do Plano Diretor de 2010, verificam-se as manchas urbanas e seus respectivos períodos de ocupação.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

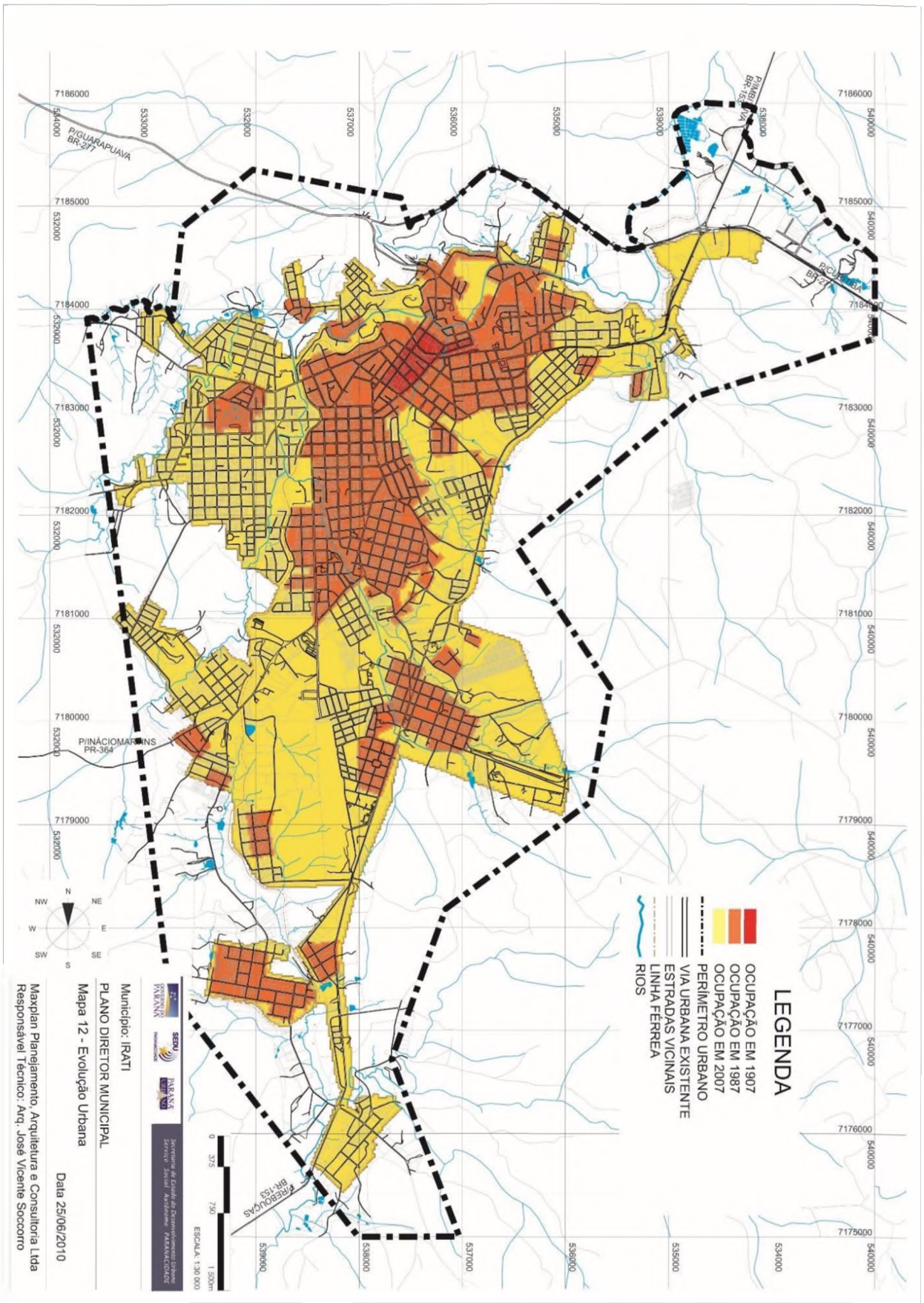


Figura 31: Evolução da ocupação urbana em Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em termos numéricos, a população de Irati apresentou crescimento de 7,5% entre 2010 e 2017. Nesse período houve um pequeno aumento se comparado a 2000-2010, no qual a população do município havia crescido 7,4%. A evolução da população de Irati é apresentada no gráfico da Figura 32.

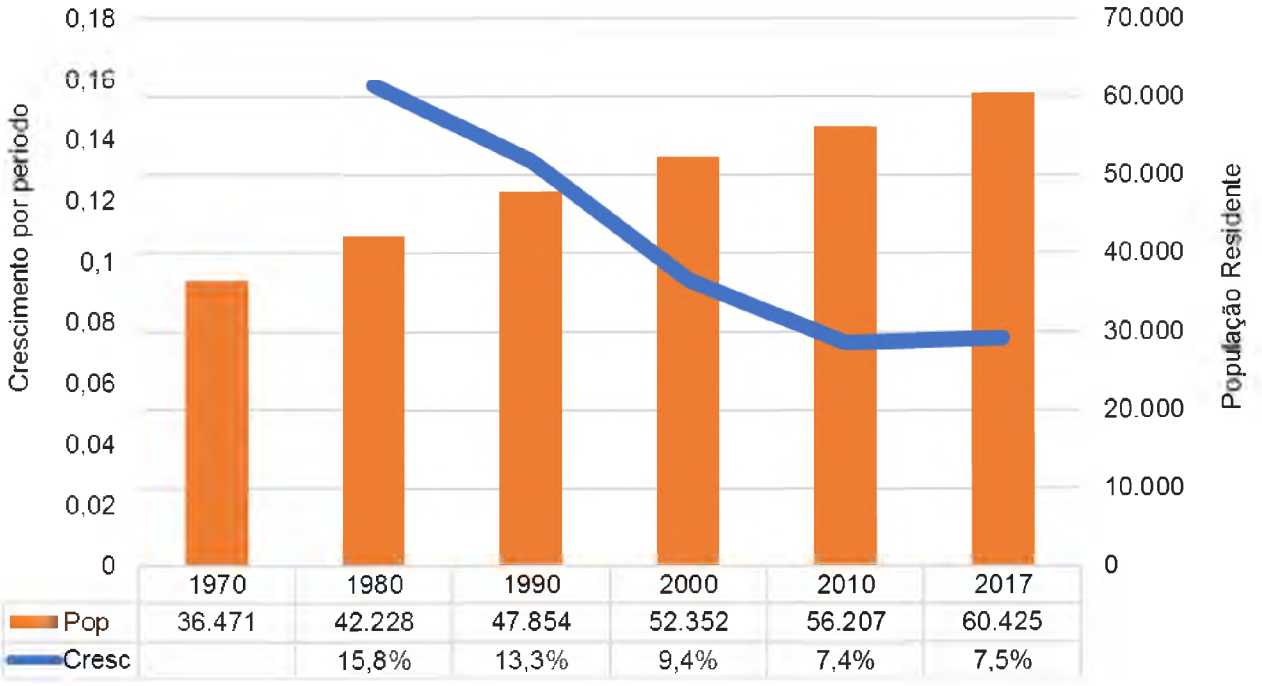


Figura 32: Evolução populacional de Irati.

Já nos mapas da Figura 33 e da Figura 34, tem-se a espacialização da população por setor censitário no Município relativa ao censo 2000 e 2010. Verifica-se que em quase todos os setores da região central houve incremento populacional, ao passo que nas regiões mais periféricas, tal aumento não foi tão expressivo.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

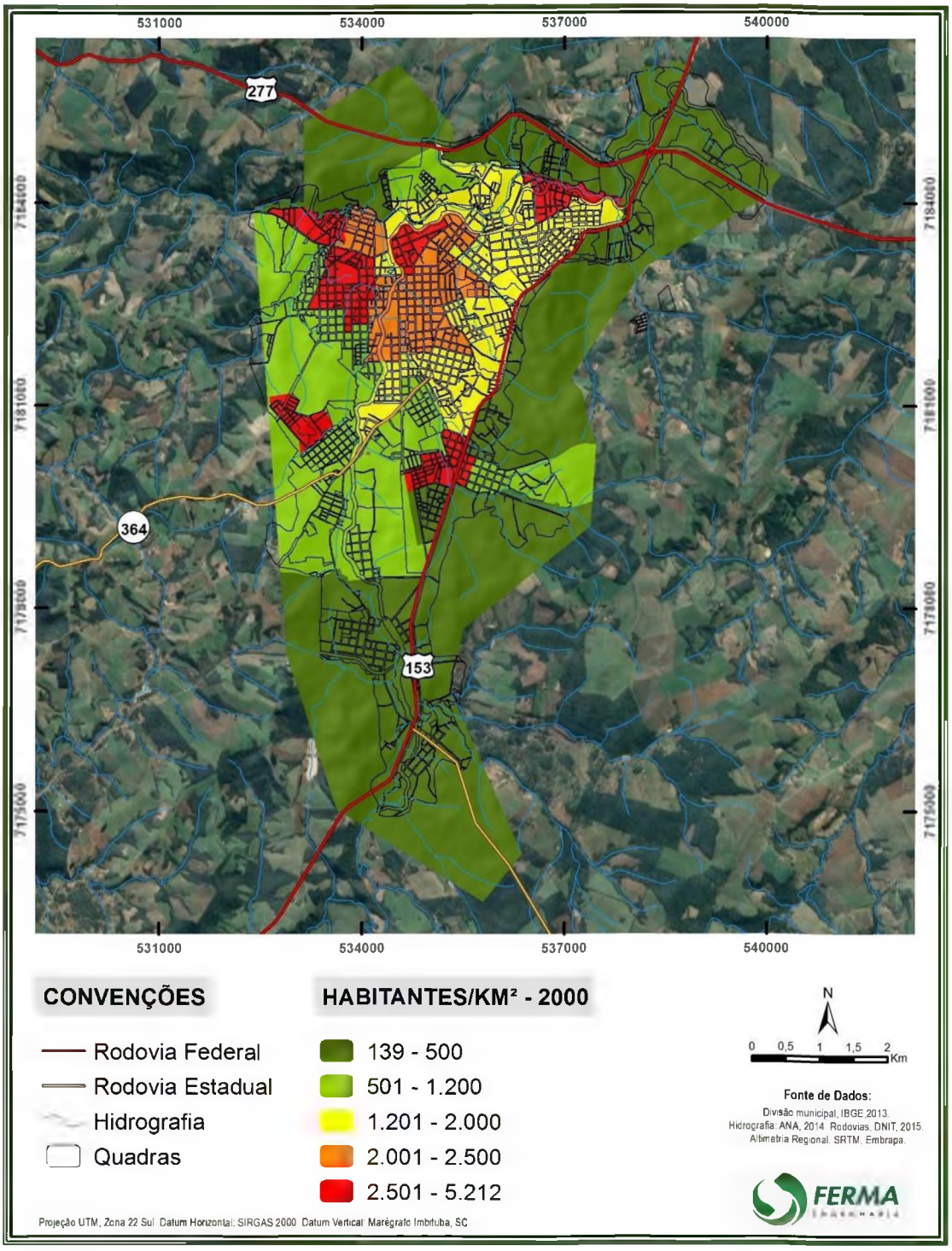


Figura 33: Densidade demográfica em 2000.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

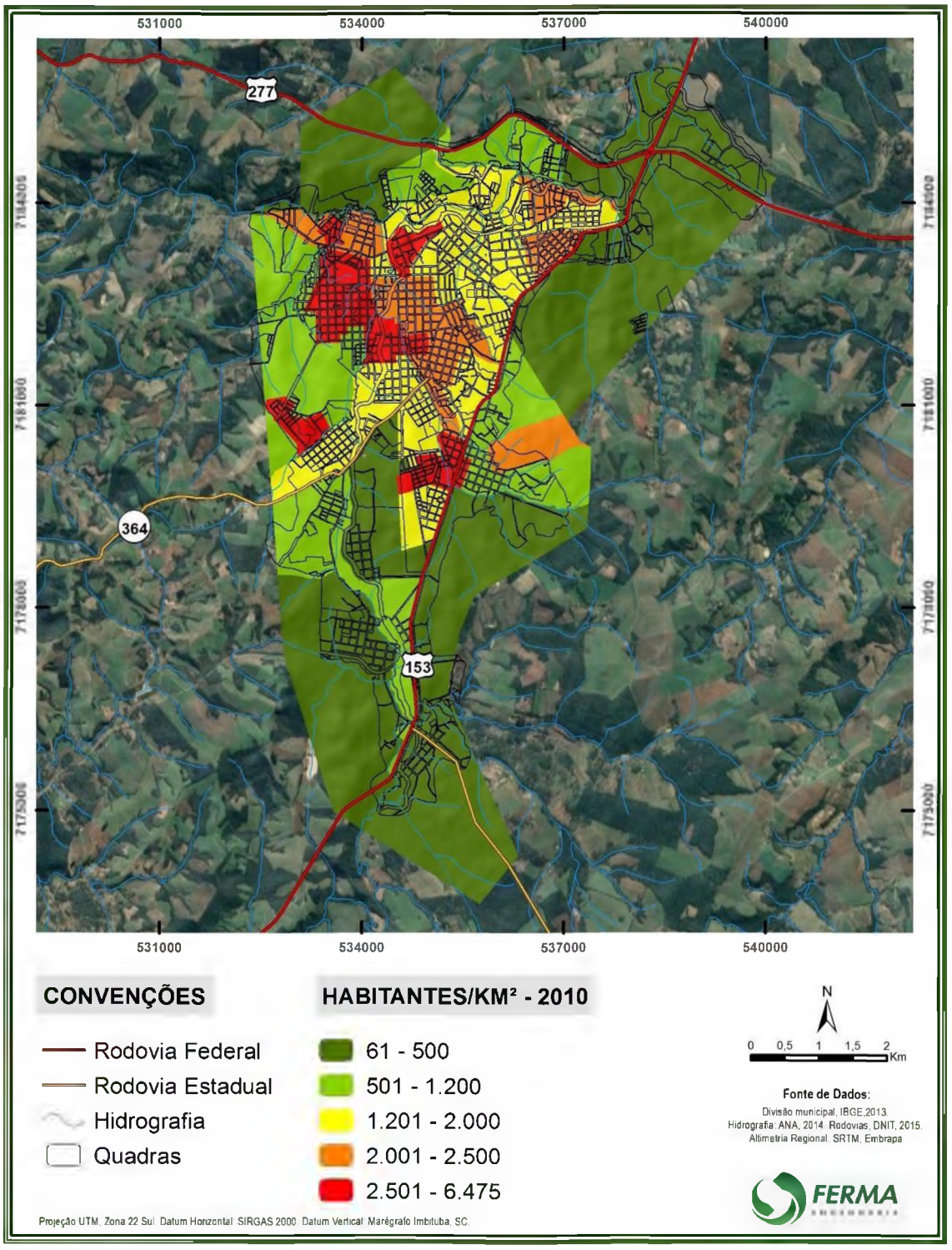


Figura 34: Densidade demográfica em 2010.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5.6. Planos, estudos e projetos existentes e em desenvolvimento

Dentre as diretrizes para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana está a necessidade de se compatibilizar com os demais planos e programas existentes ou em elaboração que, de alguma forma, se relacionem com o trabalho.

Portanto, apresenta-se uma avaliação preliminar dos planos, estudos e projetos existentes ou em desenvolvimento que interferem na drenagem urbana da cidade Irati, notadamente seu recente Plano Diretor Revisado e aprovado no ano de 2016, bem como os subprodutos resultantes. Ao longo do trabalho, esses documentos serão consultados pela equipe técnica e também pelos demais envolvidos na elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Plano Diretor Municipal (PDM)

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Irati dividiu a cidade em quatros grandes zonas que foram denominadas de:

- Macrozona de Consolidação Urbana:
    - Constituída pela área atualmente urbanizada, dotada de infraestrutura completa ou satisfatória, na qual se recomenda o adensamento demográfico em conformidade com os parâmetros máximos indicados para cada zona.
- Macrozona de Qualificação Urbana:
    - Área pertencente ao perímetro urbano atual, situada próxima a áreas dotadas de infraestrutura, mas que ainda não foi parcelada ou totalmente ocupada, representando subutilização da infraestrutura. Por isso, essa macrozona deve ser objeto da aplicação de instrumentos que induzam compulsoriamente maior ocupação, parcelamento e adensamento.
- Macrozona de Expansão Urbana
    - Área destinada a receber o acréscimo demográfico, quando a área atualmente urbanizada não puder mais absorver população com qualidade e

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

a custos acessíveis. A proposição de tal macrozona cumpre o papel de assegurar que o crescimento da Cidade ocorra em direção a áreas aptas à urbanização e de servir como redutor de pressões especulativas sobre o mercado imobiliário.

- Macrozona de Preservação Ambiental Urbana:
    - Área que corresponde às áreas de preservação permanente, definidas nas leis federais e outros instrumentos de interesse ambiental ou paisagístico.

Além das macrozonas, o PDM definiu também uma grande área de risco- traçada sobre praticamente todas as macrozonas e que deve ser objeto de atenção do ponto de vista de intervenção de obras de infraestrutura e de uso e ocupação do solo. No zoneamento essa área corresponde a "Área de Restrição de Uso", na qual serão aceitos somente os usos já existentes, sendo permissíveis: atividades comerciais que não impactem a permeabilidade do solo mais do que a atual mediante estudos e audiências públicas. O parcelamento do solo nessa área, também só poderá ser feito mediante estudos aprovados em audiência pública.

O PDM fixou as taxas de permeabilidade mínima para a cidade, sendo 0% nas zonas centrais e de serviço, 30% nas Zonas Residenciais de média densidade, 40% nas Zonas Residenciais de baixa densidade e 50% nas Zonas Especial de Proteção Paisagística e de Proteção Permanente. Outras zonas como a de ocupação restrita não tiveram taxa de permeabilidade atribuída, justamente porque tais áreas não devem ser utilizadas. Nota-se por meio do mapa da Figura 35 que o centro da cidade concentra as menores taxas de permeabilidade mínima, muito embora sua localização esteja numa área considerada baixa no Município.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

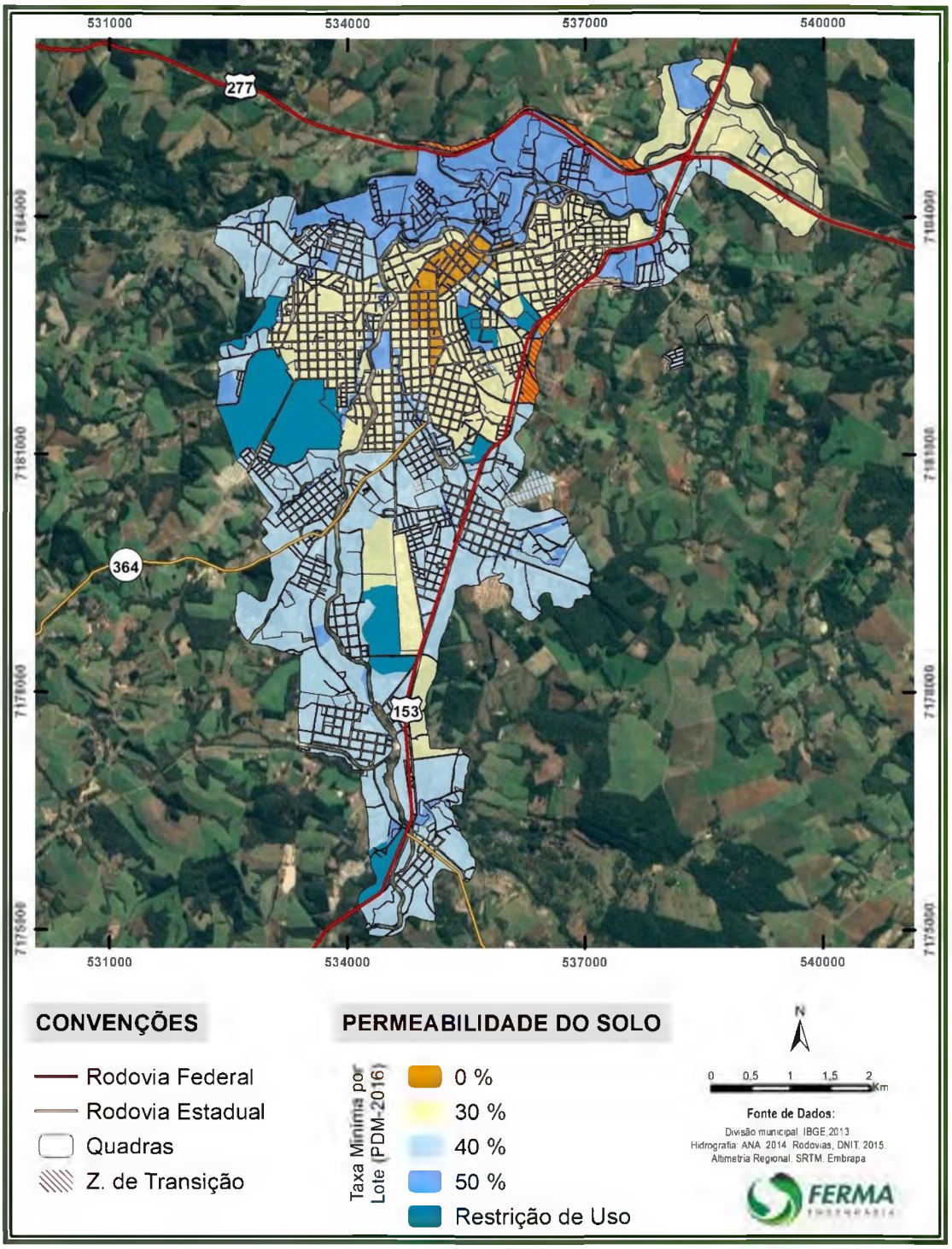


Figura 35: Taxa de permeabilidade mínima na cidade de Irati.

O PDM também fixou a meta de dotar 80% da área urbana existente com infraestruturas de drenagem pluvial e identificou a necessidade de ampliar o Perímetro Urbano atual em 17,2% chegando a 5.189,4 hectares.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Ações realizadas

Nos últimos anos, a cidade de Irati conseguiu por meio de recursos próprios ou advindos do governo estadual e federal, executar obras de intervenção em sua drenagem, principalmente, nos trechos mais críticos como no Centro da Cidade, no bairro Canisianas e no bairro da Vila Nova.

A seguir, listam-se algumas das principais e mais recentes intervenções:

- Na Rua Miguel Bay, foram assentados 555 metros de tubulação em concreto, com 1,5 metro de diâmetro, para dar condições de escoamento das águas da chuva que provêm das regiões mais altas, evitando que diversas casas existentes na região fossem atingidas por eventos de precipitação acentuada. Também foram confeccionados cinco poços de visita, oito caixas de ligação e um dissipador.

- Na Rua Jornalista José da Silva, uma obra foi executada nas proximidades da Associação Copel, a partir da construção de um muro de arrimo em gabião de tela, dreno com tubulação de metro e também meio fio e readequação do passeio. Tal obra visa diminuir a incidência de processos erosivos que ocorriam no local.

- Na Travessa da Rua 15 de Novembro, nas proximidades do Hotel Luis XV, foi atendida uma demanda antiga da população que pedia a construção de um muro de contenção em concreto e alvenaria como forma de reduzir a erosão das margens do córrego que atravessa o local.

- Na região central, teve início em junho de 2018, as obras do chamado Canal Hídrico, operado pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, ao custo de R$ 1.176.285,76. O projeto deve substituir antigas galerias pluviais por novas de maior capacidade e diâmetro. As bocas de lobo também serão substituídas, aumentando a capacidade de vazão das águas que frequentemente se acumulam na Munhoz da Rocha. O trecho atendido é de aproximadamente 200 metros de extensão entre a Carlos Thoms e

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Arroio dos Pereiras, passando pela Praça da Bandeira. A obra deve ajudar nos problemas de alagamento no centro da cidade de Irati.

- No Rio das Antas, diversas ações de dragagem vêm sendo feitas em 2018, visando ampliar a capacidade de vazão do rio e reduzir os problemas de enchente principalmente nos bairros Canisianas e Vila Nova. A prefeitura contratou mais de 2.000 horas de dragagem que estão sendo executadas continuamente desde a Vila Nova até o Centro.

- No Arroio dos Pereiras, em abril de 2018, a Prefeitura executou por meio de uma escavadeira hidráulica e dois caminhões a limpeza do córrego num trecho aproximado de 40 metros para melhorar a fluidez das águas.



Figura 36: Obras de drenagem em Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Planos de ampliação dos sistemas de água e esgoto

Com relação aos planos de ampliação do sistema de abastecimento de água, os mesmos serão avaliados posteriormente nas próximas etapas de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana, uma vez que depende do fornecimento de dados pela Prefeitura e pela Companhia responsável pelas informações referentes a rede atual e futura de água e esgoto.

5.7. Arranjo Institucional

No que tange a drenagem e o manejo de águas pluviais na cidade de Irati, os principais instrumentos legais vigentes que possuem relação com o tema estão listados a seguir:

Lei	4228	Plano Diretor	Institui o Plano Diretor Municipal de Irati, estabelece diretrizes para o planejamento do Município e dá outras providências
Lei	4229	Código de Posturas	Dispõe sobre o Código de Posturas do Município de Irati.
Lei	4230	Sistema Viário	Dispõe sobre o Sistema Viário do Município de Irati
Lei	4231	Uso e Ocupação do Solo	Dispõe sobre o Uso e a Ocupação do Solo Urbano e Rural no Município de Irati e dá outras providências
Lei	4232	Perímetro Urbano	Define o perímetro urbano, os bairros do Distrito Sede do Município de Irati
Lei	4234	Parcelamento do Solo	Dispõe sobre o Parcelamento do solo para fins urbanos no Município de Irati e dá outras providências.
Lei	4235	Edificações e Obras	Dispõe sobre as edificações e obras no Município de Irati e dá outras providências
Lei	4241	Mobilidade Urbana	Institui o Plano de Mobilidade Urbana do Município de Irati, Estado do Paraná, e dá outras providências.
Dec.	91	Contenção de cheias	Dispõe sobre mecanismos de contenção de cheias

Dentre o aparato normativo descrito na tabela, destacam se sobretudo o Código de Posturas, a Lei de Parcelamento do Solo, o Código de Obras e o Decreto 91/2015.

A Lei de Uso do solo prevê que os terrenos ocupados por residências em série transversais ao alinhamento predial, ou os conjuntos residenciais deverão possuir a

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

seguinte infraestrutura mínima, comum e exclusiva do empreendimento com projetos aprovados pelos órgãos competentes:

- I - rede de abastecimento de água potável;
- II - rede de coleta de águas servidas;
- III - rede de drenagem de águas pluviais;
- IV - rede de distribuição de energia elétrica;
- V - corredores de acesso de veículos conforme padrão especificado no zoneamento;
- VI - corredores de acesso de pedestres com revestimento mínimo de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros) de largura em cimento, lajota, pedra ou similar; VII - local comum apropriado para guarda de recipientes de lixo.

Destaca-se que a Lei de Uso do Solo, também prevê para cada zona uma Taxa de Permeabilidade, constituída pela relação entre a área permeável e a área do lote, expressa em valores percentuais. Nesse sentido, cabe ao proprietário do lote, manter uma superfície permeável mínima em sua propriedade.

A legislação municipal define áreas permeáveis como aquelas livres de edificação, da sua projeção ou de avanço do subsolo, não podendo ainda receber nenhum tipo de revestimento impermeável ou cobertura que impeça a infiltração imediata da água no solo.

Em consonância com a Lei de Uso do Solo, a Lei do Parcelamento, destaca entre outros aspectos, que nenhum parcelamento do solo será permitido em terrenos localizados abaixo da quota da inundação máxima e cheias estabelecida no Plano Municipal de Drenagem Urbana, a fim de evitar a construção em áreas de inundações frequentes.

Outro aspecto importante desse Lei é a obrigatoriedade de implantação da rede de escoamento de águas pluviais levando em consideração a capacidade do sistema de

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

drenagem existente, nos loteamentos, condomínios e desmembramentos com mais de dez unidades.

Os empreendimentos de parcelamento do solo, na parcela que lhes compete, deverão observar, na concepção do projeto técnico, a permanência das condições hidrológicas originais da bacia com apresentação de sistemas de amortecimento de vazão pluvial respeitando as diretrizes do Plano Municipal de Drenagem Urbana. Quando não for possível interligar a rede de galerias de águas pluviais do empreendimento à rede existente, será obrigatória a execução de emissário com dissipador de energia na sua extremidade, conforme projeto aprovado pelo órgão competente.

Por fim, o Art. 46 dessa lei prevê que: as canalizações de saneamento tais como água, esgoto e águas pluviais só poderão ser recobertas após autorização por escrito da Secretaria Municipal de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo e das concessionárias de serviços públicos, atendendo os projetos aprovados.

Com relação a Lei 4235 de Edificações e Obras, os pontos de destaque quanto a drenagem e manejo das águas pluviais são:

Nas zonas residenciais os passeios serão divididos em três faixas longitudinais, dentre as quais, destaca-se uma faixa junto ao alinhamento predial contendo vegetação rasteira destinada à permeabilidade do solo e a instalação de tubulações pelas concessionárias pertinentes e a proibição da ligação do efluente de esgoto proveniente das edificações à rede pública de drenagem pluvial.

Nos passeios totalmente pavimentados, e em zonas comerciais, deverá existir uma área livre de pavimentação ao redor das árvores, destinada à infiltração de águas pluviais, formando um quadrado com, pelo menos, 0,30 m (trinta centímetros) além dos limites da árvore, observado o mínimo de 1,20m x 1,20 m (um metro e vinte por um metro e vinte centímetros).

As áreas sem pavimentação em torno das árvores deverão ter suas bordas em declive para dentro da área não pavimentada, não podendo conter obstáculos como muretas, bancos, ou bordas salientes, para que seja assegurada a livre captação das águas pluviais.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Nessa mesma Lei, em seu Art. 54, tem-se um importante instrumento preventivo de cheias e de consumo de água, já que indica-se a construção de sistemas economizadores de água, tais como: captação, armazenamento, tratamento, monitoramento da qualidade e utilização de água proveniente de chuvas e de águas servidas com manutenção especializada para garantir a qualidade mínima da água para o reuso.

Dentre as normativas do Código de Posturas, um de seus artigos, prevê que é proibido impedir ou dificultar o livre escoamento das águas nos cursos d'água, bem como nos canos, sarjetas, bocas de lobo, ou canais dos logradouros públicos do município.

Além disso, fica obrigatório aos proprietários dos lotes a jusante deixar livre e desimpedida a passagem das águas pluviais dos lotes situados a montante, o que deverá ser feito através da disposição de tubulação subterrânea que possibilite a interligação entre os lotes a montante e a rede de águas pluviais a jusante, as expensas do proprietário favorecido.

Também fica proibido o lançamento de esgoto ou de águas servidas diretamente nos logradouros públicos, cursos d'água, valetas, poços superficiais desativados, ou em terrenos baldios. E em todos os equipamentos que disponham de água corrente, deve existir tanque especial, provido de fecho hidráulico para coleta de água servida, vedada sua descarga nas vias públicas.

Com relação a Lei Hierarquia viária, a menção a drenagem só ocorre em um se seus incisivos que orienta a adequação das calçadas e passeios para possibilitar o escoamento superficial.

Por fim, verifica-se na legislação municipal vigente que até a promulgação do Plano Municipal de Drenagem Urbana, devem ser obedecidas as diretrizes do Decreto Municipal nº 091 de 23 de fevereiro de 2015. Esse Decreto regulamenta os critérios para implantação de mecanismos de contenção de cheias. O principal objetivo é o de impedir que o excesso de água vindo, principalmente nas áreas mais altas da cidade, provoque o assoreamento nos arroios localizados na parte baixa do município e contribuindo para a ocorrência de alagamentos. A principal medida que consta no decreto foi a obrigatoriedade da implantação de reservatórios de retenção de água nos novos

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

empreendimentos, reformas ou ampliações que tenham influência no volume hídrico dos canais ou galerias responsáveis pela macrodrenagem do quadro urbano.

5.8. Mobilização Social

O processo de planejamento municipal deve estar alinhado com a vontade e anseios da população, ponderados pelas questões técnicas e econômicas. Portanto, da mesma forma que se desenvolve o Plano Diretor Municipal, o Plano Diretor de Drenagem Urbana deve ser participativo.

Por isso, estão previstas as seguintes atividades:

- Apresentação das organizações sociais, comunitárias, entidades de classe e demais agentes potencialmente participantes dos fóruns de discussão do Plano de Drenagem Urbana, a ser repassado pela Prefeitura de Irati.
- Programas de Educação Ambiental e Participação Comunitária Apresentação dos programas ou ações de educação ambiental em curso no município de Irati, a ser repassado pela Prefeitura de Irati.

Além da participação por meio de representantes da sociedade, serão feitas duas audiências públicas para discutir e decidir sobre as ações propostas. Os eventos serão feitos de acordo com a evolução do trabalho, conforme previsto no Plano de Trabalho.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6. FORMULAÇÃO DE CENÁRIOS

A análise de cenários faz parte do planejamento e é um método estruturado que busca administrar incertezas do futuro. Para isso, é necessário que se analise todas as possibilidades e suposições sobre as incertezas que poderiam influenciar no cenário atual, como condições ambientais ou organizacionais, por exemplo.

No caso do Plano Diretor de Drenagem, torna-se importante a avaliação de fatores que possam influenciar a geração de escoamento superficial, que estão diretamente relacionados com o uso e ocupação do solo. As ações do Plano poderão ser definidas tanto para reduzir a geração de escoamento superficial, quanto o adequado manejo das águas pluviais.

Os cenários formulados possibilitarão a avaliação da eficiência das medidas de controle propostas, e irão otimizar as soluções e fornecer elementos para o Programa de Drenagem a ser desenvolvido na fase final do Plano. Em princípio serão estudados os cenários descritos a seguir.

Quando em um planejamento é adotado o método de construção de cenários, se reduzem as chances de cometer erros comuns com tomadas de decisões inadequadas uma vez que são identificadas as razões sociais, ambientais, econômicas e políticas, os elementos predeterminados e o que é inevitável como aspectos demográficos e as incertezas críticas. O que para o Plano de Irati resultou na elaboração cuidadosa de cenários.

Para a construção dos cenários foram realizados estudos demográficos, projeção de expansão da área urbana, levantamento de uso e ocupação do solo e declividade.

Conforme previsto do Plano de Trabalho, em etapa posterior, os cenários serão utilizados para análise da efetividade das medidas estruturais e não estruturais e análise de custo/benefício das possíveis ações. O objetivo é que sejam definidas ações que

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

propiciem em cenários em que as sub-bacias sejam adequadamente gerenciadas no quesito de drenagem e manejo de águas pluviais.

Ressalta-se que nesta etapa de diagnóstico, serão analisados principalmente os cenários atual e tendencial, sendo que este representa a situação futura desconsiderando a implantação de medidas estruturais e não estruturais a serem propostas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana. Os demais cenários serão alterados e avaliados nas etapas posteriores do Plano.

6.1. Cenário Atual

Será estudado o impacto da urbanização atual sobre o sistema de drenagem existente. As simulações deste cenário representarão, na modelagem, as situações caracterizadas no diagnóstico.

O cenário atual visa avaliar a geração de escoamento de água superficial, que representa a quantidade de água a ser gerenciada. Neste trabalho, as vazões do cenário atual são calculadas com base em análise com ferramenta de SIG (Sistema de Informações Geográficas), com base em interpretação supervisionada de imagem de satélite (ano de 2017).

A classificação de uso do solo considerou as grandes classes de cobertura:

- Florestas;
- Ocupação urbana;
- Campos;
- Solo exposto.

A classificação se deu para cada sub-bacia hidrográfica e é utilizada para se definir os coeficientes de permeabilidade e escoamento superficial das equações de hidrologia (que estão apresentadas na seção 7.2 - Estudos Hidrológicos).

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.2. Cenário Tendencial

Será estudado o impacto da urbanização futura sobre o sistema de drenagem existente. Este cenário representará a tendência de aumento dos prejuízos provocados pelas inundações considerando-se a expansão da mancha urbana sem a implantação das medidas de controle propostas no Plano de Drenagem. Fornecerá elementos para os estudos de benefícios quando for aplicada a metodologia dos custos evitados.

O cenário tendencial da mancha urbana é feita neste trabalho a partir de interpretação supervisionada de imagens de satélite do ano de 2010 e do ano de 2017.

A partir da comparação entre as imagens em ambiente SIG, é possível delimitar as áreas que foram ocupadas posteriormente a 2010, com a imagem de 2017. Considerando este intervalo temporal, encontrou-se que a área classificada como "Ocupação urbana" aumentou em torno de 9%, o que representa um crescimento anual de 1,286% ao ano.

Este crescimento que foi verificado neste período foi projetado para os próximos 30 anos, horizonte de planejamento de implementação do Plano Diretor de Drenagem Ubana (de 2019 a 2049).

Para 2017 a interpretação supervisionada mostra que a área efetivamente urbanizada é de 1.739 ha. Considerando a taxa de crescimento e o horizonte de planejamento do plano (30 anos) com intervalos a cada década resulta em uma evolução de área ocupada conforme resumo abaixo (áreas em hectares):

- Ano 2019: 1.894 ha;
- Ano 2029: 1.943 ha;
- Ano 2039: 2.191 ha;
- Ano 2049: 2.470 ha.

Por hipótese, no cenário tendencial, considera-se que este crescimento da área de ocupação urbana acontece sobre as áreas de campo ou solo exposto, e que nada se altera em áreas com classificação de florestas, uma vez que parte delas refere-se a áreas de preservação ambiental. A redução das classes de campo e solo exposto é proporcional e na soma se iguala à expansão urbana, mantendo-se, obviamente, a área de cada sub-bacia.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Os resultados desses cálculos estão apresentados em conjunto com os cálculos das vazões, na seção 7.2 - Estudos Hidrológicos.

6.3. Cenários Futuros de Crescimento Populacional e Expansão Urbana

Os estudos dos cenários futuros são precedidos de estudos demográficos que estima o crescimento da população urbana de Irati, desde o período atual até o horizonte do Plano de Drenagem Urbana, e a expansão espacial urbana, responsável pela alteração do uso e ocupação do solo.

Estes cenários são utilizados para avaliação de alterações no espaço urbano que possam influenciar no planejamento de drenagem e manejo de águas pluviais, especialmente nos cenários alternativos.

6.3.1. Crescimento Populacional

Os resultados dos estudos demográficos serão apresentados em *planos de informação* do banco de dados georreferenciado contendo os seguintes elementos:

- Limites da área urbanizada atual com a distinção das diferentes faixas de densidade;
- Limites das áreas urbanizadas projetados para etapas de 10 anos até o horizonte do Plano, com a distinção das diferentes faixas de densidade;
- Distribuição espacial da população atual e futura;
- Índices de impermeabilização atuais e futuros.

Com os dados demográficos apresentados no item 5.5 – Ocupação Urbana, é possível calcular a taxa geométrica de crescimento (TGC) para o município; que é considerada como um incremento médio anual do crescimento populacional em Irati. A taxa de crescimento geométrico (TGC) i no período conhecido é calculada por meio da fórmula:

$$[(-)\ ]$$

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Onde:

i = taxa de crescimento geométrico;

P_2 = população do último censo;

P_1 = população do penúltimo censo; e

n = intervalo do período.

Na Tabela 5 são apresentadas as TGCs para o período de 1991/2000, 2000/2010 e 2010/2017 para a população urbana total de Irati. Estas foram calculadas por meio da fórmula apresentada anteriormente e dos dados demográficos do IBGE. Pode ser observado que a população urbana total apresentou taxas de crescimento similares nos períodos de análise.

Por fim, de acordo com a estimativa para o ano de 2017 a população total do município é de 60.425 habitantes, com taxa geométrica de crescimento (TGC) anual de 1,04%, maior do que o período 2000/2010, que era de 0,71%.

Tabela 5: Taxa geométrica de crescimento anual, por período em Irati.

Período		
1991/2000	**2000/2010**	**2010/2017**
Urbana	**Urbana**	**Urbana**
0,90 % a.a.	0,71 % a.a.	1,04 % a.a.

Fonte: Censos Demográficos do IBGE (1991, 2000, 2010).

Os estudos de crescimento populacional foram feitos prevendo um crescimento geométrico, que foi selecionado com a análise de dados dos anos anteriores. A Tabela 6 apresenta estes valores e o número de domicílios até o ano de 2049, prevendo um horizonte de atuação do Plano de 30 anos.

Tabela 6: Crescimento populacional e de domícilios em Irati.

Ano	População	Domicílios
2010	56.207	19.284
2017	60.425	20.731
2018	61.053	20.947
2019	**61.687**	**21.164**
2020	62.328	21.384

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Ano	População	Domicílios
2021	62.976	21.606
2022	63.630	21.831
2023	64.291	22.058
2024	64.960	22.287
2025	65.635	22.518
2026	66.317	22.752
2027	67.006	22.989
2028	67.702	23.228
2029	**68.405**	**23.469**
2030	69.116	23.713
2031	69.834	23.959
2032	70.560	24.208
2033	71.293	24.460
2034	72.034	24.714
2035	72.783	24.971
2036	73.539	25.230
2037	74.303	25.493
2038	75.075	25.757
2039	**75.855**	**26.025**
2040	76.643	26.295
2041	77.440	26.569
2042	78.244	26.845
2043	79.057	27.124
2044	79.879	27.406
2045	80.709	27.690
2046	81.548	27.978
2047	82.395	28.269
2048	83.251	28.563
2049	**84.116**	**28.859**

A Figura 37 apresenta o gráfico ilustrativo do crescimento populacional no Município de Irati/PR.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

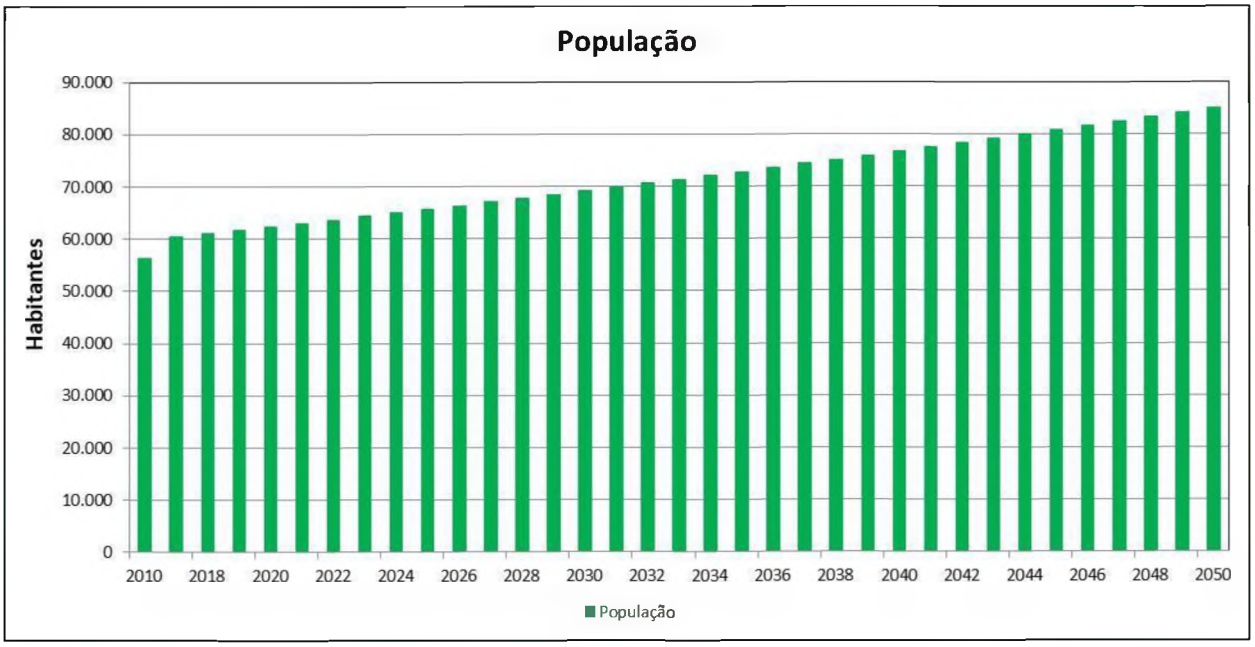


Figura 37: Crescimento populacional de Irati.

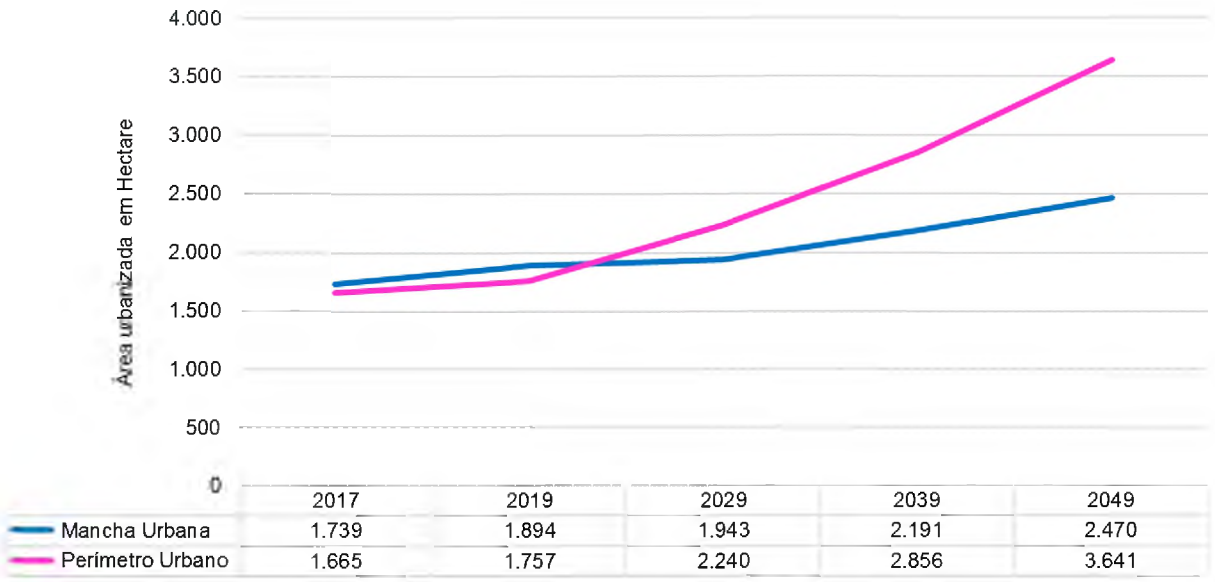
6.3.2. Expansão Urbana

Com relação ao crescimento da área urbana do Município, foram escolhidos dois cenários distintos, sendo: cenário da mancha urbana, com taxa de crescimento mais conservadora e o cenário do perímetro urbano, com maior taxa de crescimento anual.

O cenário da mancha urbana considerou a interpretação supervisionada de imagens de satélite do ano de 2010 e do ano de 2017. A diferença da área nesse período de sete anos foi de 9%, ou seja, 1,3% ao ano. Considerando o horizonte de planejamento do PDDU de Irati, a área urbana em 2049 seria de 2.470 hectares.

Já o cenário do perímetro urbano, considerou os números do perímetro urbano consolidado contido no Plano Diretor Municipal em comparação com as áreas de expansão previstas para a cidade. A diferença entre o somatório das zonas residenciais consolidadas com a macrozona de expansão urbana foi de 88%. Assim sendo, em 32 anos considerados como horizonte de planejamento do Plano Diretor de Drenagem, a taxa anual resultante é de 2,75%. No gráfico a seguir, verifica-se a diferença do aumento da área urbana em diferentes períodos, considerando as duas possibilidades de crescimento estipuladas.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



	2017	2019	2029	2039	2049
Mancha Urbana	1.739	1.894	1.943	2.191	2.470
Perímetro Urbano	1.665	1.757	2.240	2.856	3.641

Figura 38: Crescimento da área urbana por períodos em diferentes cenários.

6.1. Cenários Alternativos de Planejamento – a serem estudados

Em função das diferentes ações que podem ser definidas como medidas estruturais e não estruturais, a combinação de ações serão estudadas com a simulação de Cenários Alternativos de Planejamento, que representarão os efeitos das diversas alternativas de controle estudadas no Plano de Drenagem Urbana.

Estas análises fazem parte de etapas posteriores do trabalho.

6.2. Cenário Proposto – a ser definido após definição das medidas

Dentre os Cenários Alternativos de Planejamento, será o que apresentar maior eficiência considerando-se os critérios de melhor relação benefício/custo e de menor impacto ambiental. Esta etapa também será feita posteriormente, conforme cronograma previsto no Plano de Trabalho.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

7. DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS INUNDAÇÕES.

Nesta etapa do trabalho é estudado o impacto da urbanização atual e futura sobre o sistema de drenagem existente (cenário *Atual* e cenário *Tendencial*).

O diagnóstico da infraestrutura de macrodrenagem existente englobou os setores urbanos do Município, sendo elaborado com base em referências bibliográficas, dados secundários coletados nos órgãos e levantamentos feitos em campo.

O diagnóstico tem o objetivo de apontar com precisão as causas das inundações que acontecem em Irati, abrangendo: áreas de risco, contornos e cotas das linhas de inundação, trechos críticos, singularidades do sistema, eventos pluviométricos críticos e custos dos prejuízos causados pelas inundações. O diagnóstico leva em conta a realidade existente em termos de ocupação, ponderando-a com a legislação em vigor de uso e ocupação do solo, de parcelamento do solo, de sistema viário, perímetro urbano. Considera-se também o sistema atual de gestão da drenagem, identificando as posturas legais mais impactantes e os gargalos institucionais.

O prognóstico de inundações mostrará o comportamento futuro das inundações sem a implantação das propostas do Plano de Drenagem Urbana, utilizando como ferramenta o modelo de simulação hidrológica. Os contornos e cotas das linhas de inundação atuais e prognosticadas serão relacionados com os respectivos tempos de recorrência e prejuízos.

A partir dessas relações, em etapas futuras do trabalho, deverão ser traçadas curvas *risco x prejuízos* que servirão para avaliar os custos esperados das inundações futuras.

7.1. Estudo de Delimitação de Bacias e Sub-bacias

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Para a delimitação das sub-bacias, foi utilizado o levantamento topográfico realizado nos setores da área urbana de Irati e modelos digitais de terreno, além de dados da Prefeitura Municipal.

Neste capítulo estão apresentadas as delimitações das sub-bacias e também as características de cada uma dentro da área urbana, com o uso e ocupação do solo, área de drenagem, declividade média e fator de forma. Para esta etapa também foram utilizadas imagens de satélite com interpretação supervisionada.

7.1.1. Levantamento do uso e ocupação do solo

A partir da delimitação das sub-bacias nos setores da área urbana foi levantado o uso e ocupação do solo para cada sub-bacia. A Figura 39 apresenta as sub-bacias do município de Irati e a Tabela 7 apresenta o uso e ocupação do solo e a área de drenagem de cada sub-bacia.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

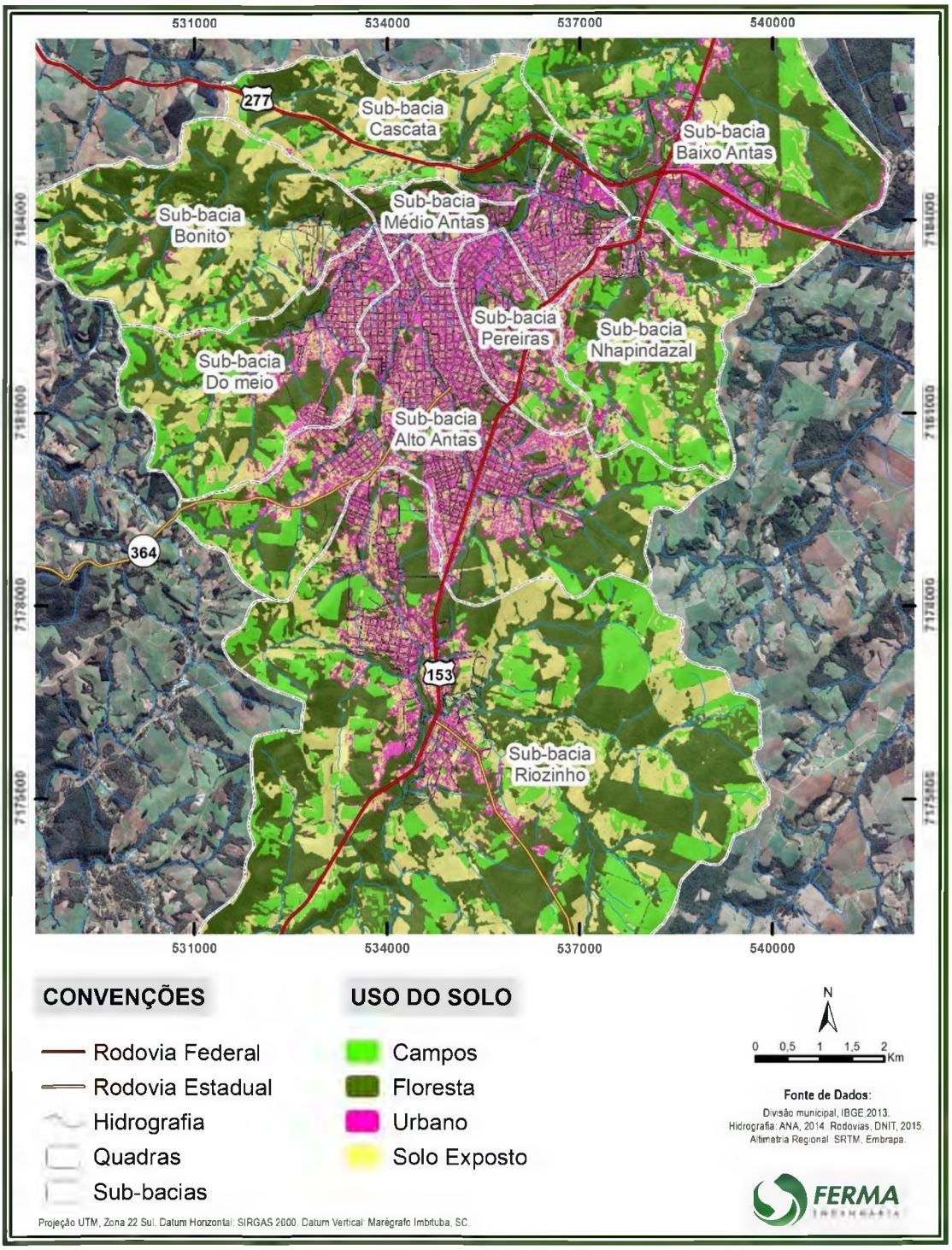


Figura 39: Uso do solo nas sub-bacias da área urbana de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 7: Uso e ocupação do solo das sub-bacias (Cenário Atual).

Nome da Sub-bacia	Cobertura	Área (%)	Área (km²)
Alto Antas	Floresta	29%	5,28
	Solo Exposto	25%	4,51
	Urbano	34%	6,16
	Campos	12%	2,08
Baixo Antas	Floresta	54%	11,81
	Solo Exposto	12%	2,68
	Urbano	15%	3,15
	Campos	19%	4,03
Bonito	Floresta	50%	5,90
	Solo Exposto	20%	2,32
	Urbano	21%	2,45
	Campos	9%	1,11
Cascata	Floresta	45%	3,73
	Solo Exposto	18%	1,53
	Urbano	22%	1,79
	Campos	15%	1,24
Do Meio	Floresta	37%	3,28
	Solo Exposto	22%	1,94
	Urbano	23%	2,06
	Campos	19%	1,67
Médio Antas	Floresta	31%	1,49
	Solo Exposto	20%	0,97
	Urbano	46%	2,22
	Campos	2%	0,11
Nhapindazal	Floresta	39%	3,20
	Solo Exposto	19%	1,55
	Urbano	16%	1,35
	Campos	27%	2,21
Pereiras	Floresta	19%	0,71
	Solo Exposto	25%	0,94
	Urbano	48%	1,82
	Campos	7%	0,27
Riozinho	Floresta	46%	25,62
	Solo Exposto	19%	10,55
	Urbano	15%	8,56
	Campos	20%	11,47

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

7.1.2. Fisiografia das sub-bacias

A fisiografia descreve as principais características das bacias e sub-bacias e auxiliam na interpretação dos resultados dos estudos hidrológicos além de estabelecer relações e comparações entre bacias.

Além do uso e ocupação do solo já detalhados no item anterior, as seguintes características serão apresentadas:

- Extensão do curso principal de água (L) – km;
- Área de drenagem (A) – km²
- Perímetro da sub-bacia (P) – km;
- Comprimento axial da bacia (L_A) – km;
- Comprimento de todos os cursos de água da bacia (L_T) – m;
- Declividade média da bacia (S) – (%)

A Tabela 8 apresenta as características físicas das sub-bacias delimitadas nos setores urbanos de Irati, apresentadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 8: Características fisícas das sub-bacias dos setores urbanos de Irati.

Sub-bacia	Área (km²)	Perímetro (km)	Comprimento Axial (km)	Comprimento de todos os rios (km)	Extensão Rio Principal (km)	Declividade Média (%)
Alto Antas	18,03	27,74	5,9	31,76	7,93	4,98
Bonito	11,77	14,89	5,7	24,41	6,57	8,59
Cascata	8,29	13,83	5,3	16,03	6,04	6,91
Do Meio	8,95	15,00	5,3	17,18	6,70	6,04
Pereiras	3,75	8,50	2,8	4,79	3,70	5,75
Médio Antas	4,78	13,70	3,9	9,86	4,94	6,73
Nhapindazal	8,31	12,50	4,2	14,41	4,50	7,20
Baixo Antas	22,88	20,14	5,9	38,87	7,35	6,08
Riozinho	57,85	35,70	8,7	104,19	15,77	6,20

A forma de uma bacia hidrográfica influencia no tempo de concentração, sendo verificada através de coeficientes que permitem relacionar a influência da forma com resposta da bacia a ocorrência de uma precipitação.

O Fator de forma (Kf) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Ele foi calculado a partir da equação:

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Na equação, Kf é o fator de forma, A é a área da bacia em km² e LA é o comprimento axial da bacia em km. Uma bacia com fator de forma baixo indica que a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (Villela & Mattos, 1975). A Figura 40 apresenta essa comparação entre bacias.

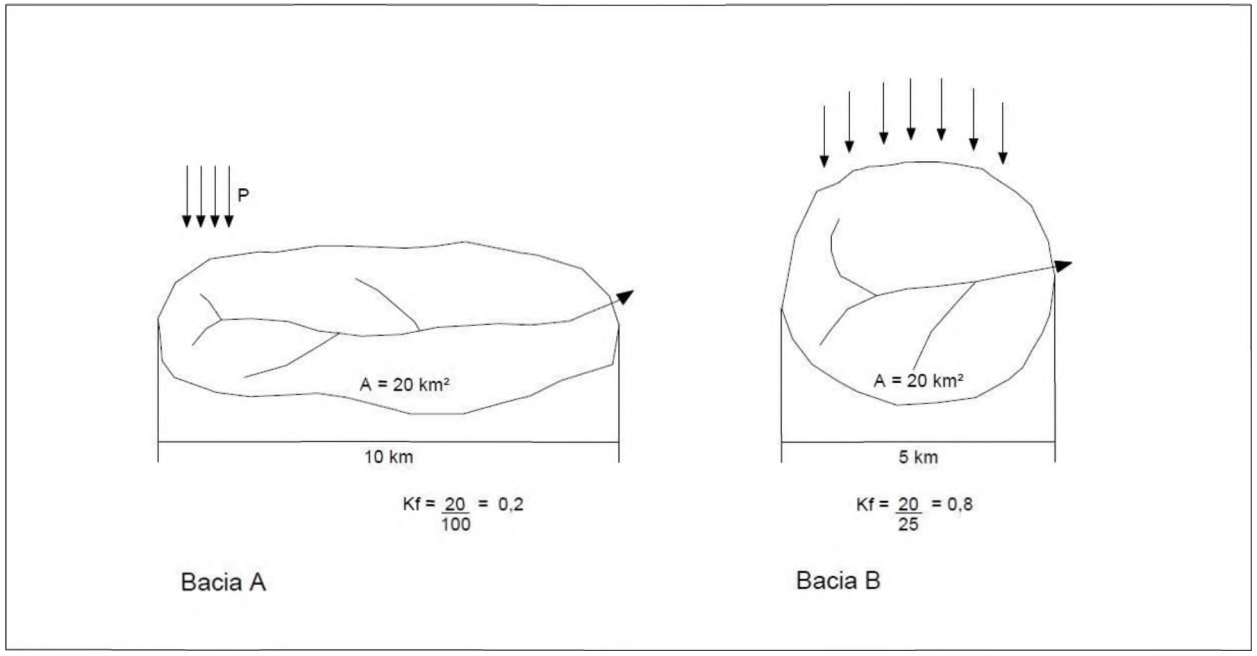


Figura 40: Comparação entre bacias de mesmo tamanho.

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75: sujeito a enchentes;
- 0,75 – 0,50: tendência mediana; e
- < 0,50: baixo risco de enchentes.

A Tabela 9 apresenta o fator de forma das sub-bacias da área urbana de Irati.

Tabela 9: Fator de forma das sub-bacias da área urbana de Irati.

Sub-bacia	Fator de Forma (Kf)

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Sub-bacia	Fator de Forma (Kf)
Alto Antas	0,52
Bonito	0,36
Cascata	0,30
Do Meio	0,32
Pereiras	0,48
Médio Antas	0,31
Nhapindazal	0,47
Baixo Antas	0,66
Riozinho	0,76

Ressalta-se que este índice não considera outros aspectos das bacias, em especial a ocupação urbana e deve ser avaliado com cautela, pois não reflete o único fator para classificação do risco de enchente.

É possível observar que a sub-bacia Riozinho possui fator de forma acima de 0,75 ou, seja que é uma bacia natural sujeita a enchentes. Já as sub-bacias Alto Antas e Baixo Antas possuem fator de forma entre 0,75 e 0,5, o que significa tendência mediana a enchentes.

Outro índice utilizado para determinar a forma da bacia é o coeficiente de compacidade (Kc) que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia, foi calculado a partir da equação:

$$\sqrt{-}$$

Na equação, Kc é o coeficiente de compacidade, P é o perímetro em km e A é a área da bacia em km².

Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (Villela & Mattos, 1975).

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

O coeficiente de compacidade pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 1,25: bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- 1,25 – 1,50: bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e
- 1,50: bacia não sujeita a grandes enchentes.

A Tabela 10 apresenta o coeficiente de compacidade das sub-bacias da área urbana de Irati.

Tabela 10: Coeficiente de compacidade das sub-bacias da área urbana de Irati.

Sub-bacia	Coeficiente de Compacidade (Kc)
Alto Antas	6,53
Bonito	4,34
Cascata	4,80
Do Meio	5,02
Pereiras	4,39
Médio Antas	6,27
Nhapindazal	4,34
Baixo Antas	4,21
Riozinho	4,69

É possível observar que nenhuma das sub-bacias possui coeficiente de compacidade menor que 1,5, sendo bacias não sujeitas a grandes enchentes, considerando-se isoladamente este critério.

7.2. Estudos Hidrológicos

O estudo hidrológico de uma região se faz necessário para a prospecção de possíveis mecanismos de controle de escoamento nos pontos de galerias pluviais e nos pontos de lançamento nos córregos e rios. Este item tem por objetivo apresentar os métodos e procedimentos utilizados para o cálculo das vazões do Plano de Macrodrenagem de Irati – PR.

7.2.1. Precipitações de Projeto

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Para o dimensionamento dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, é necessário calcular, a partir dos valores das intensidades pluviométricas, a vazão que deva ser escoada pelos mesmos. O valor da intensidade da chuva é definido em função dos padrões regionais de chuva, assim como, a duração do evento e a frequência de ocorrência.

Para tal, através de parâmetros obtidos no *software* **Pluvio 2.1** (GPRH, 2018), Figura 41, que fornece dados de várias cidades brasileiras, e de fórmulas empíricas definidas para cada região, obteve-se os parâmetros da equação intensidade, duração e frequência (*IDF*) da precipitação para Irati:

$$_____$$

Onde:

intensidade pluviométrica (mm/min);

período de retorno (anos);

duração da chuva (min).

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

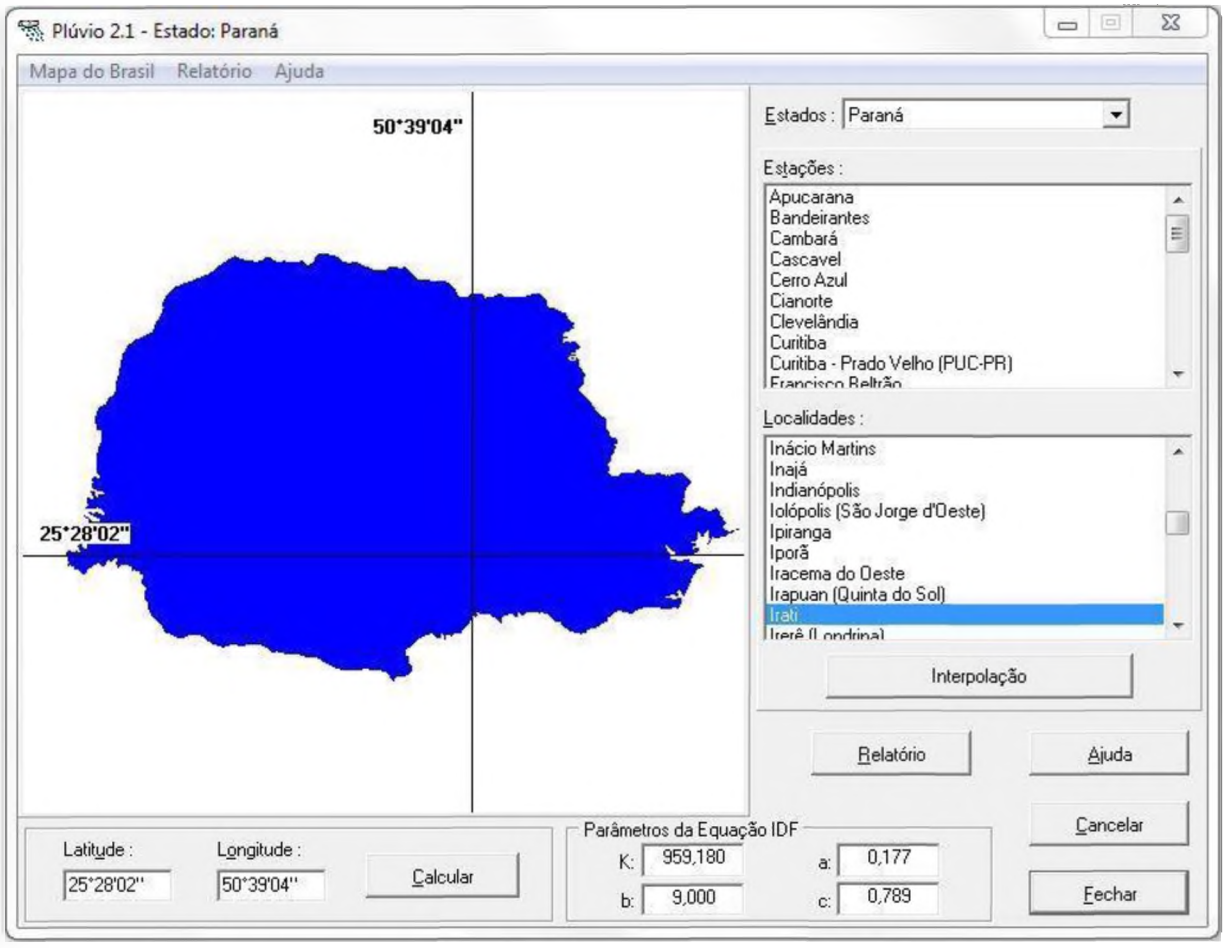


Figura 41: Ambiente do *software* Pluvio 2.1.

7.2.2. Tempo de retorno

O tempo de recorrência, ou período de retorno, é definido a partir do risco admitido para um projeto. Ou seja, um tempo de recorrência de 10 anos refere-se a um risco de 1/10 (um evento superado, no caso a intensidade da chuva, a cada 10 anos).

Para as obras de drenagem tipicamente se utiliza o tempo de retorno de 100 anos, com base em parâmetros definidos pela DAEE/CETESBE (Departamento de Águas e energia Elétrica de SP/Companhia Ambiental do Estado de SP) que são estabelecidos de acordo com o tipo de ocupação da área, conforme a Tabela 11.

Tabela 11: Períodos de retorno em função da ocupação da área.

Tipo da Obra	Tipo de Ocupação	Período de Retorno (anos)

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tipo da Obra	Tipo de Ocupação	Período de Retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de Serviço ao Público	5
Microdrenagem	Aeroportos	25
Microdrenagem	Áreas comerciais e serviço de tráfego	5 - 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
Macrodrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB

O período de retorno (ou tempo de retorno) Tr para o Plano de Macrodrenagem de Irati será de 10 anos para os sistemas de microdrenagem e de 50 e 100 anos para o sistema de macrodrenagem.

7.2.3. Tempo de concentração

Uma vez que o Método Racional de cálculo de vazões considera a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração da bacia (Tucci, 2007), calcula-se o tempo de concentração de cada sub-bacia.

O tempo de concentração (*Tc*) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída. Um dos métodos disponibilizados é o método de Dooge, uma vez que este considera a área da bacia e a declividade do talvegue principal. Segue a fórmula de cálculo do tempo de concentração, conforme sugerido por Tucci (2007):

Onde:

tempo de concentração (min);

área da bacia (km²);

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

declividade (m/m).

7.3. Vazão de cheias para diferentes cenários e tempo de recorrência

Para o cálculo da vazão de projeto foi utilizado o método racional, que leva em consideração o escoamento superficial (C), a intensidade da chuva (i) em mm/h, a área (A) da microbacia em km² e a vazão de pico (Q) expressa em m³/s de acordo com a seguinte fórmula:

Onde:

vazão máxima (m³/s);

coeficiente de perdas (-);

intensidade de precipitação (mm/h);

área da bacia (km²).

Um dos fatores mais importantes no cálculo da vazão de projeto pelo Método Racional é a intensidade de chuva utilizada, a qual é função da duração e da frequência do evento de chuva (tempo de recorrência). Uma vez que o Método Racional considera a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração da bacia (Tucci, 2007), será calculado o tempo de concentração de cada sub-bacia.

A Tabela 12 apresenta os resultados para os tempos de concentração e as vazões das sub-bacias do perímetro urbano.

Tabela 12: Tempo de concentração e vazão de cheia para as bacias da área urbana de Irati para o Cenário Atual.

Sub-Bacia	Tempo de Concentração (min)	Q Tr 50 anos (m³/s)	Q Tr 100 anos (m³/s)
Alto Antas	119,25	77,89	88,06
Bonito	91,25	44,33	50,12
Cascata	82,04	33,97	38,41
Do Meio	86,59	38,51	43,54

FermaEngenhariaLtda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Sub-Bacia	Tempo de Concentração (min)	Q Tr 50 anos (m³/s)	Q Tr 100 anos (m³/s)
Pereiras	61,10	31,96	36,13
Médio Antas	65,73	35,63	40,28
Nhapindazal	81,52	30,99	35,04
Baixo Antas	127,11	51,09	57,76
Riozinho	185,31	113,86	128,73

A partir das informações de vazão para as seções de controle e considerando as projeções de crescimento populacional e de expansão da área urbana do Município, na elaboração do Prognóstico deste Plano Diretor de Macrodrenagem serão identificadas as necessidades de intervenções para controle de cheias na área urbana de Irati.

Para o cenário tendencial os resultados de vazão podem ser observados na Tabela 13 apresenta os tempos de concentração e as vazões das sub-bacias do perímetro urbano. Ressalta-se que neste cenário os parâmetros de ocupação da bacia foram alterados, conforme descrito na análise de cenários.

Tabela 13: Tempo de concentração e vazão de cheia para as bacias da área urbana de Irati para o Cenário Tendencial.

Sub-Bacia	Tempo de Concentração (min)	Q Tr 50 anos (m³/s)	Q Tr 100 anos (m³/s)
Alto Antas	119,25	88,31	99,83
Bonito	91,25	40,14	45,38
Cascata	82,04	30,97	35,02
Do Meio	86,59	41,80	47,25
Pereiras	61,10	37,08	41,92
Médio Antas	65,73	39,22	44,33
Nhapindazal	81,52	32,80	37,08
Baixo Antas	127,11	53,44	60,41
Riozinho	185,31	111,77	126,35

Essas vazões calculadas em diferentes cenários, atual e tendencial, são importantes para avaliar as alterações. Nas etapas seguintes essas alterações serão utilizadas para avaliação do impacto de medidas estruturais e não estruturais, bem como para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem a serem projetados no âmbito do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

8. DIRETRIZES PARA MEDIDAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS

Nesta etapa já é possível traçar diretrizes para as medidas estruturais e não estruturais do Plano Diretor de Drenagem de Irati, ainda que nesta etapa de diagnóstico ainda não seja possível já definir as medidas a serem implantadas, as quais devem ser precedidas de maiores detalhamentos, levantamentos adicionais de campo, maior participação popular e conclusão das análises de custo/benefício das possíveis ações. Estes trabalhos adicionais encontram-se em execução, conforme cronograma.

8.1. Diretrizes para as Medidas Estruturais de Controle

Diversas ações e obras já foram implantadas nas regiões sujeitas a inundações na cidade. Entretanto, ainda são necessárias análises e propostas adicionais para a solução dos problemas recorrentes em Irati.

Para o estudo das medidas estruturais e sua otimização, deverão ser utilizados, como ferramentas, modelos matemáticos de simulação para todas as sub-bacias. Entretanto, conforme o Plano de Trabalho e com base no histórico de problemas na cidade, o Plano Diretor de Drenagem deverá trazer medidas efetivas os seguintes rios e arroios:

- Arroio dos Pereiras;
- Arroios das Canisianas;
- Arroio da região da Rua Cezário Fortes;
- Arroio do Nhapindazal,
- Rio do Meio; e
- Rio das Antas.

As medidas estruturais deverão ser dimensionadas com base na modelagem hidráulica. Basicamente, as estruturas deverão suportar retenção ou correto escoamento

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

das águas pluviais, conforme vazões calculadas para os diferentes riscos associados (tempo de recorrência).

Para cada Cenário Alternativo de Planejamento deverão ser avaliados os custos esperados dos prejuízos produzidos pelas inundações. Estes custos serão considerados como custos evitados nas análises de benefício/custo. Para definição dos custos de implantação e manutenção das obras poderão ser utilizadas curvas de custos obtidas do pré-dimensionamento de obras de diversos portes e padrões, aferidos com os custos de obras similares implantadas em outras localidades ou tabelas de referências.

Dentre os cenários alternativos, o Cenário Proposto deverá apresentar melhor relação benefício/custo e atender às restrições urbanísticas e ambientais previamente estabelecidas. Cabe destacar que, no caso de áreas destinadas às obras de amortecimento de vazões, deverão ser preferencialmente selecionadas áreas livres, facilitando sua utilização.

Para os casos onde a redução das inundações provocadas pelo extravasamento da macrodrenagem depende da implantação de medidas de controle em sub-bacias secundárias, cujos sistemas de drenagem não tenham sido abrangidos pela modelagem, deverão ser impostas vazões de restrição. Estas vazões correspondem às vazões máximas que essas sub-bacias poderão gerar sem que a capacidade do sistema principal seja superada. Portanto, deverão ser atendidas nos projetos de obras secundárias de drenagem, não contempladas diretamente pelo Plano de Drenagem Urbana e deverão ser incluídas no rol de medidas não-estruturais;

Como resultado desta atividade deverá ser definido o Cenário Proposto, com a relação e caracterização das obras a serem implantadas por sub-bacia de planejamento.

8.2. Diretrizes para as Medidas Não Estruturais De Controle

As medidas de controle não-estruturais serão apresentadas tanto para as áreas urbanizadas, áreas de expansão e das áreas do entorno do quadro urbano – objeto de estudo proposto.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

De maneira geral, as medidas não estruturais envolvem análise e adequação da legislação e regulamentação sobre o aumento da vazão devido à urbanização e ocupação da área de risco de áreas ribeirinhas e a melhoria da gestão dos serviços urbanos relacionados com as águas pluviais.

Para os cenários planejados deverão ser avaliados os efeitos das medidas não-estruturais voltadas ao controle do uso do solo. Com este procedimento pretende-se demonstrar quantitativamente a eficácia dessas medidas e, assim, incentivar sua implementação.

Conforme o Plano de Trabalho, deverão englobar propostas para:

- Aplicação do princípio jurídico pelo qual o proprietário, ao vender sua propriedade, deve oferecê-la, em primeiro lugar, ao poder público.
- Controle do uso e ocupação do solo a serem incorporadas pelo Plano Diretor do Município;
- Reformulação do sistema de gestão considerando-se as características do sistema proposto;
- Obtenção de recursos através de repasses, financiamentos e tributação específica;
- Legislação voltada ao manejo das águas pluviais e controle de impactos decorrentes do desenvolvimento municipal;
- Bases para um programa de educação ambiental;
- Criação de parques lineares ao longo das várzeas de inundação natural ainda não ocupadas;
- Criação de parques nas cabeceiras dos rios principais para proteção dos rios contra assoreamento e proteção da qualidade da água;
- Outras propostas pertinentes.

A descrição e diagnóstico de cada sub-bacia hidrográfica da área urbana, que é a unidade de planejamento, conforme Termo de Referência, já é possível avaliar algumas questões-chave que irão subsidiar a definição das medidas a serem propostas em etapa posterior do trabalho.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

sub-bacia do Rio Riozinho

Trata-se de uma grande bacia ao Sul da área urbana, mas com pouca ocupação urbana (em relação às áreas). Alguns pontos estão em cotas baixas sujeitos a enchentes e inundações. Dentre as medidas, deverá haver direcionamento de ocupação urbana para as regiões mais altas da sub-bacia, com proteção especial às faixas de fundo de vale.

sub-bacia do Alto do Rio das Antas

Por ser uma sub-bacia onde tem a maior área urbanizada ocupada e por ser composta por dois importantes tributários que formam o Rio das Antas, deve-se fazer controle de impermeabilização, visando reduzir o escoamento superficial para as sub-bacias mais baixas, como a do médio e baixo Rio das Antas.

sub-bacias do Rio do Meio e do Rio Bonito

Nessas sub-bacias as ocupações urbanas ocorrem nas suas porções mais baixas e planas. Segundo as análises, o Rio do Meio está em área propícia à ocupação urbana, pela sua proximidade e por ainda dispor de algumas áreas de baixa declividade. Recentemente já houve lançamento de conjuntos residenciais nos bairros Lagoa e Alto da Lagoa. Esta sub-bacia deve, portanto, ser objeto de ordenamento, visando proteger as ocupações futuras e as condições de infiltração e gerenciamento das águas pluviais.

sub-bacia do Rio Cascata

Esta sub-bacia já tem áreas com zoneamento de preservação municipal. Portanto, deve-se evitar a ocupação dessas áreas.

sub-bacia do Arroio dos Pereiras

A região está passando por alterações de ocupação por parcelamentos do solo recentes nessa região. A impermeabilização nas áreas mais altas pode afetar a parte jusante da bacia, por aumento do escoamento superficial. Conforme já destacado anteriormente, na região central da Sede Municipal, o Arroio dos Pereiras possui trechos

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

canalizados e retificados com ausência de áreas de preservação permanente. Esta é uma das principais bacias para a análise e adoção de medidas não estruturais visando reduzir danos que são originados por problemas na drenagem de águas pluviais.

sub-bacia do Médio Antas

Esta sub-bacia é uma das mais urbanizadas de Irati e registra ocorrências de eventos críticos de precipitação e drenagem. A área tem alta declividade na margem esquerda do Rio das Antas e baixa declividade na margem oposta, onde geralmente o efeito de inundação é mais percebido. Esta sub-bacia também recebe escoamento superficial das bacias à montante. Por isso, praticamente toda a água da sede municipal chega rapidamente a sub-bacia do Médio Antas, gerando os maiores casos de eventos críticos que atingem a população local. Por isso, a gestão da sub-bacia do Médio Antas deve levar em conta também medidas nas sub-bacias do Rio Do meio, do Rio Bonito, do Rio Cascata, do Arroio dos Pereiras e do próprio Rio das Antas (Montante).

sub-bacia do Arroio Nhapindazal

Trata-se de uma sub-bacia que deve ser controlada e monitorada, por ser manancial de abastecimento da cidade. Esta é a principal sub-bacia para uma gestão de conservação, visando a manutenção das suas condições naturais e com restrição à ocupação urbana.

sub-bacia baixo Rio das Antas

Na parte que apresenta declividades acentuadas, a ocupação urbana já é dificultada. Por outro lado, as partes baixas da sub-bacia do baixo Rio das Antas recebe contribuição das sub-bacias de montante. conta com pontes, meandros, barramentos artificiais e relativa preservação de mata ciliar, que merecem destaque no planejamento.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

9. CONCLUSÃO

Este diagnóstico trata das atividades referentes à coleta e tratamento de dados e informações do Município de Irati. Estão apresentadas as principais características ambientais do Município, com foco na área urbana e nas questões que têm interferência com a drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

As sub-bacias da cidade, que são as unidades de planejamento, foram delimitadas e avaliadas detalhadamente, com levantamento e cálculo de fatores físicos necessários para os cálculos hidrológicos, para determinação das vazões de enchente em diferentes tempos de recorrência. Com base em interpretação supervisionada de imagem de satélite, também foram calculadas as áreas de uso e ocupação de solo, importantes para o cálculo dos coeficientes de permeabilidade e escoamento superficial.

Foram analisados os cenários atual e tendencial, com projeções de população e expansão urbana para o horizonte de planejamento, que é de 30 anos, com sub-escalas de 10 em 10 anos. Alguns cenários adicionais estão previstos para serem analisados em etapas posteriores do trabalho, principalmente para avaliação das diferentes medidas estruturais e não estruturais a serem propostas pelo Plano, cujas diretrizes para a suas escolhas também já estejam apresentadas.

Com base nas características físicas, uso e ocupação do solo para os diferentes cenários, foram calculadas as vazões de enchente para os tempos de recorrência de 50 e 100 anos, riscos tipicamente utilizados em projetos de macrodrenagem urbana.

Os dados e resultados obtidos neste diagnóstico servirão de base para as próximas etapas do trabalho, visando construir um Plano Diretor de Drenagem que traga medidas de controle efetivas para a redução de riscos e danos causados pelas inundações em Irati.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Portal para informações e dados espaciais da ANA. Disponível em: < http://metadados.ana.gov.br> Consulta em 13 de abril de 2018. Brasília, 2015.

BRASIL. Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 22 jun. 1984, Seção 1, p 4. Disponível em: Acesso em: 21 out. 2013.

_____ Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan 2007, P.3.

_____, Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n° 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan 2007, P.3.

_____, Lei n.º 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago 2010, P.2

_____, Ministério das Cidades e Ministério do Meio Ambiente. **Elementos para a organização da coleta seletiva e projeto dos galpões de triagem**. 2008.

_____, NBR 7229. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. 1993.

_____, **PLANARES - Plano Nacional de Resíduos Sólidos** - ainda não formalizado como Portaria, o plano é instrumento da Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Quando publicado e em vigor, o Planares definirá as diretrizes, estratégias e metas para implementação da política. Uma vez que o plano foi objeto de discussão em cinco audiências públicas regionais, uma audiência pública nacional e uma consulta pública via internet, utilizou-se para fins deste PMSB a última versão preliminar, de agosto de 2012.

_____, **PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico** - Portaria interministerial que estabelece diretrizes, metas e ações de saneamento básico para o País nos próximos 20 anos (2014-2033), publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 06/12/2013, com aprovação de sete ministros de estado (Cidades, Fazenda, Casa Civil, Saúde, Planejamento, Meio Ambiente e Integração Nacional).

_____. **Lei n.º 12.305**, de 2 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago 2010, P.2.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**, 2011.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3ª Edição. Fortaleza, 2008. 391p.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Noções Básicas Sobre Poços Tubulares: cartilha informativa. CPRM: Superintendência Regional do Recife. 22 p. Il. Agosto, 1998. Disponível em: <ftp://ftp.cprm.gov.br/pub/pdf/dehid/manubpt. pdf> Acesso em: 01 junho 2018.

DAEE – departamento de Águas e energia Elétrica de SP. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de SP. Drenagem Urbana 2a ed. DAEE/CETESB, São Paulo, 1980.

Defesa Civil Paraná. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/>. Consulta em 19 de junho de 2018.

EMBRAPA (2013): EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FREITAS A. R. CARVALHO S. M. A precipitação no Município de Irati (PR) entre 1980 e 2015 e sua associação com eventos extremos. Goiânia (GO)/UFG. Outubro de 2016.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: <http://mapas.google.com>. Consulta realizada em 08/06/2018.

GPRH – Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Universidade Federal de viçosa, 2018.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução PR nº 1 de 25 de fevereiro de 2005. Altera a caracterização do sistema geodésico brasileiro, Rio de Janeiro (cidade), 2005.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Estações e dados. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. 2018. Acesso em 18 de abril de 2018.

IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). Cartas climáticas do estado do Paraná. Londrina/PR, 2000.

IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). Cartas de solos do estado do Paraná. Folhas 504 e 505 (1:250.000). Paraná, 2008.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.; Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo. Oficina de texto, 2007.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. Atlas Geológico do Estado do Paraná. Paraná, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. Clima In: A Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, Tomo 1, v. 4, 1968. p.14-166.

PORTAL DA PREFEITURA MUNICIPAL DE MARITUBA. 2018. Disponível em <http://www.marituba.pa.gov.br/site/>. Acesso em: abr. 2018.

SEMAS – Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Governo do Pará. . Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/>. Acesso em: 09 abr. 2018.

Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD). Disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Consulta em 16 de junho de 2018.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 10 abr 2018.

TUCCI, C. E. M - Hidrologia. Ciência e Aplicação. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 4ª Edição. Porto Alegre. 2007.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**, Editora Mc Graw Hill, 245p, São Paulo, 1975.

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

FermaEngenhariaLtda|CNPJ76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR



PRODUTO 3 – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA

FERMA ENGENHARIA

IRATI/PR
NOVEMBRO/2018

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR

Contrato nº 026/2018
Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa

PRODUTO 3 – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA

FERMA
ENGENHARIA

IRATI/PR
NOVEMBRO/2018

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Prefeitura Municipal de Irati o **Produto 3 – Relatório de Análise da Drenagem Urbana,** referente ao Contrato de Obra e Serviço de Engenharia nº 026/2018, Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

André Luciano Malheiros

Engenheiro Civil, CREA PR-67038/D

Coordenador Geral do Plano

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO PLANO

EQUIPE TÉCNICA

André Luciano Malheiros	Engenheiro Civil, Dr. - Coordenador Geral
Helder Rafael Nocko	Engenheiro Ambiental, Ms.
Nilo Aihara	Engenheiro Civil
Sandra Mayumi	Arquiteta e Urbanista

EQUIPE COMPLEMENTAR

Bruno Gomes Camargo	Eng. Ambiental e Sanitarista
Paulo Henrique Costa	Geógrafo
Vanessa Tres	Eng. Ambiental
Cinthya Hoppen	Eng. Química
Guadalupe Eugenia Garcia	Eng. Ambiental
Romildo Macário	Administrador
Larissa dos Santos Silva	Geógrafa
Evelin Steffen Albanski	Acadêmica de Eng. Cartográfica

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

RESUMO DE REVISÕES

01	**05/12**	**PRODUTO 3**	**BGC**	**ALM**	**ALM**
Revisão	**Data**	**Descrição Breve**	**Ass. do Autor.**	**Ass. do Superv.**	**Ass. de Aprov**

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI - PR			
FASE 02 – P03 ANÁLISE DA DRENAGEM URBANA			
Elaborado por: Bruno Gomes Camargo	Supervisionado por: André Luciano Malheiros		
Aprovado por: André Luciano Malheiros	Revisão	Finalidade	Data
	01	3	11/2018
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
	Ferma Engenharia LTDA. Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico CEP 80.210-190 | Curitiba – PR Tel: (41)3053-3487 ferma@fermaengenharia.com.br | www.fermaengenharia.com.br		

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 8
LISTA DE TABELAS 9
1. Introdução 10
2. Análise de Drenagem Urbana 11
2.1. Levantamentos Complementares 12
2.1.1. Levantamento Planialtimétrico 12
2.1.2. Topobatimetria 13
2.1.3. Levantamento Cadastral 13
2.1.4. Projetos 13
3. Sub-bacia Rio Bonito 14
4. Sub-bacia Rio Cascata 16
5. Sub-bacia Rio do Meio 18
6. Sub-bacia Alto Antas 20
7. Sub-bacia Médio Antas 27
8. Sub-bacia Arroio dos Pereiras 32
9. Sub-bacia Nhapindazal 44
10. Sub-bacia Baixo Antas 46
11. Sub-bacia Riozinho 48
12. Medidas Propostas 51
12.1. Medidas Estruturais 51
12.1.1. Canalização 51
12.1.2. Bacias de Detenção/Retenção 55
12.2. Limpeza/ Desobstrução de rios 58
12.3. Relocação de interferências 58
12.4. Medidas Não Estruturais 58
12.4.1. Reservatórios de Detenção para Loteamentos Privados 58
12.4.2. Retenção na Fonte 60
12.4.3. Revisão de Parâmetros de Uso do Solo 64
12.4.4. Criação de Áreas de Restrição de Uso 65
12.4.5. Desocupação de áreas 65
13. Análise Benefício-Custo 68

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

13.1. Avaliação Econômica das Alternativas 68
13.1.1. Análises Econômicas Comparativas 70
14. Anteprojetos 72
14.1. Canalização Arroio dos Pereiras 72
14.1.1. Estimativas de custos 76
14.1.2. Considerações 78
14.2. Bacias de Detenção/Retenção 78
14.2.1. Estimativas de Custos 79
15. Referências Bibliográficas 82
Anexo I – Desenhos Canal Pereiras 83
Anexo II – Audiência Pública 84

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sub-bacia Rio Bonito 15
Figura 2 - Sub-bacia Rio Cascata 17
Figura 3 - Sub-bacia Rio do Meio 19
Figura 4 - Sub-bacia Alto Antas 21
Figura 5 – Vantagens e precauções dos parques lineares. 22
Figura 6 – Área reservada para a construção do Parque Linear. 23
Figura 7 - Interferências cruzando o canal 24
Figura 8 – Travessia de rede de abastecimento de água 25
Figura 9 – Travessia sob a Rua Presidente Getúlio Vargas 26
Figura 10 – Sub-bacia Médio Antas 28
Figura 11 - Travessia Dalegrave 29
Figura 12 - Galeria de águas pluviais Miguel Bay 30
Figura 13 - Dissipador hidráulico galeria Miguel Bay 31
Figura 14 - Sub-bacia Pereiras 33
Figura 15 – Muro de gabião durante as obras 34
Figura 16 – Muro de gabião finalizado com dissipador e energia 35
Figura 17 - Local para bacia de detenção no Bosque São Francisco 36
Figura 18 – Canal Hídrico 37
Figura 19 – Projeto do canal de concreto – Canal Hídrico Fase 1 37
Figura 20 – Arroio dos Pereiras 41
Figura 21 – Pontos Analisados no Arroio dos Pereiras. (A) Travessia Rua da Liberdade, (B) Travessia Rua dos Operários e (C) Travessia Rua Coronel Sabóia. 42
Figura 22 – Sub-bacia Nhapindazal 45
Figura 23 - Sub-bacia Baixo Antas 47
Figura 24 - Sub-bacia Riozinho 49
Figura 25 – Locais visitados na sub-bacia do Rio Riozinho 50
Figura 26 – Exemplo de bacia de detenção no formato de quadra esportiva. 56
Figura 2 – Exemplo de bacia de detenção em forma de praça e área de lazer. 57
Figura 28 - Sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração. 61
Figura 29 - Esquema do sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração, para casos de implantação acima do nível da via pública. 62
Figura 30 - Esquema do sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração, para casos de implantação abaixo do nível da via pública. 63
Figura 31 – Levantamento topográfico para área Arroio dos Pereiras 72
Figura 32 – Seções de interesse para o dimensionamento do canal 73
Figura 33 - Medidas de dimensionamento para seções do canal retangular em concreto 73
Figura 34 - Perfil da linha d 'água no interior do canal 76

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Períodos de retorno em função da ocupação da área. 12
Tabela 2 - Dimensões do canal retangular em concreto para o cálculo da capacidade máxima de vazão suportada 38
Tabela 3 – Velocidades limites, em função do material das paredes do canal 52
Tabela 4 – Coeficiente de rugosidade de Manning diferentes canais 53
Tabela 5 – Vazão específica 60
Tabela 6 – Resumo das medidas propostas por sub-bacia 67
Tabela 7 - Dimensões dos trechos canal retangular em concreto projetado 74
Tabela 8 – Cálculo do remanso no canal projetado 75
Tabela 9 – Estimativa de custos para o canal Arroio dos Pereiras 77
Tabela 10 – Resumo das bacias previstas em Irati 79
Tabela 11 - Custos globais de implantação, reconstituição e operação de bacias de detenção. 80
Tabela 12 – Resumo das bacias previstas em Irati 80

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

1. INTRODUÇÃO

A equipe da Ferma Engenharia realizou reuniões e verificações de campo nos dias 25 de julho, 12 de setembro e 31 de outubro de 2018 e elaborou este Relatório de Análise da Drenagem Urbana. Nas reuniões a equipe técnica da prefeitura indicou os principais locais que necessitam de intervenções estruturais e que deveriam ser analisados.

Assim, este relatório apresenta a análise das estruturas projetadas e os anteprojetos necessários para o sistema de drenagem de Irati.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

2. ANÁLISE DE DRENAGEM URBANA

Neste item é apresentada a análise das obras hidráulicas existentes para cada sub-bacia. Foram visitados os principais pontos de interesse e apresentadas as preposições de medidas de controle estruturais e não estruturais.

Para os canais naturais foram utilizados os levantamentos existentes realizados nos pontos de interesse e para os canais projetados, foi realizada a análise do dimensionamento e da capacidade de transporte dos projetos repassados pela Prefeitura de Irati.

Uma vez calculadas as possíveis vazões de projeto para os diferentes cenários, foi verificado se a estrutura projetada atende a demanda e apresentados os anteprojetos necessários que serão utilizados para a previsão de áreas a serem reservadas para as medidas de controle (as quais deverão ser incluídas nas medidas não-estruturais como de uso público prioritário) e para a elaboração de orçamentos estimativos que servirão de referência para o planejamento da implantação dessas medidas que fará parte do Programa Municipal de Drenagem.

A metodologia de estudo se baseia no cálculo do nível da água e velocidade do escoamento a partir da equação de Manning. A equação de Manning considera a velocidade média de um escoamento permanente e uniforme em um canal aberto com declividade constante do fundo e da linha da água.

O tempo de recorrência, ou período de retorno, é definido a partir do risco admitido para determinado projeto. Ou seja, um tempo de recorrência de 10 anos refere-se a um risco de 1/10 (um evento superado, no caso a intensidade da chuva, a cada 10 anos). Para as obras de drenagem tipicamente se utiliza o tempo de retorno de 100 anos, com base em parâmetros definidos pela DAEE/CETESBE (Departamento de Águas e energia Elétrica de SP/Companhia Ambiental do Estado de SP) que são estabelecidos de acordo com o tipo de ocupação da área, conforme Tabela 1.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 1 – Períodos de retorno em função da ocupação da área.

Tipo da Obra	Tipo de Ocupação	Período de Retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de Serviço ao Público	5
Microdrenagem	Aeroportos	25
Microdrenagem	Áreas comerciais e serviço de tráfego	5 - 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
Macrodrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB, 1980

Para determinação do percentual de área urbanizada é utilizada a seguinte equação:

$$\frac{Área\ urbana\ total,\ incluíndo\ áreas\ urbanas\ isoladas}{Área\ territorial\ total\ do\ município} \times 100$$

No município de Irati a área urbanizada total, incluindo áreas urbanas isoladas obtida através da determinação dos setores censitários urbanos do IBGE foi de 53,20 km², já a área territorial total do município é de 999,31 km². Portanto o percentual de área urbanizada é de 5,32%.

2.1. Levantamentos Complementares

Foram definidos os levantamentos complementares necessários para a elaboração dos projetos a cargo da Prefeitura de Irati.

2.1.1. *Levantamento Planialtimétrico*

O Levantamento Topográfico Planialtimétrico Cadastral é um levantamento que busca representar com a maior precisão possível a porção de terra urbana ou rural em um Modelo Digital do Terreno (MDT), ou seja, é a representação plana das 3 dimensões do terreno com todos nos níveis encontrados na propriedade como altura de estradas e seus taludes de corte ou aterro, níveis de açude, desníveis das pastagens, plantações, cercas, currais, matas, brejos entre outros diversos itens que pode-se encontrar em uma

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

propriedade. Em um lote calcula-se o desnível de todo o terreno para otimização da construção.

Com este levantamento é possível calcular os quantitativos de corte, aterro, custo das movimentações de terra, estudo da viabilidade do projeto, localização horizontal e vertical de nível de travessias e pontes.

2.1.2. *Topobatimetria*

As seções topobatimétricas dos rios têm como objetivo modelar a geométrica da calha fluvial e da planície de inundação, registrando ainda as características de rugosidade do leito, para determinação do coeficiente de escoamento, e o tipo de vegetação predominante nas margens, necessários à aplicação de modelos hidráulicos para a simulação de propagação de ondas de cheias nas bacias correspondentes. Foram definidas seções a cada 500 metros, e nos pontos de interesse, uma seção imediatamente antes e uma imediatamente após a esses pontos.

2.1.3. *Levantamento Cadastral*

O levantamento cadastral consiste no levantamento de todas as medidas - altura, largura, extensão, cotas de fundo, cotas de topo, declividade – dos canais, galerias, travessias e pontes. Também é realizado o cadastro de todas as interferências como redes de água e esgoto que cruzam os canais e as estruturas das pontes e travessias.

2.1.4. *Projetos*

Os Projetos existentes são de extrema importância para a verificação da estrutura projetada. Por meio deles é possível saber a solução técnica adotada para a medida estrutural, bem como as suas diretrizes e características.

Até o fechamento deste relatório a prefeitura não havia realizado os levantamentos complementares. Desta forma, para a elaboração das analises hidráulicas e dos anteprojetos foram utilizados os levantamentos existentes e os realizados em campo pela equipe da Ferma Engenharia.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3. SUB-BACIA RIO BONITO

De acordo com a fisiografia desta Sub-bacia, ela possui baixo risco de enchentes (Fator de Forma 0,36) e não é sujeita a enchentes (Coeficiente de Compacidade 4,34). Por ser uma sub-bacia sem grandes áreas urbanizadas, as medidas a serem realizadas seriam de preservação das nascentes e das matas ciliares do Rio Bonito. A Figura 1 apresenta a Sub-bacia do Rio Bonito.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

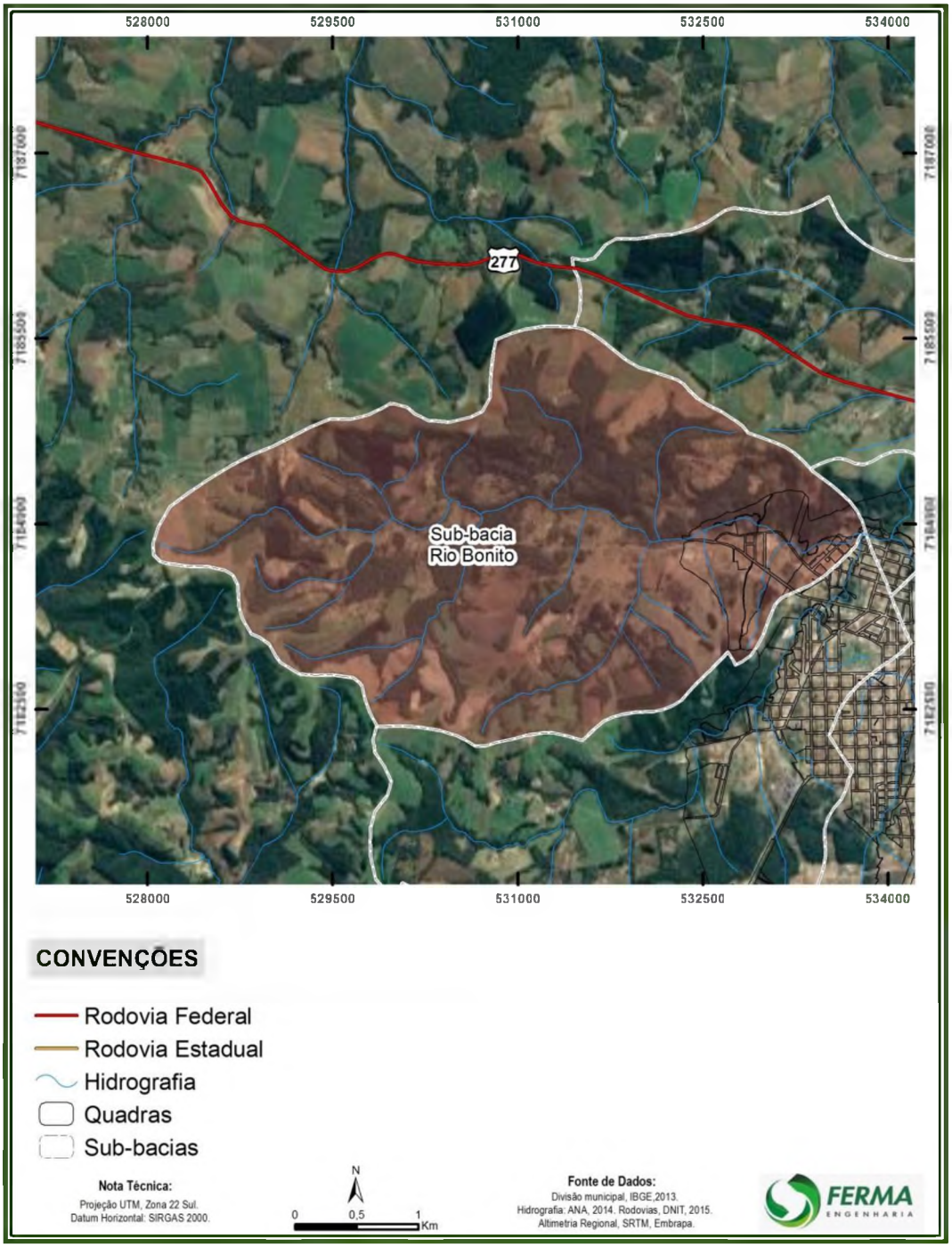


Figura 1 – Sub-bacia Rio Bonito

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4. SUB-BACIA RIO CASCATA

A sub-bacia do Rio Cascata é a menos alterada do ponto de vista urbano e abriga várias propriedades agrícolas cujos proprietários fizeram inúmeros barramentos de água em suas propriedades. A altitude bem como a declividade dessa sub-bacia é considerada alta o que limita a procura pela construção de moradias. Por estar próxima a área zoneada como de preservação municipal, não se prevê crescimento urbano para os próximos anos. Porém, ainda sim, deve-se criar legislação especifica para ocupações nessas áreas. A Figura 2 apresenta a Sub-bacia do Rio Cascata.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

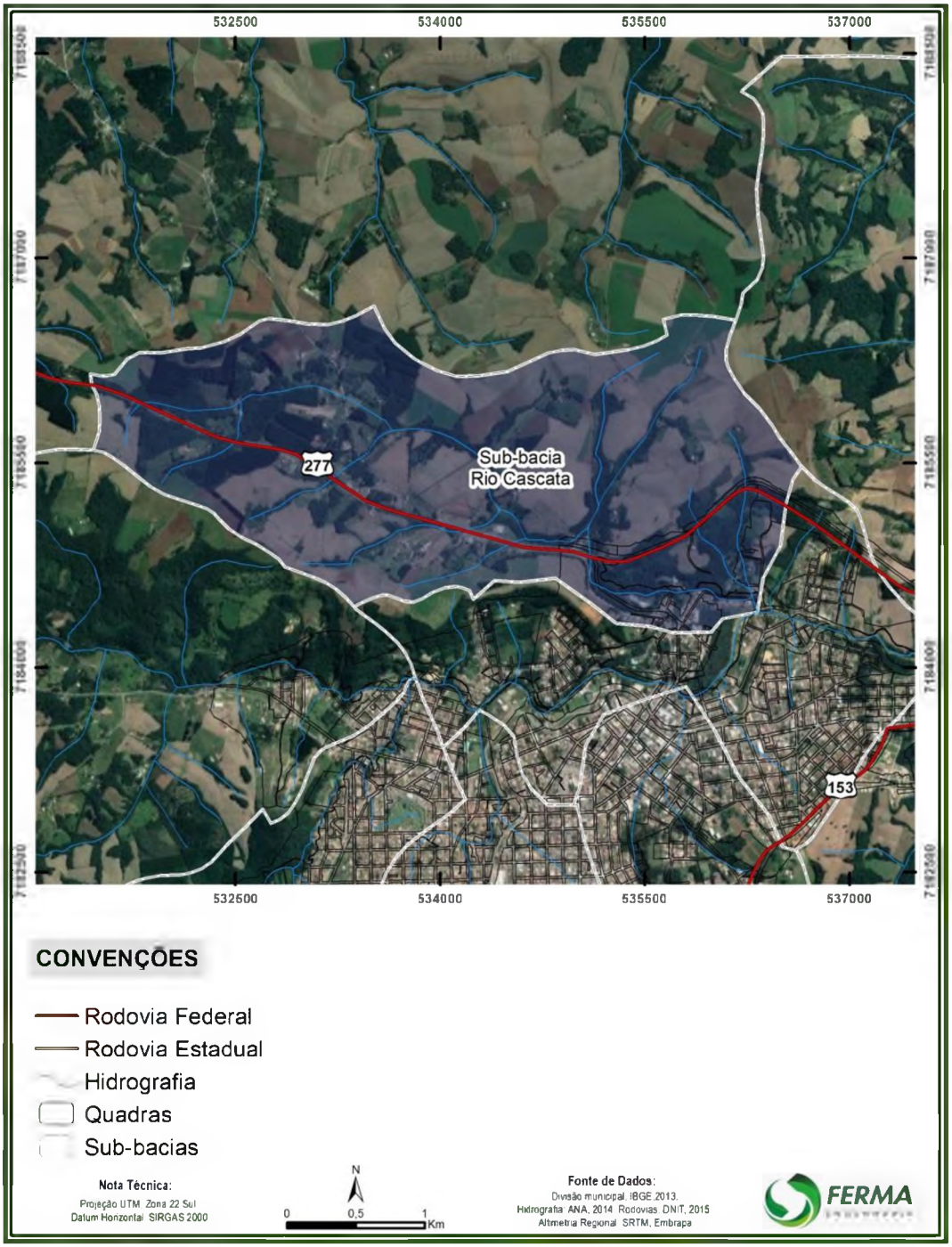


Figura 2 - Sub-bacia Rio Cascata

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5. SUB-BACIA RIO DO MEIO

A sub-bacia do Rio do Meio ainda não esta totalmente urbanizada, porém é propicia a ocupação urbana, desta forma, deve ser previsto para essa bacia o ordenamento para a proteção de ocupações irregulares futuramente. Esta sub-bacia possui Fator de Forma de 0,32 e Coeficiente de Compacidade de 0,32, o que significa que sua fisiografia não é propensa a enchentes e inundações.

As partes mais urbanizadas da sub-bacia ficam localizadas nos pontos mais baixos do rio do Meio, próximo à foz com o rio Bonito. As medidas a serem realizadas seriam de preservação das nascentes e das matas ciliares do rio do Meio, além da implantação de uma bacia de contenção de cheias com área de aproximadamente 17 mil m² no local definido entre a Avenida Dr. Vicente Machado e a Rua Ipanema. A Figura 3 apresenta a Sub-bacia Rio do Meio.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

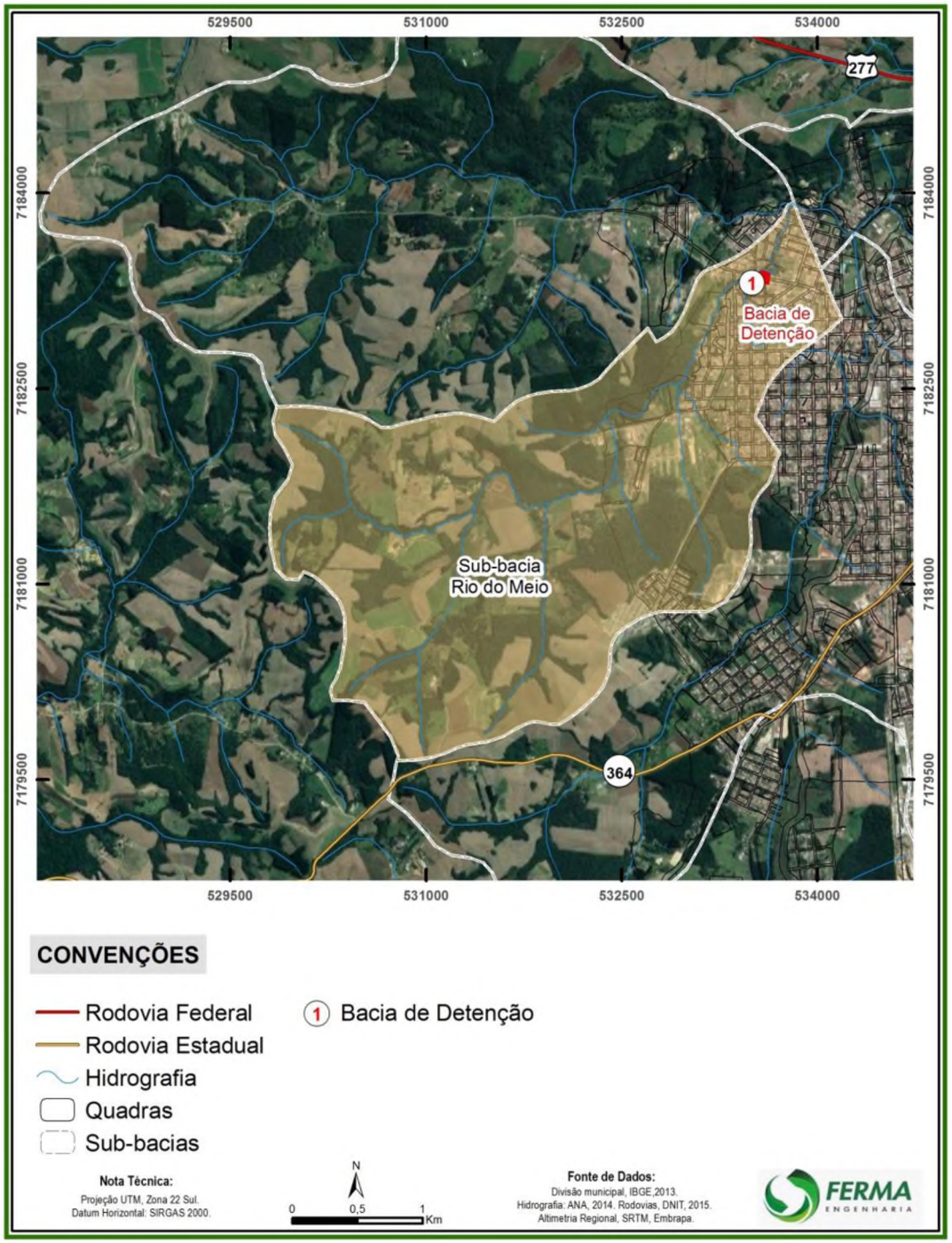


Figura 3 - Sub-bacia Rio do Meio

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6. SUB-BACIA ALTO ANTAS

A sub-bacia do Alto do Rio das Antas, não registra grandes faixas de alta declividade e é uma das mais urbanizadas da Sede Municipal de Irati. Nota-se por meio da Figura 26 que o arruamento atingiu praticamente todas as áreas mais aptas a ocupação, restando apenas as porções mais altas Como essa é uma sub-bacia que abriga dois importantes tributários que formam o Rio das Antas, o controle de impermeabilização deve ser maior, visando reduzir o escoamento superficial para as sub-bacias mais baixas, como a do médio e baixo Rio das Antas. A Figura 4 apresenta a Sub-bacia Alto Antas.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

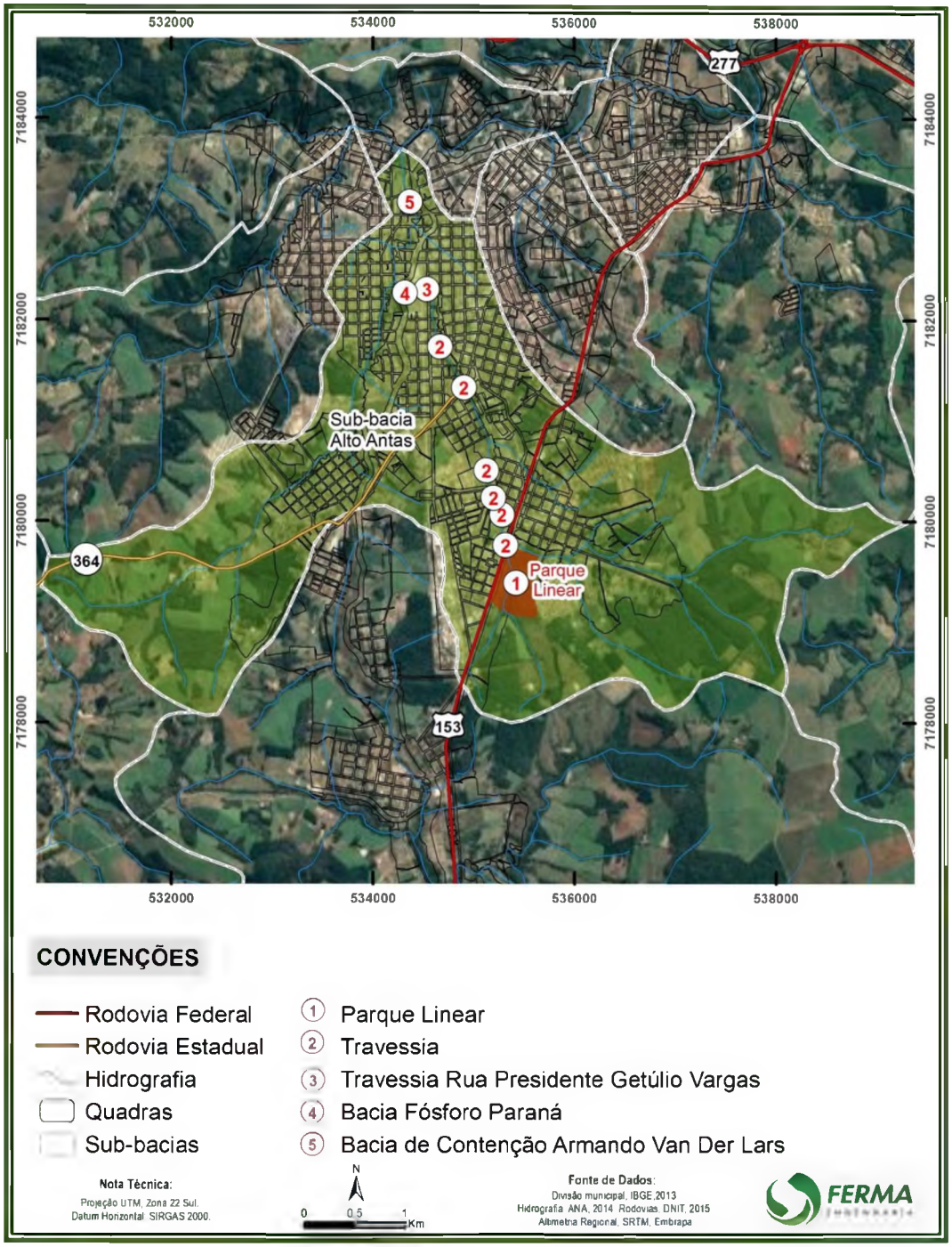


Figura 4 - Sub-bacia Alto Antas

Para esta sub-bacia são sugeridas as medidas a seguir.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

1. Parque Linear

Os Parques Lineares fazem parte de obras de programas ambientais em áreas urbanas, sendo muito utilizados como instrumento de planejamento e gestão de áreas degradadas, buscando conciliar tanto os aspectos urbanos e ambientais como as exigências da legislação e a realidade existente.

Referente ao manejo de águas pluviais, o parque linear tem como um de seus princípios fundamentais aumentar a área de várzea dos rios, permitindo assim, o aumento das zonas de inundação e a vazão mais lenta da água durante as cheias dos rios. Além disso, ajudam a evitar a ocupação humana irregular em áreas de proteção ambiental. A Figura 5 apresenta as vantagens e precauções com os Parques Lineares.

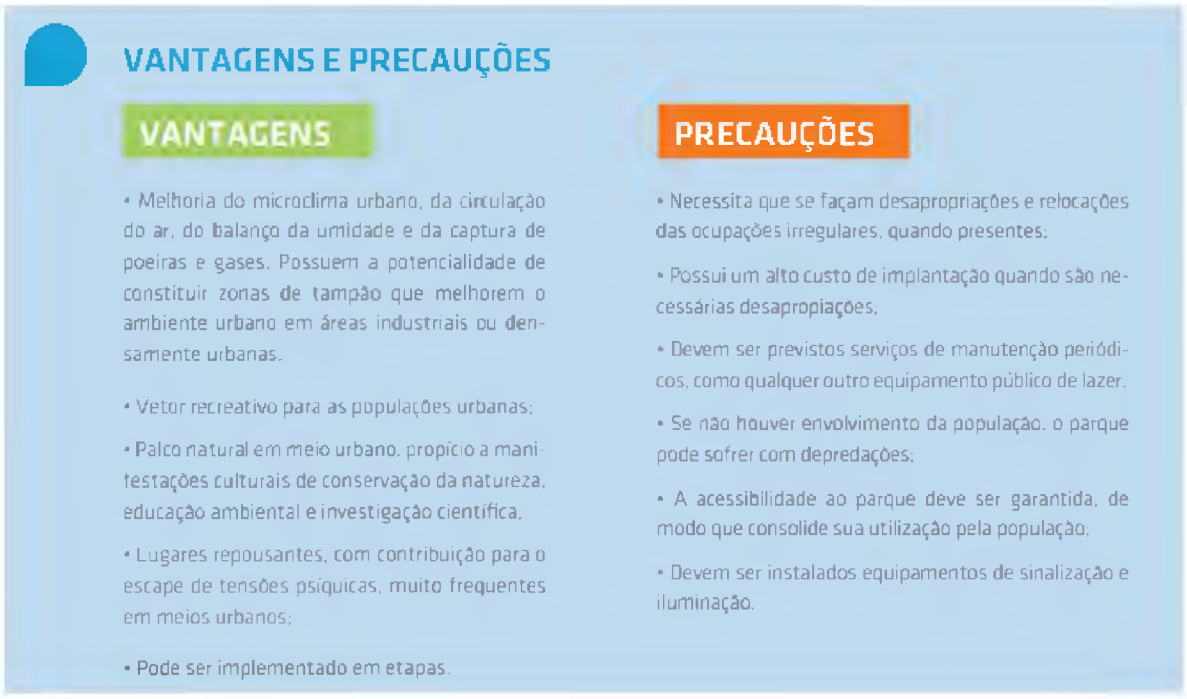


Figura 5 – Vantagens e precauções dos parques lineares.

O Parque Linear esta em fase em construção pela prefeitura, com área aproximada de 600.000 m², sendo a implantação realizada em etapas. Após a conclusão do lago que servirá como bacia de detenção, o parque também será muito importante para a retenção na fonte das águas pluviais, diminuindo os efeitos a jusante. A Figura 6 mostra a área do parque em construção.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 6 – Área reservada para a construção do Parque Linear.

2. Travessias

Foram analisadas as travessias na extensão do rio das Antas dentro da sub-bacia. Não foram observados pontos de inundações causados pelas travessias. A principal questão está relacionada às interferências que cruzam o rio como as redes de água e esgoto. Essas interferências fazem o canal do rio se comportar como um conduto fechado causando estrangulamento e inundações a montante dessas interferências. A Figura 7 ilustra essa situação.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 7 - Interferências cruzando o canal

A solução para estas interferências pôde ser observada durante o levantamento de campo (Figura 8), onde algumas destas redes de água já cruzam o rio sem interferir no escoamento.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 8 – Travessia de rede de abastecimento de água

3. Travessia Rua Presidente Getúlio Vargas

Durante a visita de campo, foi informado por um morador desta região que em eventos extremos esse local sofre com inundações. Foi informado que o ponto principal é sob a travessia onde a estrutura esta desmoronando causando o represamento do rio e causando inundações a montante. A Figura 9 mostra o local visitado.



Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 9 – Travessia sob a Rua Presidente Getúlio Vargas

4. Bacia de Detenção Fósforo Paraná

A área disponível para a bacia de detenção é aproximadamente 50.000 m² e tem como área de contribuição a montante 141.000 m² que geram uma vazão pico atual de 163 m³/s. Essa vazão poderá ser amortecida com a implantação da bacia de detenção que se localiza em um dos tributários do Rio das Antas, diminuindo os efeitos a jusante.

5. Bacia de Detenção Rua Dr. Armando Van Der Lars

Esta área possui aproximadamente 9.000 m² e poderá servir como bacia de detenção, além de evitar possíveis ocupações irregulares no local.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

7. SUB-BACIA MÉDIO ANTAS

A sub-bacia Rio das Antas é uma das sub-bacias mais urbanizadas de Irati, e registra ocorrências de eventos críticos de precipitação e drenagem. Como já apresentado, a área tem alta declividade na margem esquerda do Rio das Antas e baixa declividade na margem oposta, onde geralmente o efeito de inundação é mais percebido. A Figura 10 apresenta a Sub-bacia Médio Antas.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

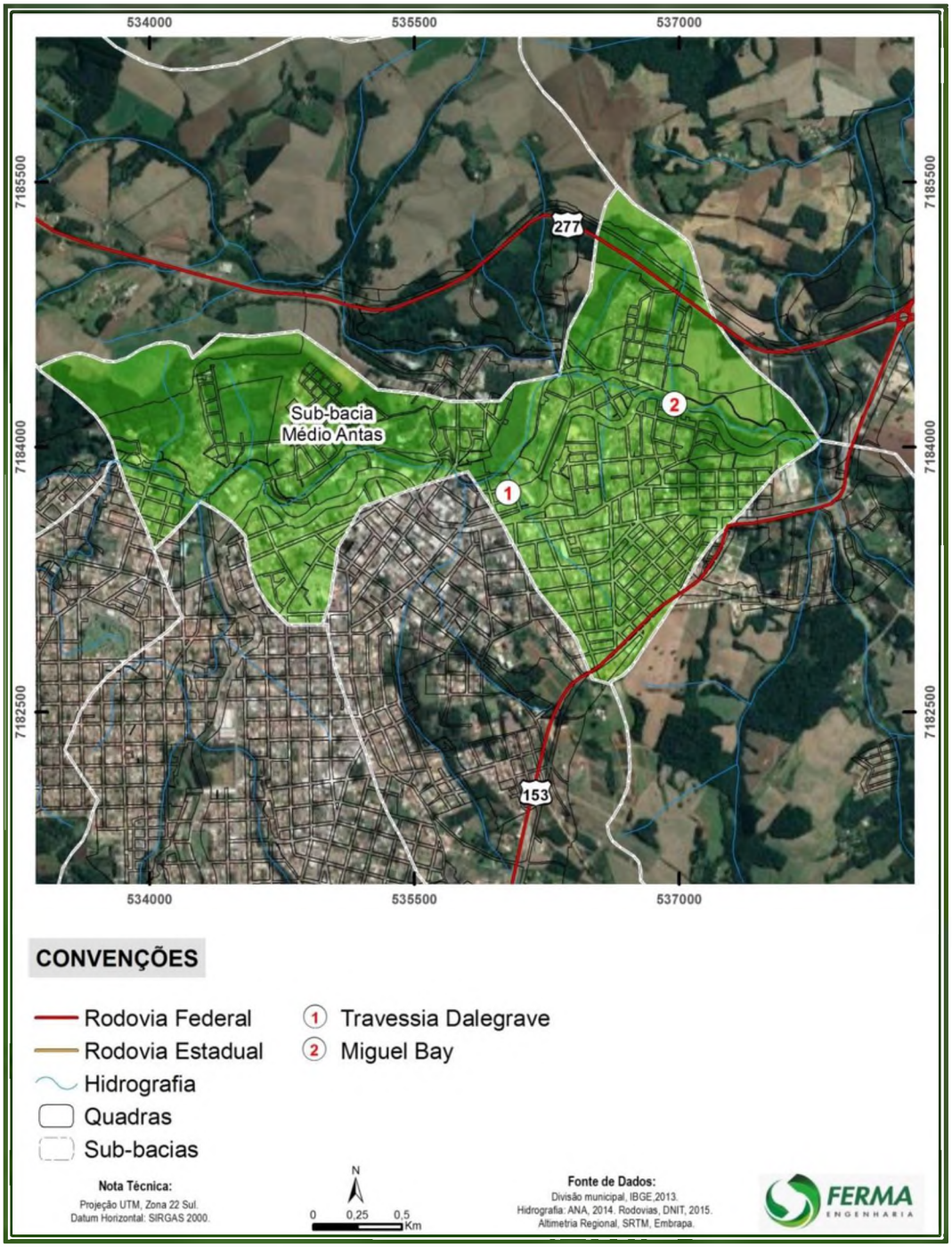


Figura 10 – Sub-bacia Médio Antas

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

1. Travessia Madeireira Dalegrave

Foi verificado durante as visitas de campo, que esta travessia não suporta a vazão de pico, causando inundação nesta área e na Rua Coronel Sabóia como apresentado na Figura 11.



Figura 11 - Travessia Dalegrave

O levantamento das medidas da travessia foi solicitado a prefeitura, porém até o fechamento deste relatório ainda não havia sido realizado. Desta forma, não foi possível realizar a análise da vazão suportada neste ponto.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

2. Miguel Bay

Na Rua Miguel Bay foi iniciada uma obra de drenagem que esta interrompida, pois existe uma rede da Sanepar que esta impedindo a continuação da galeria. A galeria projetada tem como ponto final o Rio das Antas. A Figura 12 apresenta a localização da galeria.



Figura 12 - Galeria de águas pluviais Miguel Bay

O projeto contempla um dissipador hidráulico em degraus para evitar a erosão no lançamento das águas pluviais (Figura 13).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

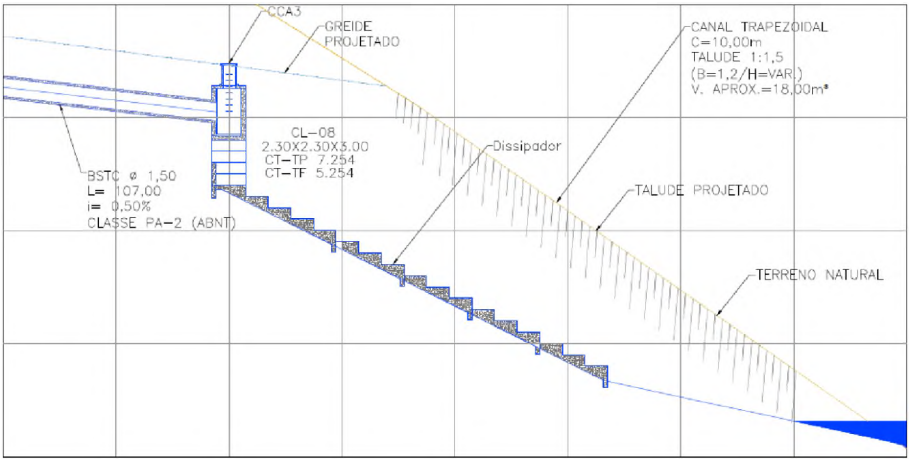


Figura 13 - Dissipador hidráulico galeria Miguel Bay

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

8. SUB-BACIA ARROIO DOS PEREIRAS

A sub-bacia Arroio dos Pereiras possui tanto o Fator de Forma (0,48), quanto o Coeficiente de Compacidade (4,39), não sujeitos a enchente. Porém, como já apresentado, a sub-bacia está passando por alterações de ocupação por parcelamentos do solo e a impermeabilização nas áreas mais altas pode afetar a jusante da bacia.

A região está passando por alterações de ocupação por parcelamentos do solo recentes nessa região. A impermeabilização nas áreas mais altas pode afetar a parte jusante da bacia, por aumento do escoamento superficial. Conforme já destacado anteriormente, na região central da Sede Municipal, o Arroio dos Pereiras possui trechos canalizados e retificados com ausência de áreas de preservação permanente. Esta é uma das principais bacias para a análise e adoção de medidas não estruturais visando reduzir danos que são originados por problemas na drenagem de águas pluviais. A Figura 14 Apresenta a Sub-bacia Pereiras.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

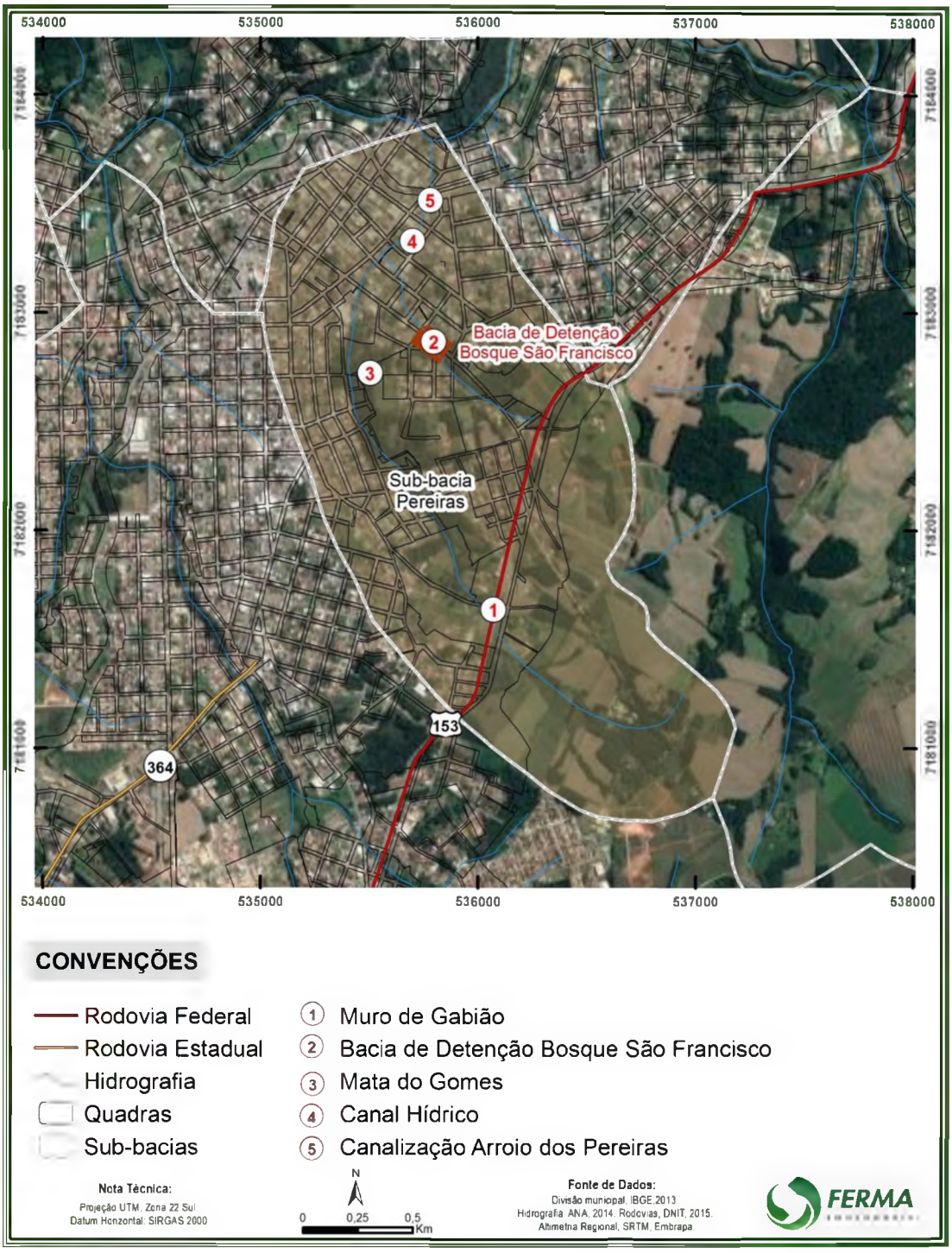


Figura 14 - Sub-bacia Pereiras

As medidas estruturais da sub-bacia Arroio dos Pereiras, existentes e propostas serão apresentadas a seguir.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

1. Muro de Gabião

A Rua Jornalista José da Silva recebeu uma Muro de Gabião devido à erosão que a rua vinha sofrendo pelas águas pluviais que chegavam ao local sem amortecimento. A equipe da Ferma esteve no local durante e após as obras. A Figura 15 apresenta as obras durante sua execução e a Figura 16 após a finalização das obras.



Figura 15 – Muro de gabião durante as obras

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 16 – Muro de gabião finalizado com dissipador e energia

O muro de gabião foi construído para suportar uma vazão de pico de 13,82 m³/s.

2. Bacia de Detenção Bosque São Francisco

O Bosque São Francisco tem uma área de aproximadamente 15.000 m² que podem ser utilizados como bacia de detenção, regulando a vazão que chega ao Arroio dos Pereiras, e evitando problemas na jusante da sub-bacia. A Figura 17 ilustra o local de possível implantação da bacia de detenção.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 17 - Local para bacia de detenção no Bosque São Francisco

3. Mata do Gomes

A área conhecida como Mata do Gomes está localizada na sub-bacia do Arroio dos Pereiras, e a implantação de loteamentos nessa área pode causar problemas a jusante, causando danos ainda maiores a sub-bacia. Para essa área é sugerida a implantação de bacia de detenção para o controle das vazões durante eventos extremos.

Canal Hídrico

O canal hídrico é uma galeria em concreto que serve como desvio para absorver a vazão do Arroio dos Pereiras. A Figura 18 mostra o início do canal e saída no encontro com o Arroio dos Pereiras.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 18 – Canal Hídrico

O material disponibilizado do Projeto do Canal Hídrico pela Prefeitura de Irati não inclui os cálculos hidráulicos, apenas o projeto (desenho Figura 19) do canal. Para a análise do dimensionamento foi escolhido o ponto de entrada do canal.

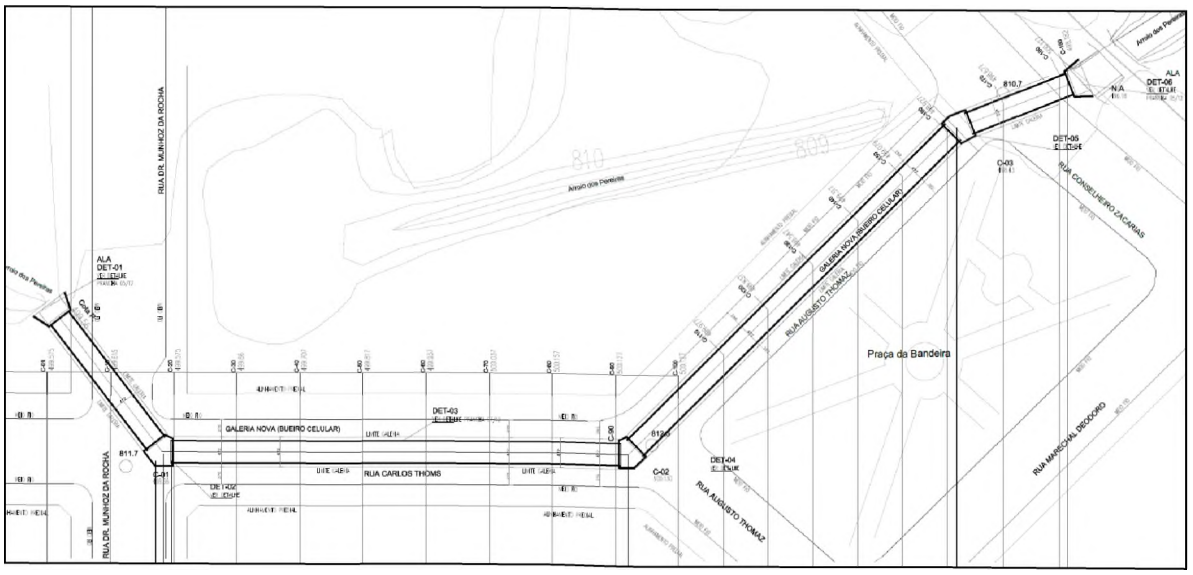


Figura 19 – Projeto do canal de concreto – Canal Hídrico

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

A Tabela 2 apresenta as dimensões do canal retangular para as vazões de pico de 50, 100 e 500 anos de recorrência.

Tabela 2 - Dimensões do canal retangular em concreto para o cálculo da capacidade máxima de vazão suportada

Tempo de Retorno (anos)	TR 50	TR 100	TR 500
Intensidade (mm/h)	131,12	119,67	112,5
Q Pico (m/s)	51,27	57,96	77,06
Q Suportada (m/s)	40,32	40,32	40,32
Largura b (m)	4,00	4,00	4,00
Nível de água h (m)	0,75	0,75	0,75
Altura H (m)	1,50	1,50	1,50
Perímetro Molhado (m)	5,50	5,50	5,50
Área Molhada (m)	3,00	3,00	3,00
Raio Hidráulico (m)	0,55	0,55	0,55
Velocidade (m/s)	4,27	4,83	6,42
Velocidade de projeto (m/s)	6,72	6,72	6,72
Altura Crítica (m)	1,60	1,74	2,10
Altura Crítica de Projeto(m)	2,64	2,16	2,16
Número de Froude	1,75	1,75	1,75

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Para a análise só foi possível verificar a vazão que o canal hídrico pode absorver, sem considerar a vazão suportada pelo canal natural do Arroio dos Pereiras, pois não foram realizados os levantamentos complementares solicitados neste ponto.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4. Canalização Arroio dos Pereiras

A canalização do Arroio dos Pereiras vem complementar a primeira parte do projeto e visa solucionar o problema de inundações na região de jusante do Arroio dos Pereiras que já recebeu a contribuição de toda a sub-bacia.

A equipe da Ferma esteve em campo justamente em dia de forte chuva e verificou que o canal existente não suporta a vazão. Foi observado que os principais gargalos são as travessias que causam o estrangulamento da seção causando a diminuição da velocidade a montante. A Figura 20Figura 19 apresenta os pontos visitados no Arroio dos Pereiras.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/










Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 20 – Arroio dos Pereiras

Foi realizada a análise da vazão em três pontos: travessia Rua da Liberdade, travessia Rua dos Operários e travessia Rua Coronel Sabóia. A Figura 21 ilustra os pontos analisados.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 21 – Pontos Analisados no Arroio dos Pereiras. (A) Travessia Rua da Liberdade, (B) Travessia Rua dos Operários e (C) Travessia Rua Coronel Sabóia.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

	Vazão de Pico (m³/s)	Vazão Suportada (m³/s)
Travessia Rua da Liberdade	72,34	60,07
Travessia Rua dos Operários	75,12	46,48
Travessia Rua Cel. Sabóia	75,96	36,71

Pela analise realizada é possível observar que a vazão de pico é maior que vazão suportada nas três travessias. Além disso, no encontro com o Rio das Antas, o canal sofre remanso, diminuindo sua velocidade e aumentando a altura do nível de água. Os cálculos do efeito do remanso e do canal projetado estão apresentados no Capítulo Anteprojetos.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

9. SUB-BACIA NHAPINDAZAL

Esta sub-bacia deve ser controlada e monitorada, por ser manancial de abastecimento da cidade. Esta é a principal sub-bacia para uma gestão de conservação, visando a manutenção das suas condições naturais e com restrição à ocupação urbana. A Figura 22 apresenta a Sub-bacia Nhapindazal.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

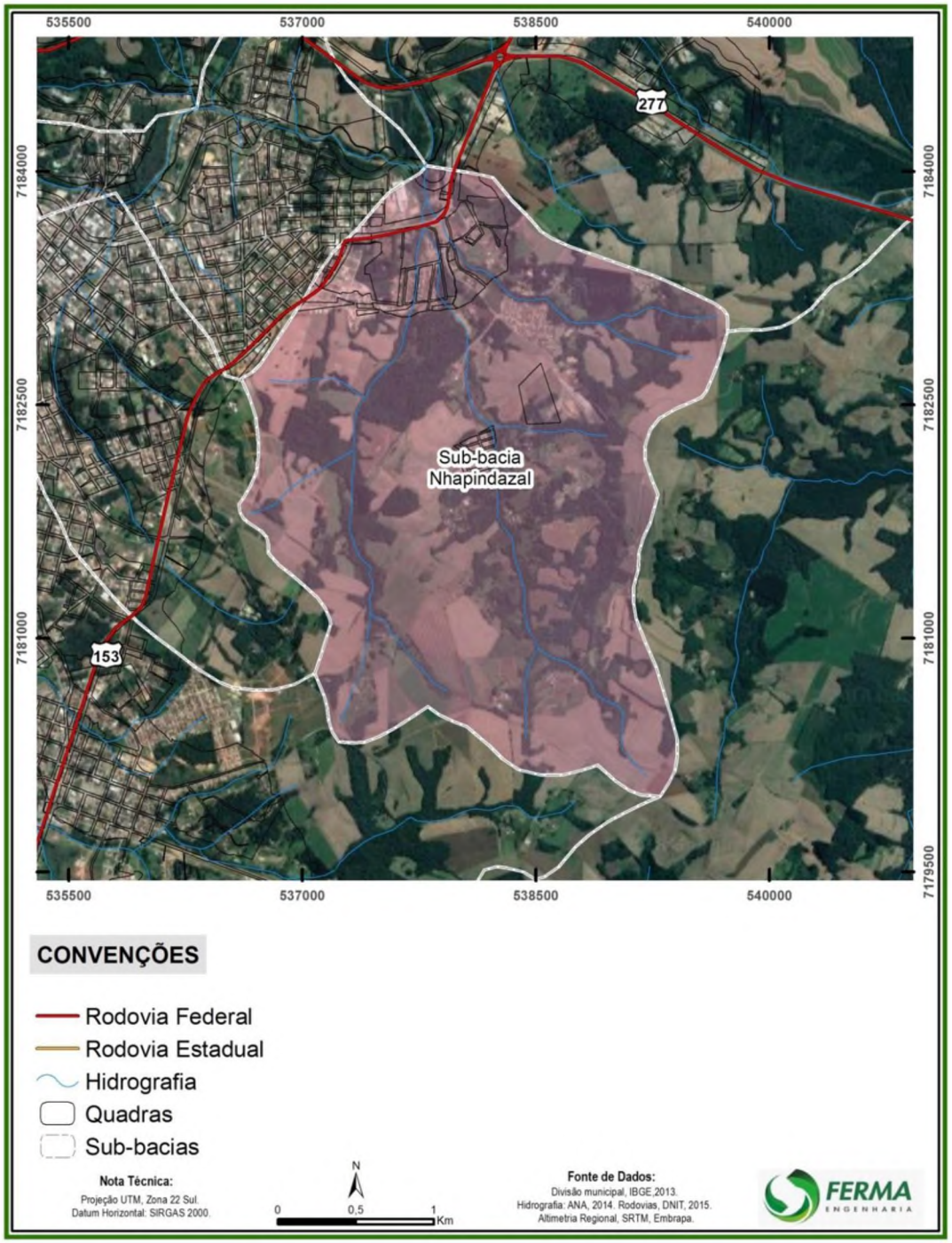


Figura 22 – Sub-bacia Nhapindazal

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

10. SUB-BACIA BAIXO ANTAS

A sub-bacia do Baixo Antas possui pouca ocupação, porém as partes baixas da sub-bacia recebem contribuição de todas as sub-bacias a montante. Esta sub-bacia conta com pontes, meandros, barramentos artificiais e relativa preservação de mata ciliar. O canal natural deverá estar sempre limpo, sem obstruções para evitar inundações a montante. A Figura 23 apresenta a Sub-bacia Baixo Antas.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 23 - Sub-bacia Baixo Antas

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

11. SUB-BACIA RIOZINHO

A sub-bacia do Riozinho possui baixa ocupação urbana e possui alguns pontos com cotas mais baixas em que podem ocorrer enchentes. A Figura 24 apresenta a Sub-bacia Riozinho e a Figura 25 ilustra os locais visitados.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

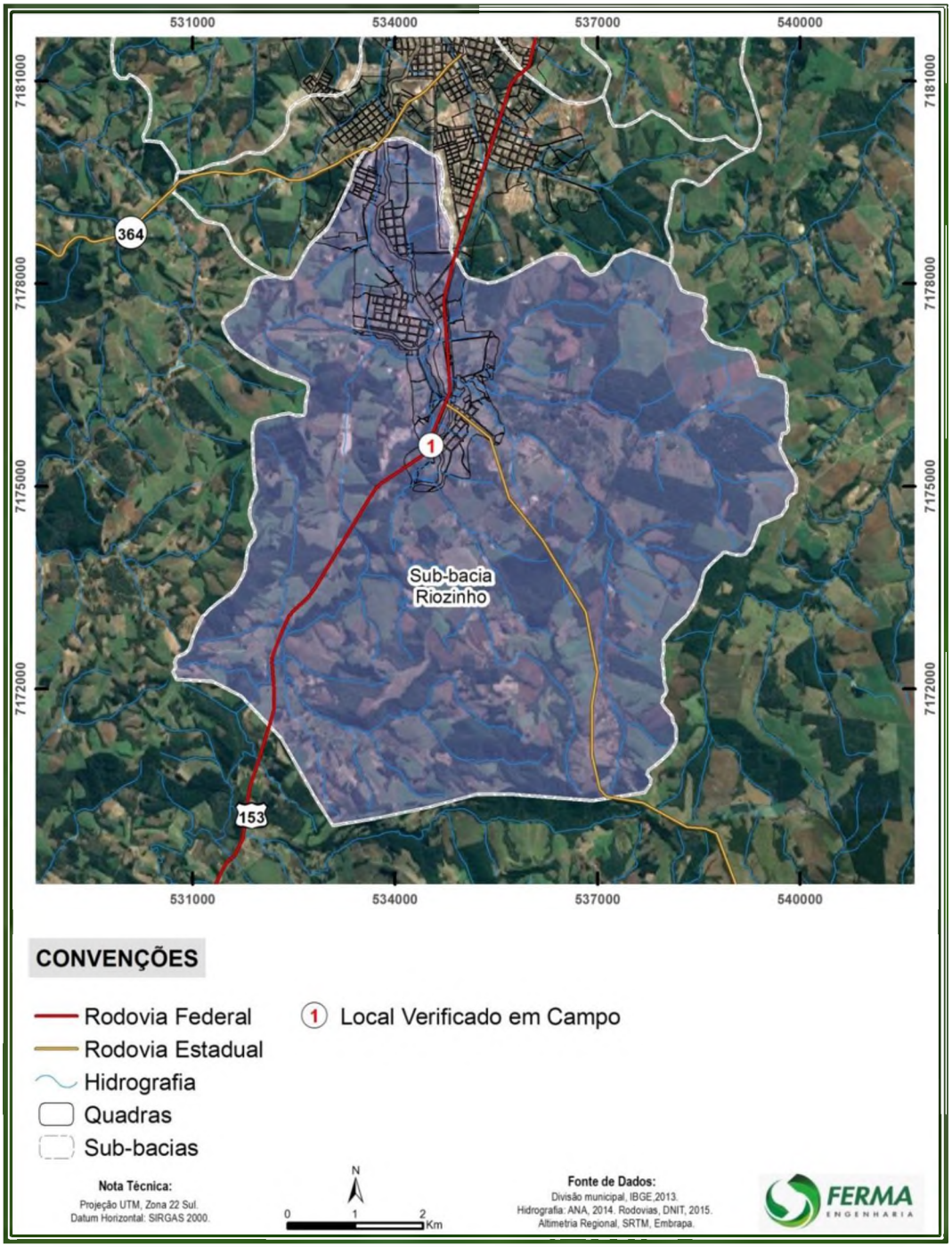


Figura 24 - Sub-bacia Riozinho

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 25 – Locais visitados na sub-bacia do Rio Riozinho

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

12. MEDIDAS PROPOSTAS

12.1. Medidas Estruturais

12.1.1. *Canalização*

A canalização abrange as melhorias e retificações nas calhas dos rios e a própria canalização visando permitir a ocupação das margens e a urbanização dos rios.

Essas modificações podem causar alguns efeitos negativos como o aumento da velocidade dos rios e córregos podendo causar problemas a jusante. Entretanto, essas obras são em muitas vezes necessárias, como no caso de Irati em que a calha do rio deve passar a suportar a vazão sem que haja o transbordamento.

Para minimizar os impactos negativos é importante respeitar ao máximo o traçado natural do rio, evitando a retificação e com a utilização de materiais rugosos e permeáveis para o revestimento das paredes do canal.

A partir das equações de chuvas intensas e tempos de concentração já apresentadas, foi calculada a vazão de cheias para o trecho em questão para o tempo de retorno de 100 anos.

Metodologia de análise hidráulica

Inicialmente, a partir das equações de chuvas intensas, tempos de concentração e coeficiente de escoamento, foi calculada a vazão de cheias para cada ponto de controle em questão.

Segundo Carvalho (2000), a análise da velocidade do fluxo d'água no canal é importante para que não exceda determinados limites, o que poderá comprometer a durabilidade pelo desgaste das paredes e fundo do canal. Esses valores de velocidades também não podem ser insuficientes a ponto de ocorrer deposição de materiais no leito

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

dos canais, pois isso interfere na vazão do escoamento pela diminuição da seção efetiva para o fluxo normal em que foi feito o dimensionamento. Na Tabela 3 estão apresentados valores de velocidades em função do tipo de canal e tipo de água a ser conduzida.

Tabela 3 – Velocidades limites, em função do material das paredes do canal

Tipo de Canal	Velocidade (m/s)
Canal em areia muito fina	0,20 a 0,30
Canal em areia grossa pouco compactada	0,30 a 0,50
Canal em terreno arenoso comum	0,60 a 0,80
Canal em terreno silico-arenoso	0,70 a 0,80
Canal em terreno argiloso compactado	0,80 a 1,20
Canal em rocha	2,00 a 4,00
Canal de concreto	4,00 a 10,00

Fonte: Carvalho (2000)

De acordo com Rocha (1978) e Sussekind (1984), o concreto armado é um material composto, constituído por concreto simples e barras de aço. Os dois materiais constituintes (concreto e aço) devem agir solidariamente para resistir aos esforços a que forem submetidos e devem ser dispostos de maneira a utilizar econômica e racionalmente as resistências próprias de cada um deles.

A partir da vazão de projeto e da velocidade limite definida foi calculada a área necessária a partir da equação da continuidade:

$$Q = A.V$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (m³/s);

A = Área (m²);

V = Velocidade do escoamento (m/s)

Uma vez calculada a área necessária, avaliou-se a estrutura para atender tal demanda. A metodologia de estudo se baseia no cálculo do nível da água e velocidade do escoamento a partir da equação de Manning.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

A equação de Manning considera a velocidade média de um escoamento permanente e uniforme em um canal aberto com declividade constante do fundo e da linha da água.

$$V = \frac{(Rh)^{\frac{2}{3}} S^{1/2}}{n}$$

Sendo:

V = velocidade média, em m/s;

Rh = raio hidráulico, em m;

S = declividade média do conduto, em m/m;

n = coeficiente de rugosidade, tabelado.

O raio hidráulico é a razão entre a área e o perímetro molhado que são dados em função do nível de água (*h*) e do formato do canal.

$$Rh = \frac{Área\ Molhada}{Perímetro\ Molhado}$$

A Tabela 4 apresenta o coeficiente de Manning para diversos tipos de canais.

Tabela 4 – Coeficiente de rugosidade de Manning diferentes canais.

Material	Condição			
Natureza das paredes	**Muito boa**	**Boa**	**Regular**	**Má Condição**
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Material	Condição			
Natureza das paredes	**Muito boa**	**Boa**	**Regular**	**Má Condição**
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espraiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espraiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Mendes et al. (2001)

Uma vez calculada a velocidade média da seção, área molhada e largura superficial do nível de água é possível calcular o Número de Froud (*Fr*) para cada seção. *Fr* é uma variável sem dimensão que descreve diferentes regimes de escoamento em um canal, e é caracterizada como a influência da força gravitacional sob o escoamento em inércia. Nesta definição a força gravitacional move o escoamento no sentido do declive, e a força de inércia mede a tendência de o escoamento permanecer em repouso. *Fr* ainda pode ser definida como a razão entre a velocidade do escoamento e a velocidade de uma onda gravitacional elementar propagando-se sobre a superfície de água. O Número de Froud é dado conforme:

$$Fr = \frac{V}{g\sqrt{A \times b}}$$

Onde a velocidade V é dada em m/s, g é a força gravitacional em m/s², A é a área da seção em m², e B é largura superficial do canal em m. Quando *Fr* é 1 o escoamento é crítico e instável. Para *Fr* maior que 1 o escoamento é considerado supercrítico ou torrencial, ou seja, com fluxo rápido e de alta energia, neste cenário, pequenas ondas propagam-se no sentido do escoamento. Logo, no escoamento supercrítico as perturbações propagam-se apenas para jusante. Para *Fr* menor que 1 o escoamento é chamado de subcrítico, acontece em regime fluvial com fluxo lento e de baixa energia, e pequenas ondas podem se propagar no sentido contrário do escoamento. Logo, no escoamento subcrítico as perturbações propagam-se para jusante e montante.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Desta forma para cada trecho foi determinada a seção hidráulica com as dimensões do canal que realizará o escoamento da vazão de projeto.

12.1.2. *Bacias de Detenção/Retenção*

As bacias de detenção/retenção são estruturas de acumulação temporária e/ou infiltração de águas pluviais que são utilizadas para o amortecimento de cheias geradas como forma de controle de inundação. Trata-se de um reservatório construído para o armazenamento temporário das águas pluviais escoadas superficialmente. A água armazenada na bacia de detenção é liberada para o corpo hídrico de maneira gradual. Desta forma, os picos de vazão de escoamento superficial não alteram de forma drástica a vazão do corpo receptor, prevenindo o acontecimento de alagamentos.

As bacias de detenção são aquelas que permanecem secas na maior parte do tempo, recebendo aporte de águas apenas nos dias de chuva. Dessa forma, se a região sofre uma ou duas inundações por ano, a praça (se a bacia for implantada numa praça) ou outra área destinada também ficará inundada apenas uma ou duas vezes por ano. Já as bacias de retenção são aquelas que mantêm uma lâmina de água permanente, funcionando como uma espécie de lago.

As bacias de detenção podem ser elaboradas no formato de praças e áreas de lazer. A área seca capaz de armazenar águas pluviais durante eventos de chuva extremos, também pode apresentar funções como quadras de esporte e áreas de lazer para os momentos em que não há a necessidade de manejo de águas pluviais. Um exemplo de bacia de detenção no formato de quadra esportiva é apresentado na Figura 26. Neste espaço, foi realizado um projeto de bacia de detenção com impermeabilização em concreto; este espaço torna-se uma quadra de esportes quando não há a necessidade de realizar o escoamento.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 26 – Exemplo de bacia de detenção no formato de quadra esportiva.
Fonte: Acervo pessoal de Erika Tominaga/FTCH, em Associação Brasileira de Cimentos Portland.
Nota: FTCH (Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica).

Outro exemplo de bacia de detenção é a Praça Acyr Saldanha Loyola, no município de Curitiba, estado do Paraná. A praça possui área de lazer com parque infantil, e campo de futebol com nível rebaixado, servindo de bacia para eventos de chuva extremos. A Figura 27 apresenta imagens da Praça Acyr Saldanha Loyola. Neste caso, a área de lazer para uso esportivo não utiliza materiais impermeáveis. Além disso, a praça também disponibiliza um aviso de possível inundação no local devido ao uso de regulação de cheias como bacia de detenção.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 27 – Exemplo de bacia de detenção em forma de praça e área de lazer.
Fonte: Google Earth, 2018. Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Para a fase de planejamento, primeiramente avalia-se a necessidade de uma obra de detenção para a reservação de volumes de escoamento superficial. Em seguida, as obras de detenção são planejadas por meio da estimativa de volume a reservar. Para a estimativa de volume a ser reservado nas bacias de detenção, existem inúmeros métodos, simples ou complexos, que podem ser utilizados; estes diferem especialmente quanto aos critérios assumidos para o cálculo.

O método de cálculo elaborado por McCuen, em 1989, é ideal para etapa de planejamento de obras de detenção por meio da utilização de parâmetros familiares ao planejador. O cálculo é realizado por meio de um hidrograma triangular, com o tempo para o pico de vazão igual ao tempo de concentração (t_c) da bacia de drenagem e o tempo de base de $2t_c$. Além do tempo de concentração, definem-se as vazões $Q_{p,b}$ e $Q_{p,a}$ (vazões de pico para os momentos anterior e posterior ao desenvolvimento urbano de uma área). Para casos em que o cálculo é realizado para a reabilitação de sistemas existentes, entende-se por vazões $Q_{p,b}$ e $Q_{p,a}$ aquelas como os picos de vazão atual e

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

vazão pretendida após a implantação da obra de detenção; assim, o pico posterior será inferior ao pico atual. Tais conceitos são úteis para o dimensionamento de uma obra de detenção para o cálculo do volume requerido para reservação, preservando as condições naturais ou originais das enchentes.

12.2. Limpeza/ Desobstrução de rios

Para reduzir riscos de alagamentos, é necessária a manutenção preventiva com limpeza, roçada e desobstrução de rios e córregos. A limpeza e a desobstrução dos cursos de água e consiste na remoção de resíduos sólidos urbanos, remoção de resíduos (construção e demolição, elétricos e eletrônicos, pneus entre outros), remoção seletiva de material vegetal.

A limpeza deve ser feita para garantir condições de escoamento dos líquidos e sólidos (areia, lama e sedimentos) em situações hidrológicas normais ou extremas para que as o canal apresente traçado curvilíneo e com margens naturais ou naturalizadas.

12.3. Relocação de interferências

Deverá ser feito o levantamento e o cadastramento das interferências (redes de água e esgoto) que cruzam os rios. As redes que interfiram no escoamento natural do canal deverão ser realocas pela operadora dos serviços de água e esgoto.

12.4. Medidas Não Estruturais

12.4.1. *Reservatórios de Detenção para Loteamentos Privados*

A implantação empreendimentos e loteamentos poderá causar o aumento de áreas impermeáveis na sub-bacia. Para novos loteamentos é necessário o cálculo da vazão de pré-desenvolvimento, isto é, a vazão que corresponde às condições mais próximas da situação natural. Um novo empreendimento não deverá gerar vazão pluvial maior que a vazão antes da implantação do empreendimento. Desta forma, a vazão específica de pré-desenvolvimento deverá ser mantida.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

$$qn = \frac{Q}{A}$$

Onde:

qn = vazão específica de pré-dimensionamento (l/s.ha);

Q = vazão máxima de pré-desenvolvimento para um TR de 10 anos (l/s);

A = área da bacia (ha).

Para cada sub-bacia estudada, é apresentada a vazão específica. Sendo assim, toda ocupação que resulte em superfície impermeável na sub-bacia deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de águas pluviais menor que vazão específica da sub-bacia. A vazão máxima de saída é calculada multiplicando-se a vazão específica pela área do terreno em hectares.

$$Qmax = qn \times A$$

As vazões que excederem o valor de do Q_{max} devem ser armazenadas em reservatórios dimensionados para conter os volumes específicos de controle. No Manual de Drenagem deste Plano serão apresentados os métodos de cálculo para o reservatório de detenção necessária de acordo com a área do empreendimento.

Para a bacia do Arroio dos Pereiras a vazão máxima de pré-dimensionamento para o TR 10 é de 14.541 l/s e a área de drenagem da sub-bacia 375 hectares. Desta forma:

$$qn = \frac{14.541}{375} = 37,78 \frac{l}{s.ha}$$

Sendo assim, toda ocupação que resulte em superfície impermeável na sub-bacia do Arroio dos Pereiras deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de águas pluviais igual a 37,78 l/s.ha. A vazão máxima de saída é calculada multiplicando-se a vazão específica pela área do terreno em hectares.

$$Qmax = qn \times A$$

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

As vazões que excederem o valor de 37,78 l/s.ha devem ser armazenadas em reservatórios dimensionados para conter os volumes específicos de controle.

Para as demais bacias foi também calculada a vazão máxima de saída e estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Vazão específica

Sub-bacia	q_n (l/s.ha)
Alto Antas	36,64
Bonito	25.43
Cascata	20,06
Do Meio	29,37
Pereiras	37,78
Médio Antas	52,89
Nhapindazal	40,40
Baixo Antas	18,22
Riozinho	17,29

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

12.4.2. *Retenção na Fonte*

O estabelecimento de sistemas de drenagem na fonte tem como solução contribuir para o equilíbrio hídrico antes da ocupação; estes podem ser realizados por meio da implantação de poços de infiltração de águas pluviais (Figura 28).

Esta forma de drenagem na fonte consiste em um poço escavado no solo, o qual pode ser revestido por manta geotêxtil, completo por uma camada de agregados graúdos, revestido por tubos de concreto perfurados ou tijolos assentados em crivo. Ao utilizar-se desta forma de drenagem na fonte, a água da chuva é captada e lançada no poço de infiltração. No poço, o volume de água captado é escoado para o solo; somento após a redução da capacidade de absorção do solo e preenchimento no poço pela água captada, esta é lançada no sistema público de drenagem por meio de extravasores (REIS *et al.*, 2008). Os poços de infiltração podem ser instalados acima do nível da via pública (Figura 29).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

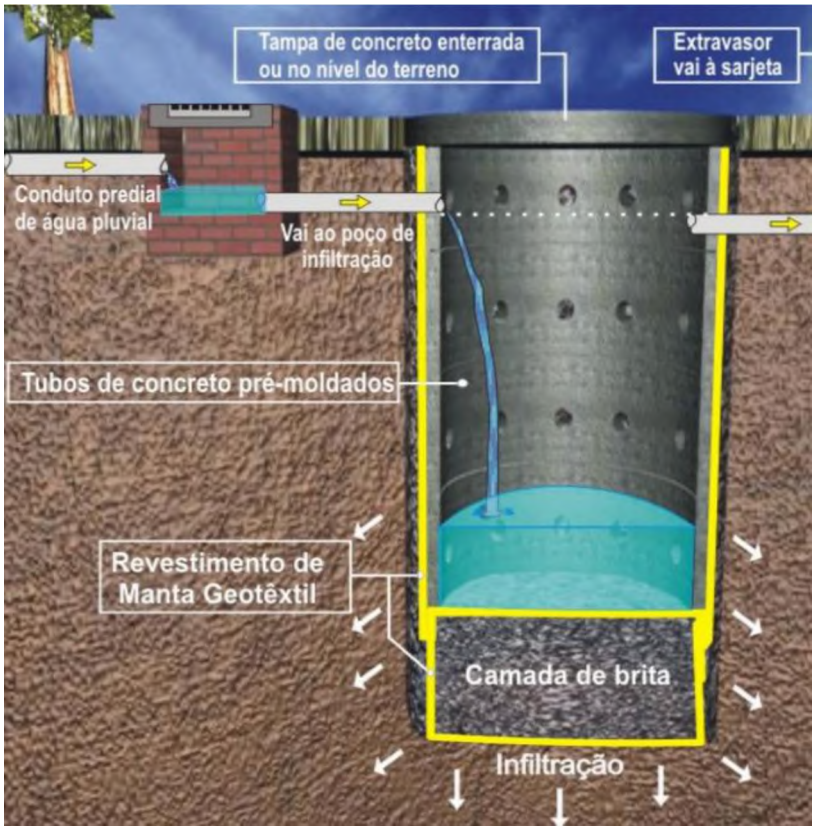


Figura 28 - Sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração.

Fonte: Reis et al., 2008.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

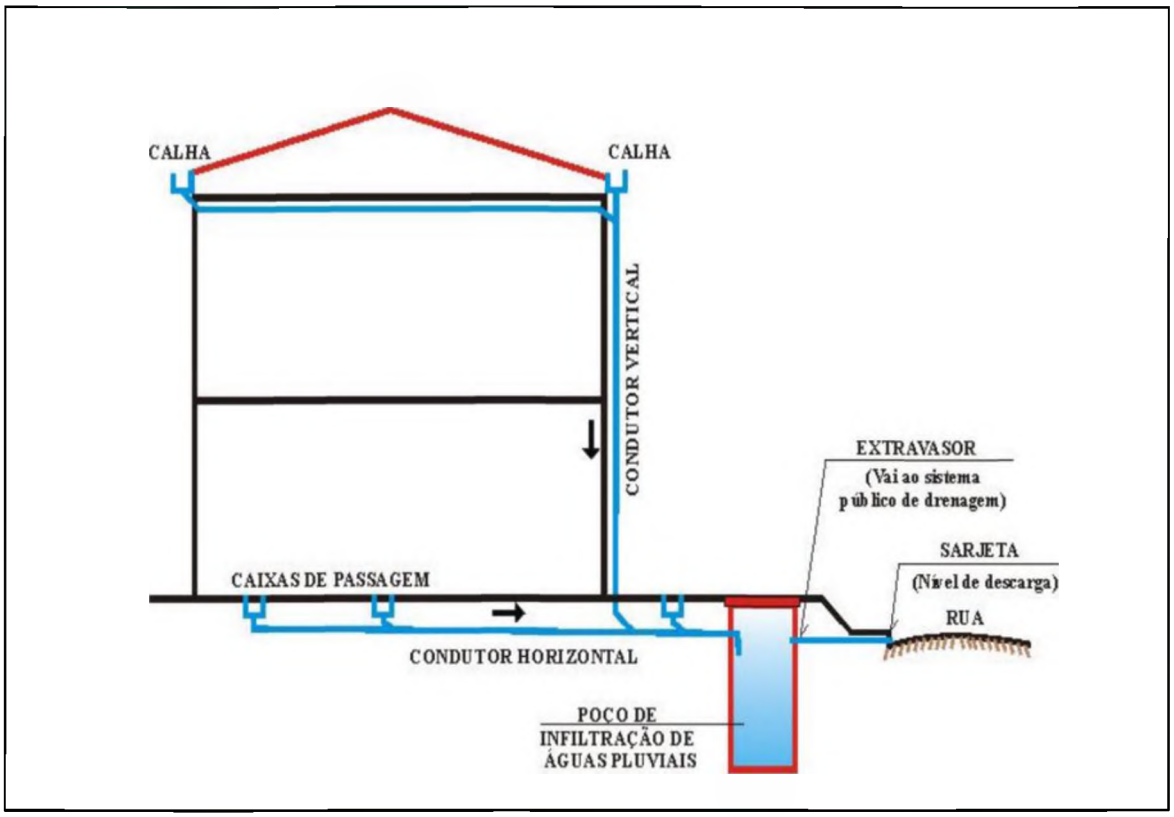


Figura 29 - Esquema do sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração, para casos de implantação acima do nível da via pública.

Fonte: Reis *et al.*, 2008.

Para a utilização de um sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração instalado abaixo no nível da via pública (Figura 30) são necessárias algumas modificações na configuração do sistema, como por exemplo, a instalação de um conjunto moto-bomba. Para a instalação de conjuntos abaixo do nível da via pública, recomenda-se que o poço de infiltração esteja a uma profundidade mínima ao passo em eu o peso do solo acima da tampa garanta a estanqueidade na tampa do poço de infiltração, e que sua tampa fique abaixo do nível do fundo das caixas de passagem localizadas no subsolo. Pode-se também utilizar argamassa para o assentamento da tampa do poço de infiltração para garantir a vedação. A disposição de tubos e conexões para o direcionamento da água pluvial também podem interferir no desempenho de poços de infiltração instalados em subsolos de edifícios. Dentre as configurações de tubos e conexões apresentadas na Figura 30, as configurações 2 e 3 apresentam maior eficiência por permitirem maior escoamento da água pluvial para o poço de infiltração (REIS *et al.*, 2008).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

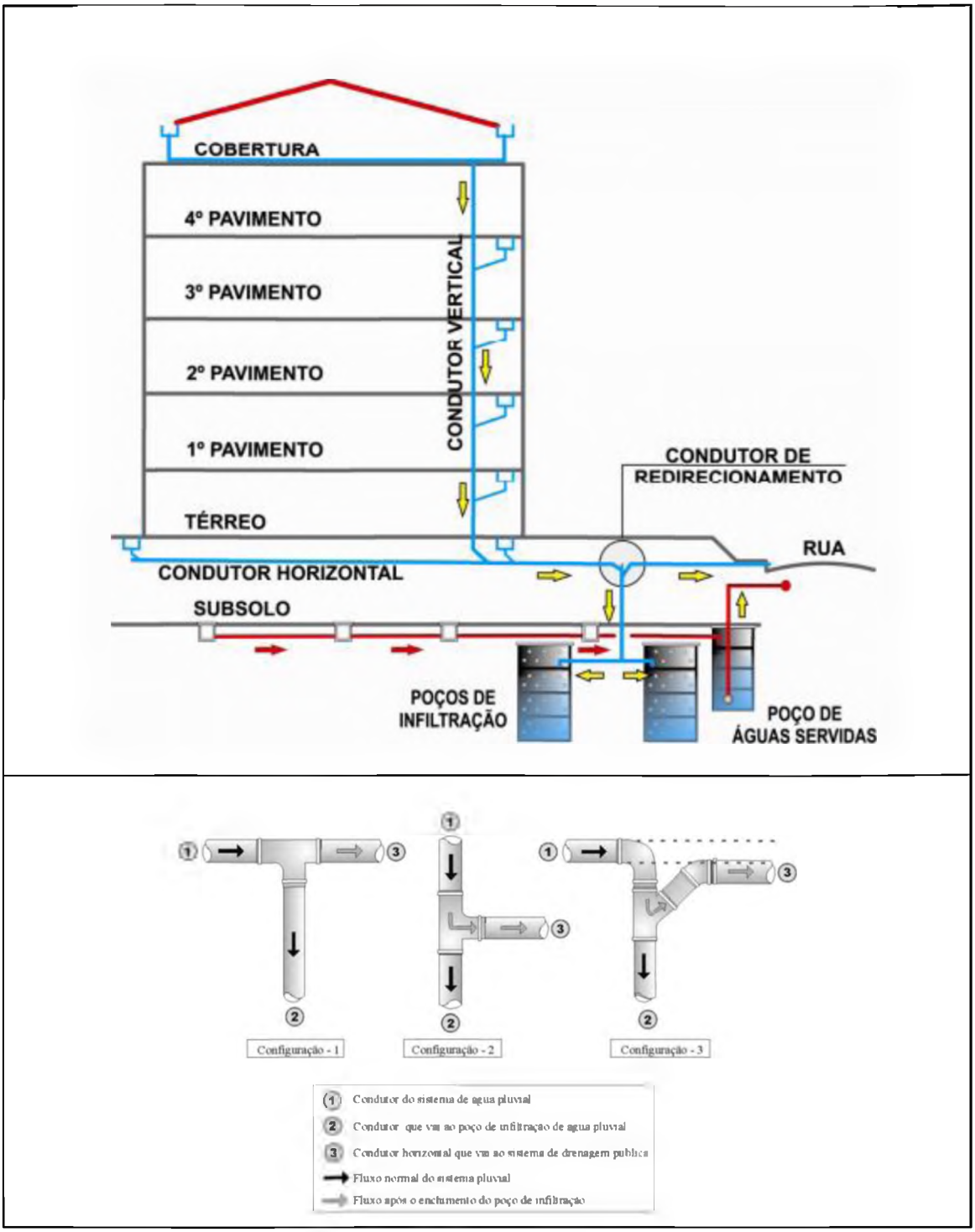


Figura 30 - Esquema do sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração, para casos de implantação abaixo do nível da via pública.

Fonte: Reis *et al.*, 2008.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Segundo REIS *et al.* (2008), para a execução de poços de infiltração, na fase de planejamento de sistemas de drenagem na fonte, é necessário realizar o levantamento dos parâmetros locais, tais como:

- Nível do lençol freático mais elevado no período sazonal;
- Classificação e caracterização dos índices físicos do solo local;
- Perfil do solo até a profundidade correspondente ao sistema de infiltração;
- Coeficiente médio de permeabilidade (k);
- Taxa média de infiltração (I) do solo;
- Potencial de colapsibilidade do solo;
- Tempo de retorno (T);
- Tempo de concentração (t_c);
- Índices pluviométricos regionais (i);
- Áreas de contribuição e coeficiente de escoamento superficial (c);
- Vazão de projeto (Q);
- Determinação e quantificação da carga poluidora das águas superficiais.

Estes parâmetros propostos por REIS *et al.* (2008) fornecem os subsídios necessários para a concepção do sistema de drenagem na fonte por meio de poços de infiltração, como:

- Diâmetro do poço de infiltração;
- Profundidade máxima do sistema de drenagem;
- Número de unidades necessárias;
- Capacidade de amortecimento; e
- Tempo de esvaziamento.

Na Manual de Drenagem Urbana de Irati serão apresentados os tipos mais utilizados de retenção na fonte e a sua forma cálculo.

12.4.3. *Revisão de Parâmetros de Uso do Solo*

O zoneamento é um instrumento legal de regulação de uso do solo por meio de partições espaciais às quais se conferem possibilidades ou proibições que podem estar

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

associadas aos parâmetros de uso, como a menor área do lote, a densidade de ocupação e as taxas de impermeabilização permitidas.

Para todas as sub-bacias deverá ser o revisto o parâmetro de uso do solo previsto no Plano Diretor de Irati. Essa revisão deverá considerar a vazão específica de cada sub-bacia.

12.4.4. *Criação de Áreas de Restrição de Uso*

Como exemplos de restrição de áreas de interesse para a gestão de águas pluviais estão as áreas destinadas para as bacias de detenção/retenção, os mananciais de captação ou zonas de interesse para o favorecimento de processos de infiltração de águas pluviais (sub-bacias não urbanizadas).

Segundo Barraud, no Brasil, é comum que as áreas com restrição de ocupação legal sejam ilegalmente ocupadas, particularmente por população de baixa renda e é importante que as iniciativas de restrição de ocupação sejam seguidas pela implantação de equipamentos de interesse coletivo, como os destinados ao controle de águas pluviais, áreas verdes, praças e parques.

12.4.5. *Desocupação de áreas*

As ocupações irregulares nas áreas de interesse ambiental como APP's e encostas podem resultar em diversos problemas, tanto na questão ambiental como na social.

A planície de inundação é toda a área à margem de cursos d'água que fica inundada durante as cheia, também conhecida como várzea e nas enchentes torna-se o leito do rio. Cunha (2001) cita que as atividades humanas podem modificar o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. Atividades como construções de casas, desmatamento das margens e práticas agrícolas podem modificar o "ir e vir" dos sedimentos que os rios transportam.

Os valores pagos nas desapropriações representam uma porcentagem significativa do orçamento dos municípios e dos estados brasileiros. Muitas vezes, o valor de uma superindenização de desapropriação de terra equivale ao orçamento geral de um ou mais

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

mandatos políticos de uma instância de governo. Entretanto, pode ser uma das soluções para garantir o direito à moradia, reduzindo a ocupação irregular de áreas de risco, e o acesso da população mais carente à terra urbanizada.

Alguns casos de desapropriação admitem a imissão provisória na posse do valor ofertado pelo expropriante, porém, julga-se necessária uma avaliação judicial preliminar para se atribuir um valor ao bem expropriado. Se a expropriação apresentar o não cumprimento da função social da propriedade, está tem seu regramento próprio e é entendida como desapropriação-sanção.

Porém, sendo a desapropriação com fins de atender o planejamento urbano, o valor da indenização deve ser o valor de mercado, incluído ainda dos valores que o expropriado deixou de ganhar se fizesse uso do imóvel. Devido ao alto custo, uma alternativa é restringir as desapropriações às áreas de preservação permanente e/ou às áreas de alto risco com impossibilidades de ocupação.

A Tabela 6 apresenta o resumo das medidas propostas por sub-bacia.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 6 – Resumo das medidas propostas por sub-bacia

Sub-bacia	Medidas Estruturais				Medidas Não Estruturais			
	Canalização	Bacias de Detenção/Retenção	Limpeza/Desobstrução de rios	Relocação de Interferências	Exigência de dispositivos de retenção na fonte (lotes)	Revisão Parâmetros de uso do solo	Criação de áreas de restrição de uso	Desocupação de áreas
Alto Antas		X	X	X	X			
Bonito					X	X		
Cascata					X	X		
Do Meio		X			X			
Pereiras	X	X		X	X	X		X
Médio Antas	X				X			
Nhapindazal					X		X	
Baixo Antas			X		X			
Riozinho			X		X	X		

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

13. ANÁLISE BENEFÍCIO-CUSTO

Para a definição das medidas foram realizados estudos amplos das soluções possíveis. As medidas que preveem a detenção dos escoamentos podem trazer benefícios adicionais, tendo em vista que pode associá-las à implantação de áreas de lazer, como o Parque Linear. As soluções combinadas, como bacias de detenção e a canalização podem ser muito interessantes dependendo das condições existentes no contorno.

13.1. Avaliação Econômica das Alternativas

Custos

Os custos dos sistemas de drenagem urbana, de modo geral, envolvem três partes: investimento, operação e manutenção e riscos.

- Os investimentos se referem aos valores necessários para estudos, projetos, levantamentos, construção, desapropriações e indenizações;
- A operação e manutenção incluem as despesas de mão de obra, equipamentos, combustíveis e outras, relativas à execução dos reparos, limpezas, inspeções e revisões necessárias durante a vida útil da estrutura;
- O custo dos riscos serve para comparar soluções com diferentes graus de atendimento. Na drenagem urbana, as soluções atendem diferentes tempos de retorno de projeto. Os valores correspondem aos danos não evitados, ou seja, aos danos residuais relativos a cada tempo de retorno atendido. Pode ser medido tanto pela estimativa dos danos, como pelos custos de recuperação da área afetada.

Os custos podem ser diretos ou indiretos:

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- Custos diretos: envolvem obras civis, os equipamentos elétricos e mecânicos, a relocação das interferências, as desapropriações, manutenção e operação. São diretamente alocáveis às obras, de quantificação simples, com base na elaboração de um projeto detalhado e no cadastro das redes de infraestrutura existentes. Os custos de manutenção podem ser estimados mediante previsão da periodicidade e equipes e/ou equipamentos necessários para a realização desses serviços;

- Custos indiretos: são relativos à interrupção de tráfego, aos prejuízos ao comércio, às adequações necessárias, ou aos danos não evitados no sistema de drenagem a jusante no período construtivo e durante a vida útil da obra. Dessa maneira é possível ressaltar os benefícios inerentes às alternativas que envolvem menos prazos de construção e/ou que causam menos interferências com o sistema existente. A quantificação dos custos das obras de adequações hidráulica da canalização a jusante pode tornar-se complexa, especialmente para bacias de drenagem de grandes dimensões. Entretanto, a verificação da sua necessidade e a quantificação dos custos envolvidos, mesmo em caráter preliminar, possibilitam uma considerável contribuição na escolha da solução mais indicada.

Para a determinação preliminar dos custos das obras e equipamentos, utilizam-se tabelas de custos unitários de obras e serviços especializados de engenharia.

Benefícios

A quantificação dos benefícios da implantação de uma obra de drenagem urbana é uma das atividades mais complexas do seu planejamento, porque a clareza dos benefícios é restrita. Um dos pontos mais adotados é quantificação dos danos evitados a bens e propriedades, atrasos nas viagens, prejuízos no comércio e serviços, e outros.

Segundo Barth (1997) e James e Lee (1971), os danos decorrentes das inundações podem ser classificados em (1) diretos: são as perdas de bens e serviços que podem ocorrer como consequência do contato direto com a inundação. Sua avaliação é feito pelo custo de reposição, reparo e recuperação da área atingida. São estimados a

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

partir de dados históricos levantados na área inundada em estudo ou, mais expeditamente, por meio de fórmulas empíricas definidas para situações de inundação similares; e (2) indiretos: ocorrem na área inundada, como por exemplo, na paralisação de atividades econômicas e de serviços públicos, na perda de horas de trabalho daqueles que residem na área, no custo adicional de transporte para circundar áreas inundadas, nos gastos com atendimento, pelos percentuais definidos em levantamentos realizados em vários episódios de inundações pesquisados.

13.1.1. *Análises Econômicas Comparativas*

Para a definição de uma medida de controle de enchentes ser realizada, uma análise comparativa entre as alternativas, envolvendo aspectos técnicos, econômicos, sociopolíticos, institucionais e ambientais. Para os aspectos econômicos é possível aplicar um método racional que possibilite classificar as alternativas quanto à sua atratividade econômica, com uma solução de custo mínimo.

Análises Tipo Benefício-Custo

A análise de beneficio/custo deve ser sempre efetuada com bastante bom senso. A apuração dos custos e dos benefícios deverá ser bastante discutida para não haver equívocos.

Recomenda-se a análise econômica do tipo benefício-custo nos projetos de macrodrenagem em áreas urbanas, visando entre outros aspectos, definir em bases racionais os riscos de projeto a assumir, considerando as características específicas de cada problema; comparar soluções alternativas, possibilitar a quantificação econômica dos custos e benefícios esperados, sempre necessária para verificar a viabilidade e também como subsídio à solicitação de financiamentos; e fornecer elementos aos órgãos decisórios para permitir o estabelecimento de prioridade de investimentos.

A determinação dos custos e benefícios de cada alternativa ou projeto será descrita: porém cabe enfatizar que, sendo os eventos hidrológicos de natureza probabilística, os custos e benefícios devem sempre ser calculados monetariamente pelo valor esperado. Do ponto de vista econômico, os custos do projeto não devem exceder os

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

benefícios tangíveis. As relações do tipo benefício-custo para se obter a viabilidade econômica de projetos resumem-se a:

$$Máx \left[\frac{Benefícios}{Custos}\right]$$

As relações de comparação entre benefícios e custos podem ser utilizadas tanto para determinar a melhor dimensão de um sistema de drenagem urbana, como para definir a mais atraente entre as diversas alternativas possíveis.

No Produto 4 - Relatório do Prognóstico da Drenagem Urbana será apresentado a Avaliação dos benefícios esperados para cada etapa do Programa.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

14. ANTEPROJETOS

Anteprojeto é a etapa intermediária do projeto arquitetônico que consiste em uma configuração da proposta. É formado por um conjunto de desenhos que representam o projeto com maior clareza e personalidade.

Os anteprojetos de medidas de controle estruturais estão apresentados considerando os estudos hidrológicos para os cenários atual e futuro apresentados no Produto 2. No dimensionamento da vazão de um ponto, a área que deve ser utilizada é a área de influência de um dado ponto específico da exutória da bacia. Será apresentado o método utilizado para o cálculo de vazões para projetos de drenagem para pequenas bacias.

14.1. Canalização Arroio dos Pereiras

A canalização do Arroio dos Pereiras vem complementar a primeira parte do projeto e visa solucionar o problema de inundações na região de jusante do Arroio dos Pereiras que já recebeu a contribuição de toda a sub-bacia.

O levantamento topográfico do terreno onde será implantado o canal retangular em concreto se encontra na Figura 31. O canal projetado pretende unir a Fase 1 do Canal Hídrico com o Rio das Antas, com forma retangular.

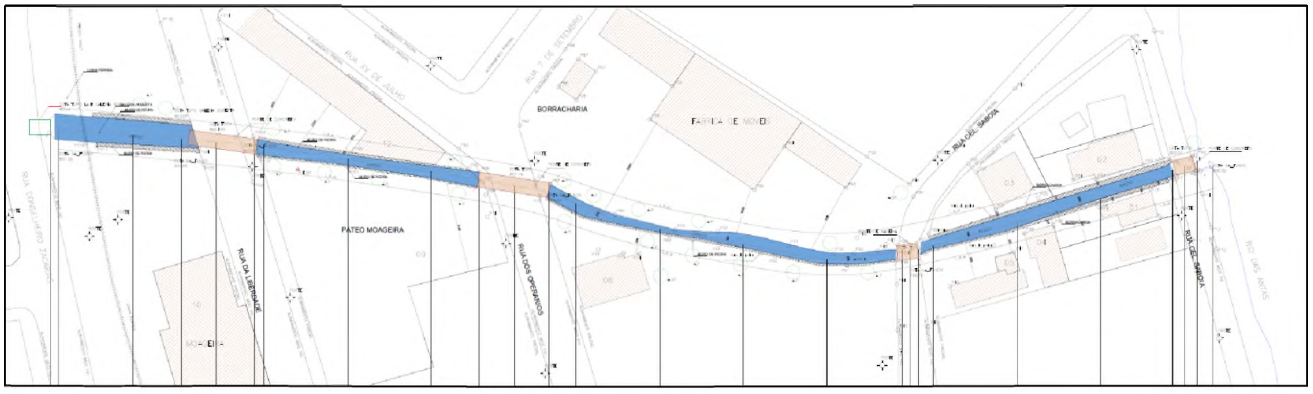


Figura 31 – Levantamento topográfico para área Arroio dos Pereiras

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Definiu-se 3 seções de interesse no canal onde se pode extrair medidas de dimensionamento: entrada no canal na Rua da Liberdade, Ponte na Rua dos Operários, Ponte na Rua Coronel Sabóia além do lançamento no Rio das Antas. A localização das seções está apresentada na Figura 32.

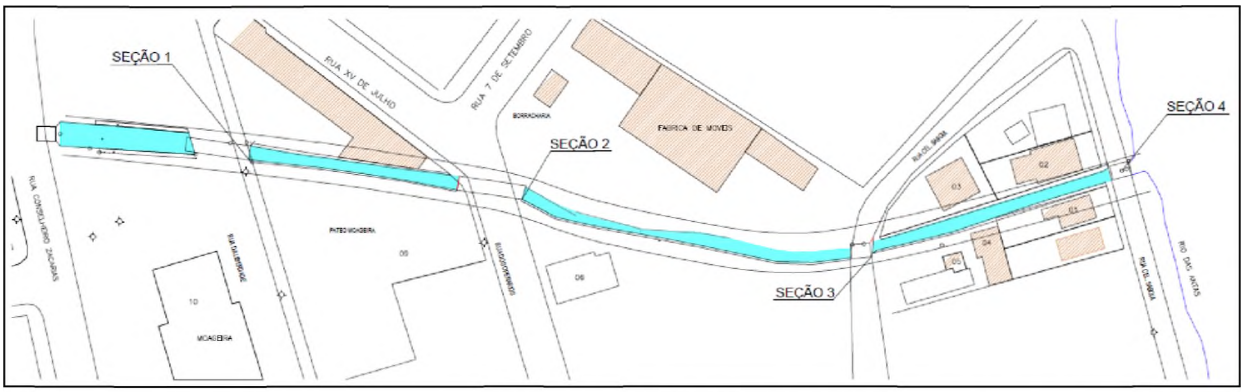


Figura 32 – Seções de interesse para o dimensionamento do canal

Foi considerada uma seção retangular de largura (*b*) e altura (H) constante e nível de água (*h*) variável, como pode ser observado na Figura 33.

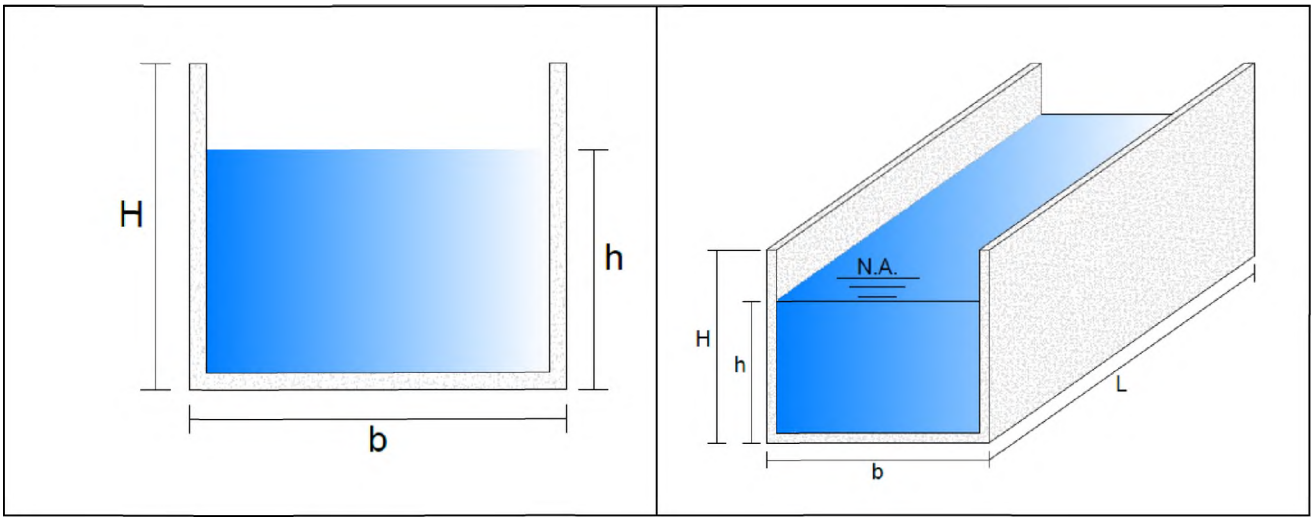


Figura 33 - Medidas de dimensionamento para seções do canal retangular em concreto

Para tal considerou-se o canal de revestimento em concreto em boas condições com coeficiente de rugosidade de Manning (n) de 0,014. A declividade do canal (S) foi estimada pela diferença entre as cotas de fundo inicial e final pelo comprimento do canal de cada trecho. A Tabela 7 apresenta as dimensões do canal retangular.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 7 - Dimensões dos trechos canal retangular em concreto projetado

TR 100 ANOS			
Parâmetro	**TRECHO 1 Entrada R. da Liberdade**	**TRECHO 2 Ponte R. dos Operários**	**TRECHO 3 SEÇÃO 1**
Vazão Pico (m³/s)	72,34	75,12	75,96
Largura b (m)	7,00	7,00	7,00
Nível de água h (m)	1,72	1,79	1,81
Altura H (m)	2,22	2,29	2,31
Comprimento L (m)	85,74	91,00	61,32
Declividade (m/m)	0,028	0,015	0,040
Cota inicial (m)	801,418	799,006	797,758
Cota final (m)	799,006	797,758	795,220
Perímetro Molhado (m)	10,45	10,57	10,62
Área Molhada (m²)	12,05	12,52	12,66
Raio Hidráulico (m)	1,15	1,18	1,19
Velocidade (m/s)	6,00	6,00	6,00
Altura Crítica (m)	2,20	2,25	2,27
Número de Froude	3,21	2,33	2,84

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Um caso comum em estudos e projetos é a canalização que desemboca num receptor de maior porte, cujos níveis de cheia podem provocar remanso na linha d´água do trecho canalizado, reduzindo sensivelmente, com essa influência, a capacidade de veiculação de vazões no canal projetado.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Essa situação ocorre no Arroio dos Pereiras devido ao nível de água que o Rio Altas pode alcançar, impondo uma lâmina de água no canal de 4,0 m. Desta forma foi realizado o cálculo do remanso no canal do Arroio dos Pereiras. Foram definidos trechos em cada um deles a lâmina d'água varia 0,14 cm de aumento no nível da água. Na seção de jusante, a lâmina da água imposta pelo Rio das Antas de 4,00 m e na seção de montante a lâmina da água calculada de 1,80 m. A Tabela 8 apresenta o cálculo do remanso no canal projetado do Arroio dos Pereiras.

Tabela 8 – Cálculo do remanso no canal projetado

SEÇÃO	x (m)	h (cm)	H (cm)
1	0,00	180	230
2	37,20	235	285
3	37,73	248	298
4	38,74	262	312
5	40,12	276	326
6	41,80	290	340
7	43,73	304	354
8	45,85	317	367
9	48,14	331	381
10	50,58	345	395
11	53,13	349	399
12	55,78	372	422
13	58,51	386	436
14	61,32	400	450

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Com o cálculo é possível observar que o remanso inicia em 37,20 metros após o inicio do Trecho 3. Ou seja, do Rio das Antas a jusante, o remanso chega a 24 metros a montante do canal. A Figura 34 apresenta o perfil da linha d'água no canal.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

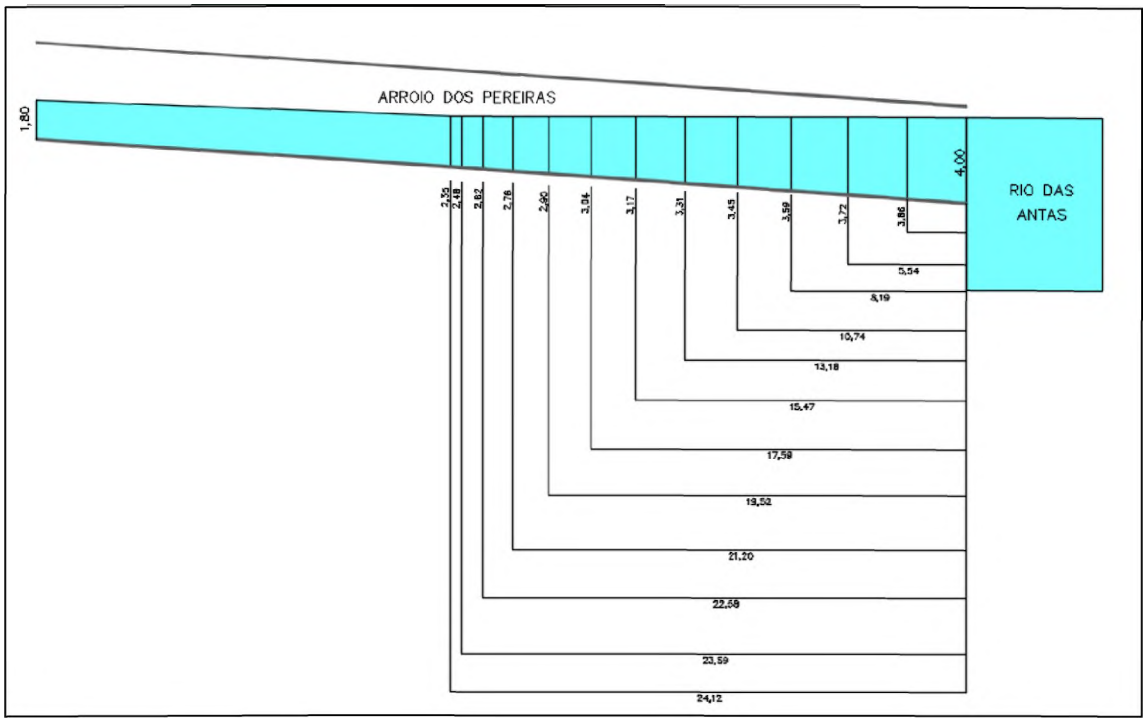


Figura 34 - Perfil da linha d 'água no interior do canal

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Frequentemente, a ampliação da seção do canal não soluciona o problema, já que o nível d'água de jusante, no caso o Rio das Antas é o condicionante de projeto.

14.1.1. *Estimativas de custos*

Devido à inexistência de projeto executivo, os custos foram estimados de acordo com curvas paramétricas de preços e frente ao resultado de licitações com objeto similar – para tanto, foram consideradas as licitações mais recentes possíveis, ocorridas no mercado nacional, em municípios de porte equivalente. Além disso, estudos referenciais também foram consultados para compor uma estimativa que, embora não traga precisões, demonstra a magnitude dos investimentos a serem realizados pelo município. Todos os valores de referência, anteriores a 2018, foram corrigidos pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE. A Tabela 9 apresenta a estimativa de custos.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 9 – Estimativa de custos para o canal Arroio dos Pereiras

Item	Discriminação	Unidade	Preço Unitário Global (R$)	Quantidade	Valor total
1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**				
1.1	Levantamento planialtimétrico de seções transversais, a partir do eixo básico existente, destinado a projetos de estradas, adutoras, irrigação, canalização e assemelhados com representação na escala entre 1:100 e 1:250	m²	8,17	1.636	R$ 13.366,12
1.2	Fornecimento de equipe de topografia composta de 1 técnico, 2 auxiliares, 1 Estação Total classe 2, 1 nível classe 2, trena, demais acessórios usuais, veículo, inclusive cálculo e desenho executados pela equipe na obra.	Equipe/dia	5.700,00	5,00	R$ 28.500,00
2	**MOVIMENTAÇÃO DE TERRA**				
2.1	Escavação mecanizada prof até 4,0 com embaraço d'água (retroescavadeira + mão de obra)	m³	22,58	6.000	R$ 135.480,00
2.2	Reaterro compactado mecanicamente em camadas de 0,20 m com aproveitamento do material escavado (equipamento + mão de obra)	m³	10,20	2.500	R$ 25.500,00
2.3	Remoção do material escavado em caminhão basculante, até 10,0 km, inclusive carga mecânica e descarga..	m³	31,00	3.500	R$ 108.500,00
3	**CANALIZAÇÃO EM CONCRETO ARMADO**				
3.1	Concreto armado moldado in loco Fck=20MPa – inclusive preparo e lançamento (espessura fundo e paredes 0,20 m)	m³	1.300,00	600	R$ 780.000,00
Total					R$ 1.091.346,12

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

14.1.2. *Considerações*

Para o dimensionamento do canal foram utilizadas técnicas consagradas empregadas usualmente em projetos de drenagem urbana. Todo o equacionamento apresentado se refere a escoamentos em regime uniforme e permanente, quando o a altura h, a vazão Q e a velocidade V são constantes no tempo, e ao longo do percurso, com o escoamento ocorrendo em condutos livres, nos quais parte do canal fica em contato com a atmosfera, com borda livre. Foi considerado também que não existam interferências e estrangulamentos na extensão do canal e a possibilidade de desapropriação nas casas a jusante do canal, próximas ao Rio das Antas. Além disso:

- Foram realizadas visitas no local de implantação para reconhecimento da área;
- A escolha da seção-tipo levou em consideração a faixa para sua implementação;
- Foi verificada a velocidade limite para o tipo de revestimento a ser empregado;
- Foi verificada a elevação da linha d'água provocada pela perda de carga na jusante do canal.
- As obras de canalização devem ser realizadas de jusante para montante para evitar inundações e erosões em casos de precipitação intensa durante a obra.
- O memorial de cálculo de dimensionamento encontra-se em arquivo xls. e as plantas e desenhos em folhas formato A1 em Anexo a este relatório.

14.2. Bacias de Detenção/Retenção

Nesse item são apresentados os elementos necessários ao pré-dimensionamento hidráulico das bacias de detenção/retenção, essencialmente a determinação do volume de armazenamento.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

A Tabela 10 apresenta o resumo das Bacias previstas em Irati. O Volume de armazenamento estimado levou em consideração uma lâmina d'água de 1 metro de altura. Durante o projeto executivo esse volume deverá ser reavaliado de acordo com os levantamentos topográficos realizados.

Tabela 10 – Resumo das bacias previstas em Irati

Bacia	Área de Drenagem	Área Disponível	$Q_{de\ pico\ atual}$	$Q_{de\ pico\ futuro}$	Volume de Armazenamento Estimado
Fósforo Paraná	141.000 m²	27.000 m²	144,61 m³/s	154,94 m³/s	27.000 m³
Armando Van Der Lars	2.028.000 m²	9.000 m²	164,13 m³/s	175,85 m³/s	9.000 m³
Campo do Guarani	8.948.038 m²	10.000 m²	22,78 m³/s	29,29 m³/s	10.000 m³
Bosque São Francisco	123.000 m²	15.000 m²	8,60 m³/s	10,10 m³/s	15.000 m³
Mata do Gomes	754.000 m²	46.400 m²	30,91 m³/s	36,29 m³/s	46.400 m³

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

14.2.1. *Estimativas de Custos*

As bacias de detenção/retenção são estruturas que podem apresentar custos significativos, uma vez que podem controlar grandes áreas de drenagem. Sendo assim, tanto os custos de implantação como os de manutenção e operação são bastante variáveis de acordo com o porte e tipo da obra.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Composições de custo desenvolvidas especificamente para as condições brasileiras (Moura, 2004), permitem chegar aos valores médios de custos para diversos tipos de bacias como apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Custos globais de implantação, reconstituição e operação de bacias de detenção.

Bacia	Vida útil (anos)	Custos		
		Implantação (R$/m³)	Reconstituição (R$/m³.ano)	Operação (R$/m³.ano)
Abertas Gramadas	10 -15	92,39	9,52	-
Aberta em Concreto	30	142,75	0,64	-
Enterradas em concreto	30	478,50	4,00	3,72
Infiltração	5 - 10	92,00	13,12	-

Fonte: Adaptado de Moura, 2004

Todos os valores definidos por Moura (2004) referem-se a janeiro de 2000, desta forma todos os valores foram corrigidos pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE. A Tabela 12 apresenta a estimativa de custos por tipo de bacia, considerando uma vida útil de 15 anos.

Tabela 12 – Estimativa de Custos por tipo de Bacia

Bacia	Volume de Armazenamento Estimado	Abertas Gramadas	Aberta em Concreto	Enterrada em Concreto	Infiltração
Fósforo Paraná	27.000 m³	R$ 6.350.130,00	R$ 4.113.450,00	R$ 16.046.100,00	R$ 7.797.600,00
Armando Van Der Lars	9.000 m³	R$ 2.116.710,00	R$ 1.371.150,00	R$ 5.348.700,00	R$ 2.599.200,00

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Bacia	Volume de Armazenamento Estimado	Abertas Gramadas	Aberta em Concreto	Enterrada em Concreto	Infiltração
Campo do Guarani	10.000 m³	R$ 2.351.900,00	R$ 1.523.500,00	R$ 5.943.000,00	R$ 2.888.000,00
Bosque São Francisco	15.000 m³	R$ 3.527.850,00	R$ 2.285.250,00	R$ 8.914.500,00	R$ 4.332.000,00
Mata do Gomes	46.300 m³	R$ 10.889.297,00	R$ 7.053.805,00	R$ 27.516.090,00	R$ 13.371.440,00

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2018.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSI F. KOKOT P. J. GOMES J. Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso. Curitiba, v. 3 , n. 1, p. 139-156, 2006.

BARRAUD, S. BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2015.

CARVALHO, J. A. Obras Hidráulicas. Lavras: UFLA, 2000. 210 p. Apostila.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.) Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.

DAEE – departamento de Águas e energia Elétrica de SP. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de SP. Drenagem Urbana 2a ed. DAEE/CETESB, São Paulo, 1980.

MENDES, Carlos André Bulhões; CIRILO, José Almir. Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios. Integração e Aplicação. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.

MOURA, P.M. Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: <http://mapas.google.com>. Consulta realizada em 08/11/2018.

REIS R. P. A., OLIVEIRA, L. H., SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 99-117, Porto Alegre, abr/jun 2008.

TUCCI, C. E. M - Hidrologia. Ciência e Aplicação. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 4ª Edição. Porto Alegre. 2007.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada, Editora Mc Graw Hill, 245p, São Paulo, 1975.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

ANEXO I – DESENHOS CANAL PEREIRAS

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

ANEXO II – AUDIÊNCIA PÚBLICA

A Audiência Pública do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati foi realizada no dia 21 de novembro de 2018 às 13h30min na Câmara Municipal de Irati.

Os Engenheiros André Malheiros e Bruno Camargo da equipe da Ferma Engenharia apresentaram o Diagnóstico e Prognóstico da Drenagem Urbana e as medidas propostas por sub-bacia de estudo.

Após a apresentação da Equipe Técnica, foi aberta a palavra aos participantes da audiência.

Sr. Luiz Carlos Pontes - Morador de Irati

Relatou que a Avenida Bento Munhoz da Rocha não possui rede de drenagem o que ocasiona alagamentos, mesmo em eventos de pouca precipitação.

Edison – Sanepar

Deu exemplo de retenção na fonte utilizado na França e ressaltou a falta de fiscalização nas obras do município. Além disso, sugeriu a implantação de uma bacia de detenção onde hoje fica a ETE Cansianas e isenção de impostos nas construções consolidadas que implantarem retenção.

Jeferson – Jornalista

Perguntou o que as interferências da SANEPAR causam no escoamento dos rios.

Professor Laerte – Unicentro e Colégio Florestal

Colocou a disposição a equipe da Associação dos Engenheiros Florestais. Perguntou se é prevista a vegetação nas bacias de detenção.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

José Tadeu Smolka – Arquiteto/Morador de Irati

Sugeriu que fossem propostas todas as medidas não estruturais em todas as sub-bacias e não fossem feitas canalizações. Na manutenção de vias públicas fossem implantadas bacias de detenção subterrânea. Para os loteamentos existentes, incluir no prazo imediato de planejamento a adoção de sistemas de retenção na fonte.

Sandra – Moradora de Irati

Pediu a verificação de seu loteamento que hoje consta como área de nascente, porém há muitos anos que apenas é a drenagem natural que existe.

Os questionamentos e solicitações serão analisados e incluídos no Programa Municipal de Drenagem. Abaixo, estão apresentadas as imagens da Audiência.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/













Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/













Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



A lista de presença da audiência esta apresentada abaixo.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Prefeitura Municipal de Irati
CNPJ 75 654 574/0001-82
Rua Coronel Emilio Gomes 22 - IRATI – PARANÁ – CEP 84500-000
Fone (042) 3132- 6111

Lista de presença – Audiência Pública – 21/11/2018
Local Câmara de Vereadores de Irati
Assunto– Plano de drenagem urbana referente ao contrato de repasse entre Prefeitura Municipal de Irati e o Ministério das Cidades- contrato de repasse 868/2011 966/2018

Nome	Instituição	Telefone	Email
EDISON A. MUNIZ LUIS	SANEPAR	2104-3012	edisonmr@sanepar.com.br
LEANDRO DITZEL	S.M.S IRATI	3904-3133	leandro.ditzel@...
RAMON PIRES	AREC	99902-2898	Dires.ena@hotmail.com
RAPHAEL NEVES	ACSPEA	99927-6313	raphael.in@hotmail.com
DANIELE CAVALLI	PMI	99116-6405	dannicavalli@hotmail.com
MARLENA A LOZINSKI	PMI	9994-7122	magil...@hotmail.com
ALVARO R. PRADO	EMILIO B GOMES	11941166970	ALVARO@EMILIOBGOMES.COM.BR
LAÉRCIO P. DE OLIVEIRA	AEFLOR e COL. FLORESTAL	42 9972-5523	laercio_florestal@yahoo...
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
JORGE DEGRO	[illegible]	[illegible]	
JOÃO [illegible]	SEPLAN	[illegible]	JOAOAP...@GMAIL.COM
EDSON LUIS [illegible]	PMI	99916124	
DAGOBERTO [illegible]	[illegible]	[illegible]	
LUIZ [illegible]	SMSP	9989-1552	[illegible]
[illegible]	Corpo de Bombeiros	99993-[illegible]	[illegible]@pm.pr.gov.br
ILF Reinhold	Jornalista		reinholds@uol.com.br
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
PAULO H. SAVA	[illegible]	9842[illegible]	[illegible]
[illegible]	PMI [illegible]	[illegible]	[illegible]

Prefeitura Municipal de Irati
CNPJ 75.654.574/0001-82
Rua Coronel Emílio Gomes, 22 - IRATI – PARANÁ – CEP 84500-000
Fone (042) 3132- 6111

Lista de presença – Audiência Pública – 21/11/2018
Local Câmara de Vereadores de Irati
Assunto– Plano de drenagem urbana referente ao contrato de repasse entre Prefeitura Municipal de Irati e o Ministério das Cidades- contrato de repasse 3683/1031 966/2016

Nome	Instituição	Telefone	Email
Arlene J. P. Carvalho	SOS Amigo Bicho	998745356	
José Maria L. Araújo	ROTARY	999320814	geociarasjosemaria@gmail.c
Luis Antonio Andreassa	PMI	999740156	
Darlon C. Nunes Bohrowski	OSI	99125-2146	
Marcos Antonio de Mattos	OSI	99907-3633	irati@osb.org.br
Amena Souza	PMI	99806 9070	
Cleber Carvalho	Danepan	998367340	CLEBER CI@ Danepan.com.BR.
Luiz Carlos Pontes	Cobrisinte	998441583	luiz.carlos.pontes@Gmail.com
~~Antonio Fonseca~~	~~Particular~~	3423-2776	
Roberto Thoveat	Ambna	999756835	sonianethoveat@ubl.com.br
Maura A. Pauta Santos	IFPR	999859251	maura.pauta@ifpr.edu.br
Sandra Cristina Gluck	AREA/INEA	999287659	sandra.gluck@gmail.com
Fernanda Haber	PMI	998111749	imprensa.irati@gmail.com
Graduandas	estudante	9916 8399	anamaciel@hotmail.com
Gloria Art	//	999225890	Art.ga.br@c...
Marta Colaço			marta.colaco@...
ÂNGELO GADENS	SMMA	998220910	angelogadens@hotmail.com
SÉRGIO LUIS CAETANO	Planejamento	999174277	caetano.ger@bol.com.br
WILLIAN S. DE ANDRADE	SMAEU	999655408	WSANDRADE@Hotmail.com
Jéssica B. R. Bueno	S.M. A.U.	999643317	BUENO.JESS@HOTMAIL.COM
Claudia Cruz Andrade	Planejamento	998106882	claudyandrade@yahoo.com.br

Prefeitura Municipal de Irati
CNPJ 75.654.574/0001-82
Rua Coronel Emílio Gomes, 22 - IRATI – PARANÁ – CEP 84500-000
Fone (042) 3132-6111

Lista de presença – Audiência Pública – 21/11/2018
Local Câmara de Vereadores de Irati
Assunto– Plano de drenagem urbana referente ao contrato de repasse entre Prefeitura Municipal de Irati e o Ministério das Cidades- contrato de repasse 3683/1031 966/2016

Nome	Instituição	Telefone	Email
Rozeilde Lourenço Pinheiro	Seplan	3132-6111	rozeildelourenco@gmail.com
Nan Mark [illegible]	[illegible]	99548 0064	[illegible]
André Luiz [illegible]	FERMA	[illegible]	[illegible]
José Tadeu Smolka	ARIAU	[illegible]	[illegible]
Sybil Dietrich	SMAS	[illegible]	SYBIL DIETRICH[illegible]

1. CANALIZAÇÃO ARROIO DOS PEREIRAS

A canalização do Arroio dos Pereiras vem complementar a primeira parte do projeto e visa solucionar o problema de inundações na região de jusante do Arroio dos Pereiras que já recebeu a contribuição de toda a sub-bacia.

O levantamento topográfico do terreno onde será implantado o canal retangular em concreto se encontra na Figura 1. O canal projetado pretende unir a Fase 1 do Canal Hídrico com o Rio das Antas, com forma retangular.

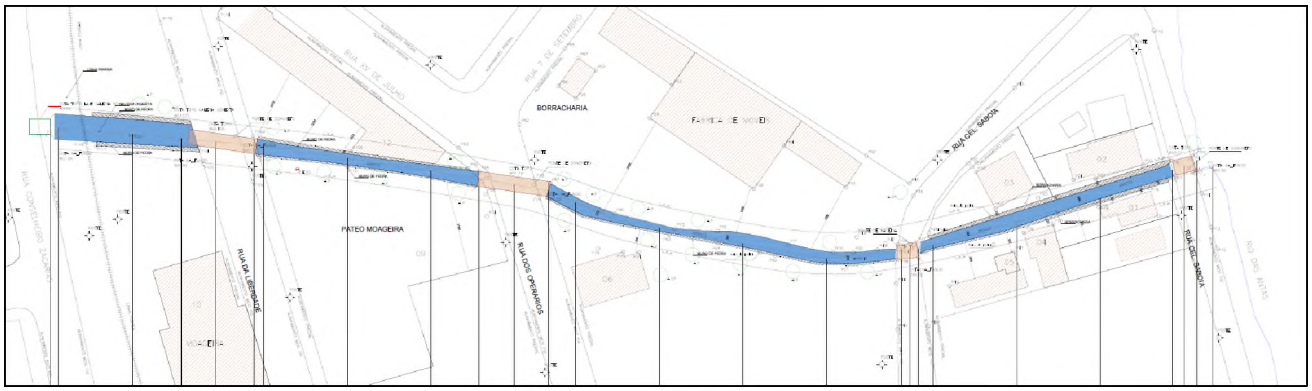


Figura 1 – Levantamento topográfico para área Arroio dos Pereiras

Definiu-se 3 seções de interesse no canal onde se pode extrair medidas de dimensionamento: entrada no canal na Rua da Liberdade, Ponte na Rua dos Operários, Ponte na Rua Coronel Sabóia além do lançamento no Rio das Antas. A localização das seções está apresentada na Figura 2.

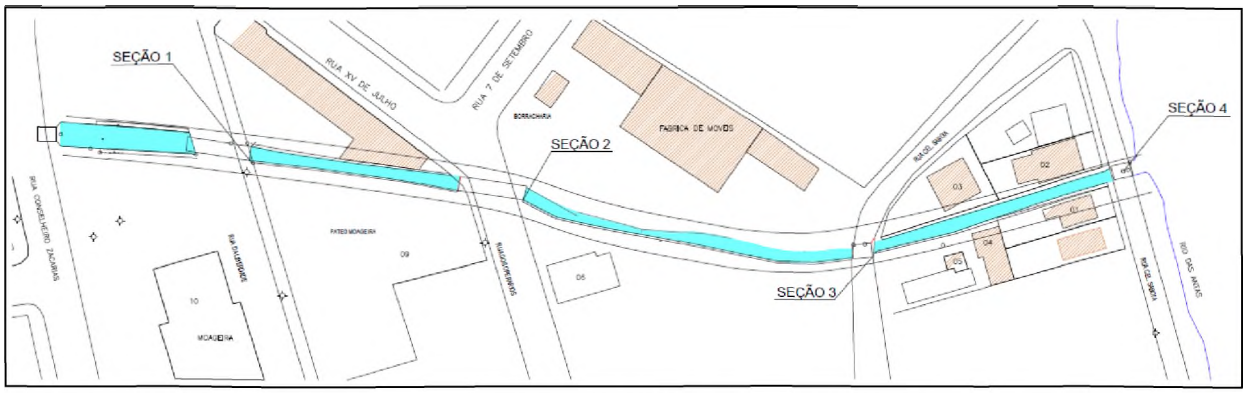


Figura 2 – Seções de interesse para o dimensionamento do canal

Foi considerada uma seção retangular de largura (*b*) e altura (H) constante e nível de água (*h*) variável, como pode ser observado na Figura 3.

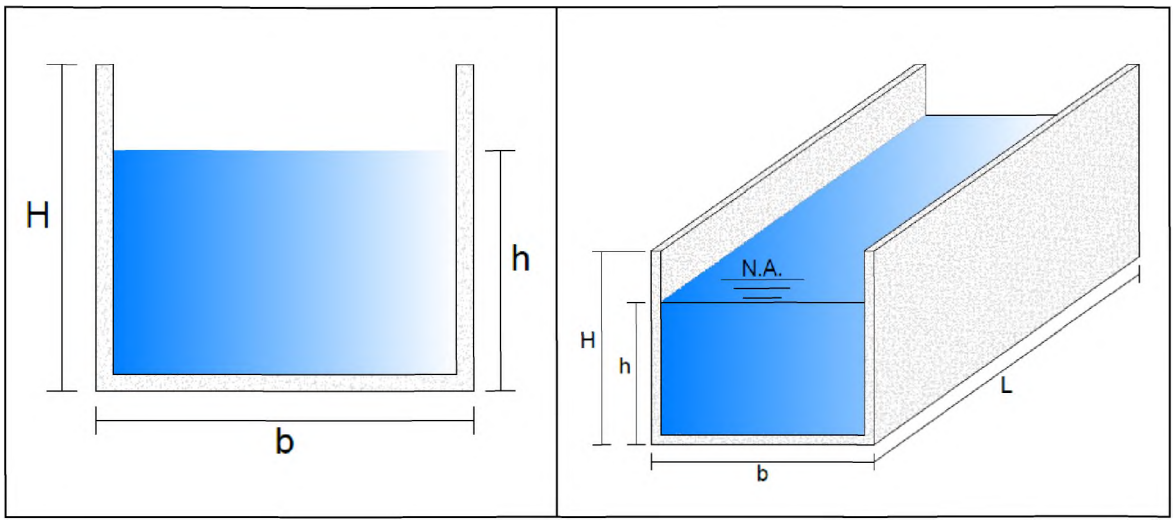


Figura 3 - Medidas de dimensionamento para seções do canal retangular em concreto

Para tal considerou-se o canal de revestimento em concreto em boas condições com coeficiente de rugosidade de Manning (*n*) de 0,014. A declividade do canal (*S*) foi estimada pela diferença entre as cotas de fundo inicial e final pelo comprimento do canal de cada trecho. A Tabela 1 apresenta as dimensões do canal retangular.

Tabela 1 - Dimensões dos trechos canal retangular em concreto projetado

TR 100 ANOS			
Parâmetro	**TRECHO 1 Entrada R. da Liberdade**	**TRECHO 2 Ponte R. dos Operários**	**TRECHO 3 SEÇÃO 1**
Vazão Pico (m^3/s)	72,34	75,12	75,96
Largura b (m)	7,00	7,00	7,00
Nível de água h (m)	1,72	1,79	1,81
Altura H (m)	2,22	2,29	2,31
Comprimento L (m)	85,74	91,00	61,32
Declividade (m/m)	0,028	0,015	0,040
Cota inicial (m)	801,418	799,006	797,758
Cota final (m)	799,006	797,758	795,220
Perímetro Molhado (m)	10,45	10,57	10,62
Área Molhada (m^2)	12,05	12,52	12,66
Raio Hidráulico (m)	1,15	1,18	1,19
Velocidade (m/s)	6,00	6,00	6,00
Altura Crítica (m)	2,20	2,25	2,27
Número de Froude	3,21	2,33	2,84

Um caso comum em estudos e projetos é a canalização que desemboca num receptor de maior porte, cujos níveis de cheia podem provocar remanso na linha d´água do trecho canalizado, reduzindo sensivelmente, com essa influência, a capacidade de veiculação de vazões no canal projetado.

Essa situação ocorre no Arroio dos Pereiras devido ao nível de água que o Rio Altas pode alcançar, impondo uma lâmina de água no canal de 4,0 m. Desta forma foi realizado o cálculo do remanso no canal do Arroio dos

Pereiras. Foram definidos trechos em cada um deles a lâmina d'água varia 0,14 cm de aumento no nível da água. Na seção de jusante, a lâmina da água imposta pelo Rio das Antas de 4,00 m e na seção de montante a lâmina da água calculada de 1,80 m. A Tabela 2 apresenta o cálculo do remanso no canal projetado do Arroio dos Pereiras.

Tabela 2 – Cálculo do remanso no canal projetado

SEÇÃO	x (m)	h (cm)	H (cm)
1	0,00	180	230
2	37,20	235	285
3	37,73	248	298
4	38,74	262	312
5	40,12	276	326
6	41,80	290	340
7	43,73	304	354
8	45,85	317	367
9	48,14	331	381
10	50,58	345	395
11	53,13	349	399
12	55,78	372	422
13	58,51	386	436
14	61,32	400	450

Com o cálculo é possível observar que o remanso inicia em 37,20 metros após o inicio do Trecho 3. Ou seja, do Rio das Antas a jusante, o remanso chega a 24 metros a montante do canal. A Figura 4 apresenta o perfil da linha d'água no canal.

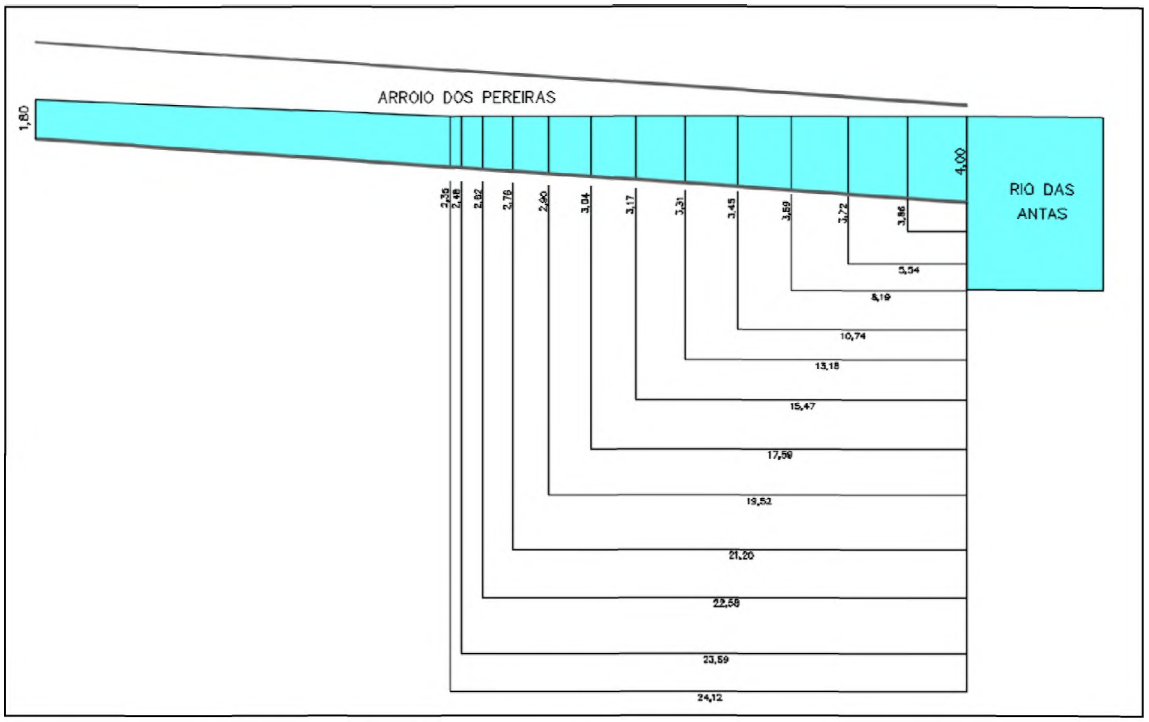


Figura 4 - Perfil da linha d 'água no interior do canal

Frequentemente, a ampliação da seção do canal não soluciona o problema, já que o nível d'água de jusante, no caso o Rio das Antas é o condicionante de projeto.

1.1.1. *Estimativas de custos*

Devido à inexistência de projeto executivo, os custos foram estimados de acordo com curvas paramétricas de preços e frente ao resultado de licitações com objeto similar – para tanto, foram consideradas as licitações mais recentes possíveis, ocorridas no mercado nacional, em municípios de porte equivalente. Além disso, estudos referenciais também foram consultados para compor uma estimativa que, embora não traga precisões, demonstra a magnitude dos investimentos a serem realizados pelo município. Todos os valores de referência, anteriores a 2018, foram corrigidos pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE. A Tabela 3 apresenta a estimativa de custos.

Tabela 3 – Estimativa de custos para o canal Arroio dos Pereiras

Item	Discriminação	Unidade	Preço Unitário Global (R$)	Quantidade	Valor total
1	**SERVIÇOS PRELIMINARES**				
1.1	Levantamento planialtimétrico de seções transversais, a partir do eixo básico existente, destinado a projetos de estradas, adutoras, irrigação, canalização e assemelhados com representação na escala entre 1:100 e 1:250	m²	4,15	1.636	R$ 6.789,40
1.2	Fornecimento de equipe de topografia composta de 1 técnico, 2 auxiliares, 1 Estação Total classe 2, 1 nível classe 2, trena, demais acessórios usuais, veículo, inclusive cálculo e desenho executados pela equipe na obra.	Equipe/dia	3.500,00	5,00	R$ 17.500,00
2	**MOVIMENTAÇÃO DE TERRA**				
2.1	Escavação mecanizada prof até 4,0 com embaraço d'água (retroescavadeira + mão de obra)	m³	12,36	6.000	R$ 74.160,00
2.2	Reaterro compactado mecanicamente em camadas de 0,20 m com aproveitamento do material escavado (equipamento + mão de obra)	m³	7,30	2.500	R$ 18.250,00
2.3	Remoção do material escavado em caminhão basculante, até 10,0 km, inclusive carga mecânica e descarga..	m³	21,00	3.500	R$ 73.500,00
3	**CANALIZAÇÃO EM CONCRETO ARMADO**				
3.1	Concreto armado moldado in loco Fck=20MPa – inclusive preparo e lançamento (espessura fundo e paredes 0,20 m)	m³	600,00	600	R$ 360.000,00
Total					R$ 550.199,40

1.1.2. *Considerações finais*

Para o dimensionamento do canal foram utilizadas técnicas consagradas empregadas usualmente em projetos de drenagem urbana. Todo o equacionamento apresentado se refere a escoamentos em regime uniforme e permanente, quando o a altura h, a vazão Q e a velocidade V são constantes no tempo, e ao longo do percurso, com o escoamento ocorrendo em condutos livres, nos quais parte do canal fica em contato com a atmosfera, com borda livre. Foi considerado também que não existam interferências e estrangulamentos na extensão do canal e a possibilidade de desapropriação nas casas a jusante do canal, próximas ao Rio das Antas. Além disso:

- Foram realizadas visitas no local de implantação para reconhecimento da área;
- A escolha da seção-tipo levou em consideração a faixa para sua implementação;
- Foi verificada a velocidade limite para o tipo de revestimento a ser empregado;
- Foi verificada a elevação da linha d'água provocada pela perda de carga na jusante do canal.
- As obras de canalização devem ser realizadas de jusante para montante para evitar inundações e erosões em casos de precipitação intensa durante a obra.

O memorial de cálculo de dimensionamento encontra-se em arquivo xls. e as plantas e desenhos em folhas formato A1 em Anexo a este relatório.

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR



PRODUTO 4 – RELATÓRIO DE PROGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA

FERMA ENGENHARIA

IRATI/PR
FEVEREIRO/2019

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI – PR

Contrato nº 026/2018
Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa

PRODUTO 4 – RELATÓRIO DE PROGNÓSTICO DE DRENAGEM URBANA

FERMA
ENGENHARIA

IRATI/PR
ABRIL/2019

APRESENTAÇÃO

Apresentamos à Prefeitura Municipal de Irati o **Produto 4 – Relatório de Prognóstico da Drenagem Urbana**, referente ao Contrato de Obra e Serviço de Engenharia nº 026/2018, Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

André Luciano Malheiros

Engenheiro Civil, CREA PR-67038/D

Coordenador Geral do Plano

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DO PLANO

EQUIPE TÉCNICA

André Luciano Malheiros	Engenheiro Civil, Dr. – Coordenador Geral
Helder Rafael Nocko	Engenheiro Ambiental, Ms.
Nilo Aihara	Engenheiro Civil
Sandra Mayumi	Arquiteta e Urbanista

EQUIPE COMPLEMENTAR

Bruno Gomes Camargo	Eng. Ambiental e Sanitarista, Esp.
Paulo Henrique Costa	Geógrafo
Vanessa Tres	Eng. Ambiental
Cinthya Hoppen	Eng. Química
Guadalupe Garcia	Eng. Ambiental
Romildo Macário	Administrador
Larissa dos Santos Silva	Geógrafa
Evelin Steffen Albanski	Acadêmica de Eng. Cartográfica

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

RESUMO DE REVISÕES

1	**08/04/2019**	**Produto 04**	**VT**	**BGC**	**ALM**
0	**28/02/2019**	**Produto 04**	**VT**	**BGC**	**ALM**
Revisão	**Data**	**Descrição Breve**	**Ass. do Autor.**	**Ass. do Superv.**	**Ass. de Aprov**

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE IRATI - PR			
FASE 03 – P04 PROGNÓSTICO DA DRENAGEM URBANA			
Elaborado por: Bruno Gomes Camargo/Vanessa Tres	Supervisionado por: André Luciano Malheiros		
Aprovado por: André Luciano Malheiros/Bruno Gomes Camargo	Revisão	Finalidade	Data
	01	3	04/2019
Legenda Finalidade: [1] Para informação [2] Para comentário [3] Para aprovação			
	Ferma Engenharia LTDA. Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico CEP 80.210-190 | Curitiba – PR Tel: (41)3053-3487 ferma@fermaengenharia.com.br | www.fermaengenharia.com.br		

SUMÁRIO

1. Introdução 11
2. Programa Municipal de Drenagem 12
3. Cenários do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati 14
3.1. Cenários das Medidas Estruturais 17
3.1.1. Definição de Hipóteses 20
3.1.2. Definição do Cenário Normativo das Medidas Estruturais 24
3.2. Cenários das Medidas Não Estruturais 24
3.2.1. Definição de Hipóteses 28
3.2.2. Definição do Cenário Normativo das Medidas Não Estruturais 32
3.3. Cenários de Escoamento Superficial 32
3.3.1. Cenário Atual 33
3.3.2. Cenário Tendencial 33
3.3.3. Cenário de Planejamento 34
3.4. Cenário Normativo 35
4. Metas e Prioridades 37
4.1. Objetivos 38
4.2. Metas 39
5. Proposição de Regulamentações 40
5.1. Compatibilização do Zoneamento Urbano 41
5.2. Restrição de Ocupação Urbana na Sub-bacia do Arroio Nhapindazal 54
5.3. Controle de Vazão de Pré-urbanização em Loteamentos 57
5.3.1. Cisternas 64
5.3.2. Poços 65
5.3.3. Telhados armazenadores 67
5.3.4. Reservatórios individuais e outros dispositivos localizados 69
5.3.5. Legislação Existente 70
5.4. Regularização de Áreas Urbanas Consolidadas e Áreas de Preservação Permanente 71
5.5. Instituição de Cobrança dos Serviços 74
6. Plano de Ação do Programa Municipal de Drenagem 79
6.1. Proposta para a Gestão da Implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana 79
6.1.1. Entidades Envolvidas nas Ações Previstas 80
6.1.2. Procedimentos de Fiscalização 86

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.1.3. Proposta de Gestão dos Serviços 87
6.2. Etapas de Implantação das Medidas de Controle 89
6.3. Programas, Projetos e Ações das Medidas Estruturais 91
6.3.1. Programa de Ações Imediatas 92
6.3.2. Programas de Curto, Médio e Longo Prazo 97
6.4. Programas, Projetos e Ações das Medidas Não Estruturais 108
6.4.1. Programa de Ações Imediatas 108
6.4.2. Programas de Curto, Médio e Longo Prazo 112
6.5. Cronograma Físico-Financeiro 128
6.6. Definições das Fontes de Recursos e de Financiamento 132
6.6.1. Fontes de Recursos Internas 132
6.6.2. Fontes de Recursos Externas 138
6.7. Avaliação dos Benefícios Esperados 140
6.7.1. Custos e benefícios intangíveis 141
6.7.2. Benefícios Anuais de evitar os danos diretos 141
6.8. Indicadores 144
6.8.1. Concepção do Sistema de Monitoramento do Plano 144
6.8.2. Responsabilidade pelo Sistema de Monitoramento 145
6.8.3. Definição de Prazos, Revisões e Publicações 145
6.8.4. Alcance do Sistema de Monitoramento 146
6.8.5. Detalhamento do Sistema de Monitoramento 147
6.8.6. Definição de Indicadores 147
7. Referências 161
APÊNDICE I – MINUTA DE REGULAMENTO DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA 166

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição do Programa Municipal de Drenagem Urbana. 13
Figura 2 - Variáveis utilizadas para a projeção de cenários do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. 15
Figura 3 - Definição dos cenários com base na interação das variáveis e hipóteses propostas. 16
Figura 4 - Cenário normativo para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. 36
Figura 5 - Definição de objetivos e metas para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. 38
Figura 6 - Diretrizes para a proposição de regulamentações de drenagem urbana. 40
Figura 7 - Proposição de regulamentações e resultados esperados no município de Irati. 41
Figura 8 - Composição do zoneamento urbano de Irati. 44
Figura 9 - Zoneamento municipal de Irati. 46
Figura 10 - Composição das sub-bacias, conforme o zoneamento urbano. 47
Figura 11 - Zoneamento municipal de Irati e áreas de restrição de uso. 49
Figura 12 - Áreas de restrição de uso e altimetria de Irati. 50
Figura 13 - Comparação entre ARU e polígono gerado após análise. 52
Figura 14 - Mancha de inundação gerada e pontos de alagamento 53
Figura 15 - Cobertura do solo da Sub-bacia do Arroio Nhapindazal. 55
Figura 16 - Zoneamento urbano de Irati na sub-bacia do Arroio Nhapindazal. 56
Figura 17 - Formas de controle de vazão de pré-desenvolvimento em loteamentos. 59
Figura 18 - Tipos de solos presentes na área urbana do município de Irati. 63
Figura 19 - Vantagens e desvantagens da utilização de cisternas 65
Figura 20 - Sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração. 66
Figura 21 - Vantagens e desvantagens da utilização de poços de infiltração 67
Figura 22- Biblioteca Pública com telhado verde em Seattle, Estados Unidos. 68
Figura 23 – Vantagens e desvantagens da utilização do telhado verde 69
Figura 24 - Benefícios dos reservatórios para o sistema de drenagem 71
Figura 25 - Parque Ecológico Primeiro de Maio - parque linear situado em Belo Horizonte, Minas Gerais 74
Figura 26 - Departamentos da Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo e da Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente. 80
Figura 27 - Áreas do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil. 85
Figura 28 - Procedimentos para fiscalização dos serviços de manejo de águas pluviais. ..86
Figura 29 – Sugestão de órgão responsável pela gestão e fiscalização de águas pluviais. 88
Figura 30 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais. 92
Figura 31 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais de curto, médio e longo prazo. 97
Figura 32 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais. 108
Figura 33 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais de curto, médio e longo prazo. 112
Figura 34 - Fonte de recursos e de financiamento. 132

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Figura 35 – Investimentos no “Programa Irati Mais Participativa” do Plano Plurianual 2018-2021.....134

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variáveis e hipóteses das medidas estruturais. 20
Tabela 2 - Cenário 1 das medidas estruturais. 21
Tabela 3 - Cenário 2 das medidas estruturais. 22
Tabela 4 - Cenário 3 das medidas estruturais. 23
Tabela 5 - Variáveis e hipóteses das medidas não estruturais. 28
Tabela 6 - Cenário 1 das medidas não estruturais. 29
Tabela 7 - Cenário 2 das medidas não estruturais. 30
Tabela 8 – Cenário 3 das medidas não estruturais. 31
Tabela 9 - Objetivo geral e objetivos específicos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. 38
Tabela 10 - Metas institucionais e operacionais do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. 39
Tabela 11 - Zoneamento de Irati estabelecido pelo Plano Diretor municipal. 43
Tabela 12 - Taxa mínima de permeabilidade do solo conforme zoneamento do Plano Diretor municipal. 44
Tabela 13 - Vazão de pré-urbanização, por sub-bacia. 58
Tabela 14 - Classificação dos solos na área urbana de Irati. 62
Tabela 15 - Vazão de Pico e Vazão Suportada na Travessia Rua da Liberdade, Travessia Rua dos Operários e Travessia Rua Coronel Sabóia. 71
Tabela 16 - Ficha do Programa de Limpeza e Desassoreamento de Rios e Córregos. 93
Tabela 17 - Ficha do Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras. 98
Tabela 18 - Ficha do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção 101
Tabela 19 - Custos e prazo de investimento da atividade 3 do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção. 103
Tabela 20 - Ficha do Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências. 104
Tabela 21 - Ficha do Programa Especial de Dragagem. 107
Tabela 22 - Ficha do Programa de Regulamentação. 109
Tabela 23 - Ficha do Programa de Cadastro de Microdrenagem 111
Tabela 24 - Ficha do Programa Vazão de Pré-urbanização. 113
Tabela 25 - Ficha do Programa de Compatibilização do Zoneamento. 115
Tabela 26 - Ficha do Programa de Diagnóstico e Relocação de Moradores em Áreas de Risco. 117
Tabela 27 - Ficha do Programa de Monitoramento, Fiscalização e Alerta. 122
Tabela 28 - Ficha do Programa de Manutenção. 124
Tabela 29 - Ficha do Programa de Educação Ambiental. 126
Tabela 30 - Cronograma físico-financeiro do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. 129
Tabela 31 - "Programa Irati Mais Participativa" no Plano Plurianual 2018-2021. 133
Tabela 32 - Custos e Benefícios Intangíveis. 141
Tabela 33 - Percentual dos danos indiretos sobre danos diretos 142
Tabela 34 - Estimativa dos benefícios anuais (danos evitados). 143
Tabela 35 - Indicadores síntese do sistema de drenagem urbana. 150
Tabela 36 - Indicadores complementares de infraestrutura. 159
Tabela 37 - Indicadores econômico-financeiros. 160
Tabela 38 – Indicadores de recursos humanos e de qualidade 160

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

1. INTRODUÇÃO

O maior objetivo de um Plano de Diretor de Drenagem Urbana é criar mecanismos de gestão para a bacia hidrográfica, o zoneamento urbano e as estruturas de macro e microdrenagem. Deve estar baseado em um planejamento prévio, que vise evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento e melhorar a qualidade do meio ambiente da cidade. De acordo com Tucci (1997), as enchentes nas cidades brasileiras são um processo gerado principalmente pela falta de disciplinamento da ocupação urbana. O custo do controle desse processo é muito alto quando o desenvolvimento já está implantado. A medida preventiva de controle, onde os custos são reduzidos, é o Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Desta forma o Plano Diretor de Drenagem Urbana tem por objetivo estabelecer diretrizes que orientem a ação do Poder Público e da iniciativa privada na elaboração de projetos e na execução de obras de drenagem, bem como na promoção de ações preventivas e corretivas sobre as causas e os efeitos dos processos erosivos, inundações, etc., visando proteger a população e as atividades econômicas sediadas na área urbana da cidade.

Tucci ainda complementa que um Plano Diretor de Drenagem Urbana deve buscar:

- Planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e;
- Convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

2. PROGRAMA MUNICIPAL DE DRENAGEM

A Política Nacional de Saneamento Básico, Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, juntamente com seu Decreto Regulamentador, Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010, dentre estas, diretrizes que determinam a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial. Neste contexto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Irati tem por objetivo criar mecanismos de gestão da infraestrutura urbana, relacionados com a macrodrenagem.

A macrodrenagem é formada pelos eixos principais de escoamento de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e de inundações ao longo dos principais fundos de vales, galerias, canais e riachos; sendo responsável pelo escoamento final das águas. Este sistema de drenagem envolve os conjuntos coletores de diferentes sistemas de microdrenagem, o escoamento das águas pluviais, dos rios e córregos. As razões para a necessidade de implantação da macrodrenagem nos centro urbanos, visando a melhora da cidade, são: evitar o aumento de sedimentos lançados sobre os leitos à ampliação da malha viária, saneamento de áreas alagadiças, entre outros motivos.

Neste sentido, o Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Irati visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento na parte da macrodrenagem, e consequentemente a qualidade de vida da população e do meio ambiente. Na construção do Plano, foram identificadas intervenções estruturais e não estruturais necessárias para a recuperação dos corpos hídricos responsáveis pela drenagem do município, além de sugerir alternativas para o disciplinamento do uso e ocupação do solo nas áreas de expansão urbana e nas sub-bacias do município.

A partir destas intervenções identificadas, é elaborado o Programa Municipal de Drenagem como instrumento de planejamento para a implantação das medidas propostas no Plano de Drenagem Urbana do município de Irati; parte fundamental do Plano Diretor de Drenagem Urbana para a obtenção de recursos e revisões futuras. O Programa

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Municipal de Drenagem Urbana é apresentado a seguir, contendo a síntese do Plano de Drenagem Urbana e o detalhamento das ações de abrangência municipal, para as bacias prioritárias no estudo do cenário proposto. O Programa Municipal de Drenagem Urbana foi elaborado dentro dos princípios, objetivos e diretrizes do Plano de Drenagem Urbana, abordando os temas apresentados na Figura 1. Cada tema será aprofundado detalhadamente a seguir.

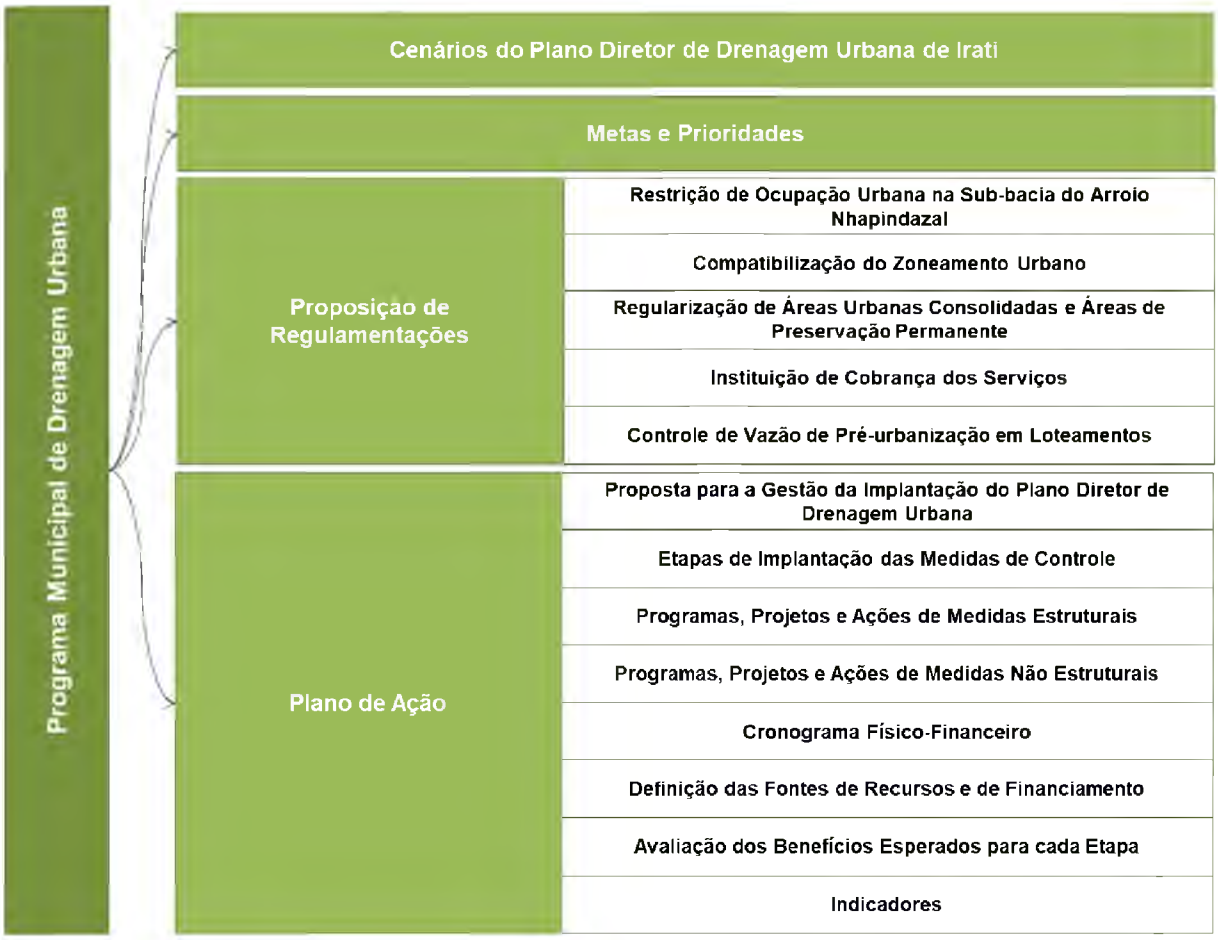


Figura 1 - Composição do Programa Municipal de Drenagem Urbana.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3. CENÁRIOS DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DE IRATI

A construção de cenários faz parte do planejamento e é um método estruturado que busca administrar incertezas do futuro. Para isso, é necessário que se analisem todas as possibilidades e suposições sobre as incertezas que poderiam influenciar no cenário atual, como condições ambientais ou organizacionais, por exemplo.

Quando em um planejamento é adotado o método de construção de cenários, se reduzem as chances de cometer erros comuns com tomadas de decisões inadequadas uma vez que são identificadas as razões sociais, ambientais, econômicas e políticas, os elementos predeterminados e o que é inevitável como aspectos demográficos e as incertezas críticas.

Algumas das ocorrências resultantes da urbanização podem exercer influência nos sistemas de drenagem, entre elas, as mais encontradas foram: locais de depósito de resíduos principalmente as margens de rios e terrenos baldios, além da exposição do solo nestas mesmas áreas favorecendo processos erosivos e consequentemente causando assoreamento dos rios ou obstruindo estruturas de drenagem existentes.

Para Plano Diretor de Drenagem de Irati, as variáveis escolhidas para a criação de cenários alternativos são apresentadas na Figura 2.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

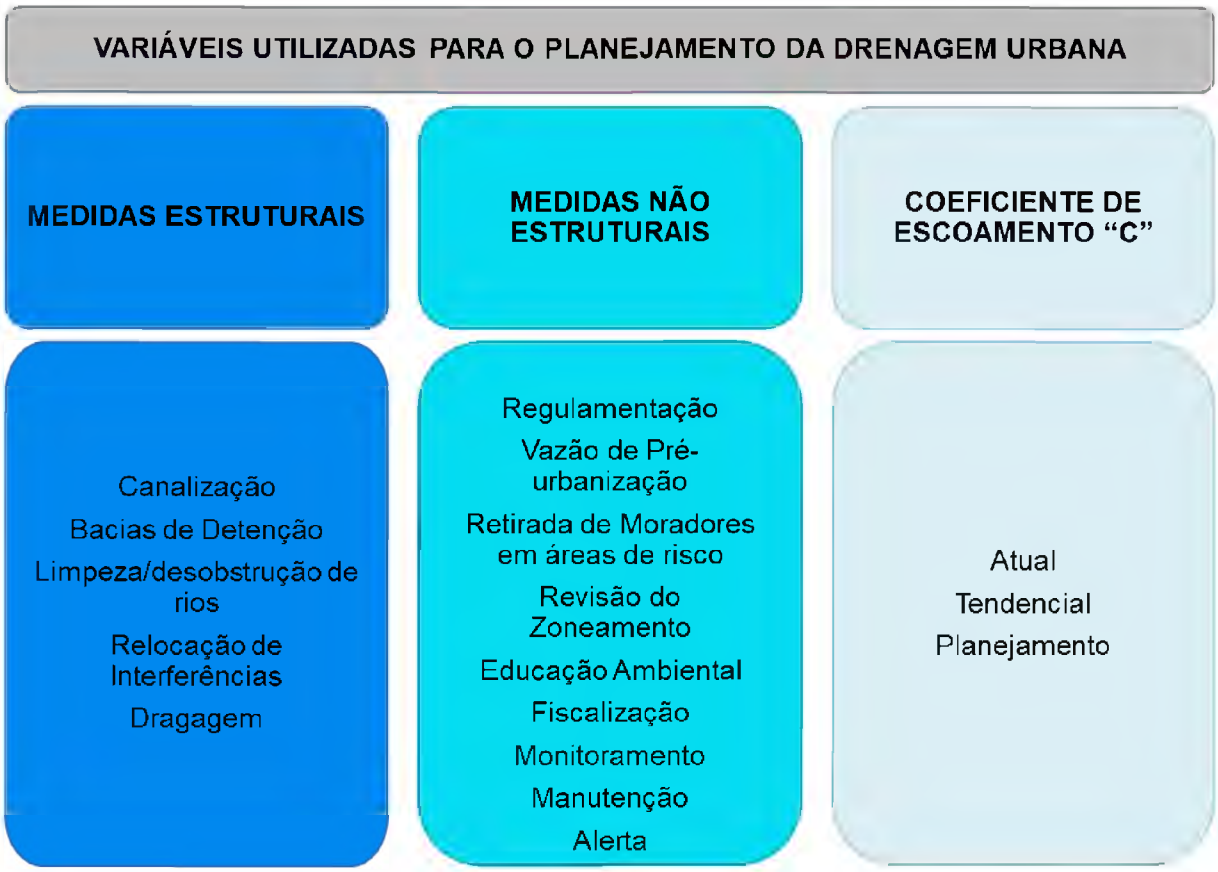


Figura 2 - Variáveis utilizadas para a projeção de cenários do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Após a definição das variáveis, foram propostas hipóteses de cenários para cada eixo que compõe os serviços de drenagem urbana. As hipóteses apresentadas variam conforme o que se pretende planejar tendo como objetivo a prestação de serviços de drenagem urbana de qualidade.

A partir das interações entre as hipóteses e as variáveis, foram criados os cenários alternativos das demandas dos serviços de drenagem. Um fluxograma ilustrativo da metodologia da criação dos cenários é apresentado na Figura 3.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

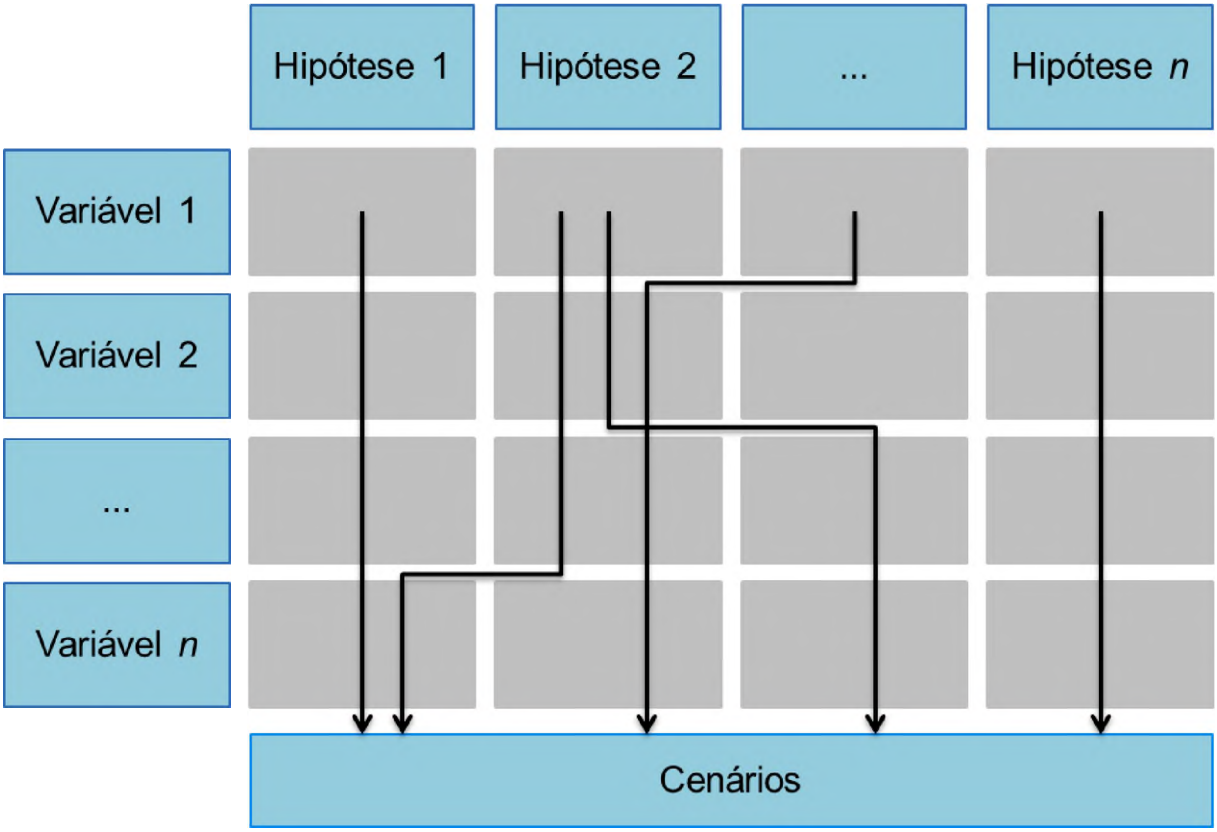


Figura 3 - Definição dos cenários com base na interação das variáveis e hipóteses propostas.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Conforme as interações entre as hipóteses e variáveis selecionadas, os cenários propostos divergem entre si, permitindo planejar futuros distintos, que representem:

- As pretensões sociais possíveis de serem atendidas de acordo com o horizonte de planejamento do Plano Diretor de Drenagem;
- A projeção de demandas dos serviços de drenagem, de acordo com a situação socioeconômica do município; e
- As necessidades de investimento visando a universalização dos serviços de drenagem urbana.

Os cenários alternativos propostos para o atendimento das demandas futuras são apresentados a seguir, assim como o cenário normativo escolhido para cada um dos eixos.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3.1. Cenários das Medidas Estruturais

As medidas estruturais são aquelas que de alguma forma, modificam o sistema de drenagem evitando os prejuízos ocasionados por inundações, e na instalação de dispositivos na rede de microdrenagem evitando alagamentos ou lançamento irregular das águas pluviais.

Segundo Tucci (2007), as medidas estruturais são necessárias e mesmo essenciais para a solução de um grande número de problemas de inundações urbanas. A experiência nacional e internacional mostra, entretanto que tais medidas, além de onerosas, não representam por si só solução eficaz e sustentável dos problemas mais complexos de drenagem urbana.

Desta forma, a utilização, das medidas tanto estruturais quanto não estruturais, em conjunto, pode minimizar significativamente os prejuízos causados pelas inundações.

A seguir são apresentadas as variáveis utilizadas para a construção dos cenários alternativos das medidas estruturais. Também são apresentadas as hipóteses definidas para a construção dos cenários.

- **Canalização**

A canalização abrange as melhorias e retificações nas calhas dos rios e a própria canalização visando permitir a ocupação das margens e a urbanização dos rios.

Essas modificações podem causar alguns efeitos negativos como o aumento da velocidade dos rios e córregos podendo causar problemas a jusante. Entretanto, essas obras são em muitas vezes necessárias, como no caso de Irati em que a calha do rio deve passar a suportar a vazão sem que haja o transbordamento.

Para minimizar os impactos negativos é importante respeitar ao máximo o traçado natural do rio, evitando a retificação e com a utilização de materiais rugosos e permeáveis para o revestimento das paredes do canal.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Bacias de Detenção**

As bacias de detenção/retenção são estruturas de acumulação temporária e/ou infiltração de águas pluviais que são utilizadas para o amortecimento de cheias geradas como forma de controle de inundação. Trata-se de um reservatório construído para o armazenamento temporário das águas pluviais escoadas superficialmente. A água armazenada na bacia de detenção é liberada para o corpo hídrico de maneira gradual. Desta forma, os picos de vazão de escoamento superficial não alteram de forma drástica a vazão do corpo receptor, prevenindo o acontecimento de alagamentos.

As bacias de detenção são aquelas que permanecem secas na maior parte do tempo, recebendo aporte de águas apenas nos dias de chuva. Dessa forma, se a região sofre uma ou duas inundações por ano, a praça (se a bacia for implantada numa praça) ou outra área destinada também ficará inundada apenas uma ou duas vezes por ano. Já as bacias de retenção são aquelas que mantêm uma lâmina de água permanente, funcionando como uma espécie de lago.

As bacias de detenção podem ser elaboradas no formato de praças e áreas de lazer. A área seca capaz de armazenar águas pluviais durante eventos de chuva extremos, também pode apresentar funções como quadras de esporte e áreas de lazer para os momentos em que não há a necessidade de manejo de águas pluviais.

- **Limpeza e/ou desobstrução de rios**

A limpeza é a desobstrução dos cursos de água e consiste na remoção de resíduos sólidos urbanos, remoção de resíduos de construção e demolição, elétricos e eletrônicos, pneus, entre outros, remoção seletiva de material vegetal (árvores, ramos) que coloque em risco as infraestruturas hidráulicas existentes no curso de água (pontes, pontões, açudes).

As ações de limpeza visam permitir a reutilização das águas, garantir condições de escoamento dos líquidos e sólidos (areia, lama e sedimentos) em situações hidrológicas normais ou extremas e diminuir os riscos de erosão dos taludes e, consequentemente, o assoreamento das linhas de água.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Relocação de interferências**

As redes de água e esgoto que cruzam os corpos d'água podem interferir no escoamento natural dos rios e córregos. Desta forma estas redes devem ser realocadas.

- **Dragagem**

Durante o desenvolvimento urbano, o aumento da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Os sedimentos que atingem a macrodrenagem reduzem a capacidade de escoamento de cheias dos canais da macrodrenagem e as inundações se tornam mais frequentes.

Em geral a solução adotada é a dragagem do material depositado nos canais. Os problemas associados à dragagem são os altos custos da operação e a necessidade de uma área para depositar o material dragado. O controle dos sedimentos pode ser realizado na bacia de forma distribuída no canal. O controle no canal envolve a definição de velocidade mínima, melhor estimativa das cargas de sedimentos, redimensionamento de seções transversais e declividade, e o estabelecimento de trechos para deposição programada para limpeza.

Para efeito de exemplo, o custo de dragagem em São Paulo no rio Tietê é de aproximadamente R$ 19,82/ m^3. Esse valor também foi encontrado no Manual de Custos de Referência para Obras Aquaviárias do DNIT. Logo, o custo do controle no sistema de drenagem representam investimentos extremamente altos, sendo indicado apenas para casos onde não haja alternativa.

Ainda, pode haver uma eventual necessidade de Derrocagem, que consiste no processo de retirada ou destruição de pedras e rochas submersas para readequar o canal que possui um valor ainda mais elevado.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3.1.1. *Definição de Hipóteses*

Para a definição dos cenários alternativos das medidas estruturais, as hipóteses e variáveis consideradas são apresentadas na Tabela 1 onde pode-se observar as alternativas de relações entre estas.

Tabela 1 - Variáveis e hipóteses das medidas estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Canalização	Não canalizar nenhum rio	Canalização apenas nos locais extremamente necessários	Canalização sempre que for possível
Bacias de Detenção	Não implantar bacias de detenção	Bacias de detenção em todas as áreas livres (montante e jusante)	Bacias de detenção apenas a montante das bacias
Limpeza/Desobstrução de rios	Não realizar a limpeza/desobstrução de rios	Limpeza dos rios apenas em quando necessário	Limpezas periódicas
Relocação de Interferências	Não retirar as interferências	Relocar todas as interferências	Relocar apenas quando as redes interferem no escoamento
Dragagem	Não realizar dragagem	Dragagem apenas em casos extremamente necessários	Dragagem sempre que for necessário

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Na sequência, os cenários formulados para as medidas estruturais serão apresentados detalhadamente.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cenário 1

Neste cenário considera-se a hipótese mais otimista: a não canalização de rios, implantação de bacias de detenção a montante das bacias, a limpeza periódicas dos rios e córregos, a relocação de interferências que forem necessárias e a não realização de dragagem. A Tabela 2 apresenta as hipóteses adotadas para o Cenário 1.

Tabela 2 - Cenário 1 das medidas estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Canalização	Não canalizar nenhum rio	Canalização apenas nos locais extremamente necessários	Canalização sempre que for possível
Bacias de Detenção	Não implantar bacias de detenção	Bacias de detenção em todas as áreas livres (montante e jusante)	Bacias de detenção apenas a montante das bacias
Limpeza/Desobstrução de rios	Não realizar a limpeza/desobstrução de rios	Limpeza dos rios apenas em quando necessário	Limpezas periódicas
Relocação de Interferências	Não retirar as interferências	Relocar apenas quando as redes interferem no escoamento	Relocar todas as interferências
Dragagem	Não realizar dragagem	Dragagem apenas em casos extremamente necessários	Dragagem sempre que for necessário

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cenário 2

Este cenário considera a hipótese que mais condiz com a realidade do município com a canalização apenas em locais extremamente necessários, as bacias de detenção serão implantadas a montante e a jusante devido às áreas livres no município, a limpeza e desassoreamento de rios será realizada apenas quando for preciso, todas as interferências serão realocas e a dragagem em apenas casos extremamente necessários. A Tabela 3 apresenta as hipóteses adotadas para o Cenário 2.

Tabela 3 - Cenário 2 das medidas estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Canalização	Não canalizar nenhum rio	Canalização apenas nos locais extremamente necessários	Canalização sempre que for possível
Bacias de Detenção	Não implantar bacias de detenção	Bacias de detenção em todas as áreas livres (montante e jusante)	Bacias de detenção apenas a montante das bacias
Limpeza/Desobstrução de rios	Não realizar a limpeza/desobstrução de rios	Limpeza dos rios apenas quando necessário	Limpezas periódicas
Relocação de Interferências	Não retirar as interferências	Relocar apenas quando as redes interferem no escoamento	Relocar todas as interferências
Dragagem	Não realizar dragagem	Dragagem apenas em casos extremamente necessários	Dragagem sempre que for necessário

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cenário 3

O Cenário 3 considera a pior hipótese, caso o Plano Diretor de Drenagem não seja implementado, com a canalização sendo realizada sem controle, as bacias de detenção não implementadas, não será feita a limpeza e desassoreamento de rios e córregos e nem realizada a retirada das interferências e, a dragagem realizada sem controle. A Tabela 4 apresenta as hipóteses adotadas para o Cenário 3.

Tabela 4 - Cenário 3 das medidas estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Canalização	Não canalizar nenhum rio	Canalização apenas nos locais extremamente necessários	Canalização sempre que for possível
Bacias de Detenção	Não implantar bacias de detenção	Bacias de detenção em todas as áreas livres (montante e jusante)	Bacias de detenção apenas a montante das bacias
Limpeza/Desobstrução de rios	Não realizar a limpeza/desobstrução de rios	Limpeza dos rios apenas em quando necessário	Limpezas periódicas
Relocação de Interferências	Não retirar as interferências	Relocar todas as interferências	Relocar apenas quando as redes interferem no escoamento
Dragagem	Não realizar dragagem	Dragagem apenas em casos extremamente necessários	Dragagem sempre que for necessário

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3.1.2. *Definição do Cenário Normativo das Medidas Estruturais*

Com base na análise comparativa e na simulação realizada acima, conclui-se que o Cenário 2 é a melhor escolha para o cenário normativo, pois considera:

- A canalização apenas quando for extremamente necessário, depois da realização de estudos;
- As bacias de detenção serão implementadas nas áreas disponíveis, com preferências as áreas que pertençam ao município, tanto a montante quando à jusante;
- Pela falta de pessoal, a limpeza que deveria ser periódica será realizada sob demanda nos locais onde for necessário, no prazo imediato;
- As interferências serão todas realocadas, pois pela equipe reduzida não será possível monitorar quais redes estão interferindo no escoamento;
- A dragagem será realizada apenas em casos extremamente necessários, após a realização de estudos.

3.2. Cenários das Medidas Não Estruturais

Como o próprio nome indica, não utilizam estruturas que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São um conjunto de medidas, como regulamentos, manual de práticas, seguro contra inundações, reassentamentos, programas de inspeção e manutenção, programas de educação pública, entre outras, que são destinadas ao controle do uso e ocupação do solo ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos efeitos das inundações.

As medidas não estruturais envolvem, muitas vezes, aspectos de natureza cultural, que podem dificultar sua implantação em curto prazo. A inexistência do suporte de medidas não estruturais é considerada como uma das maiores causas de problemas de drenagem nos centros mais desenvolvidos.

A seguir são apresentadas as variáveis utilizadas para a construção dos cenários alternativos das medidas estruturais. Também são apresentadas as hipóteses definidas para a construção dos cenários.

- **Regulamentação**

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Para que o Plano Diretor de Drenagem tenha efetividade é necessária uma regulamentação específica para a drenagem urbana.

- **Vazão de pré-urbanização**

A vazão de pré-desenvolvimento é a vazão que corresponde às condições mais próximas da situação natural. Um novo empreendimento não deverá gerar vazão pluvial maior que a vazão antes da implantação do empreendimento. Desta forma, a vazão específica de pré-desenvolvimento deverá ser mantida.

- **Retirada de moradores em áreas de risco**

As ocupações irregulares nas áreas de interesse ambiental como APP's e encostas podem resultar em diversos problemas, tanto na questão ambiental como na social.

A planície de inundação é toda a área à margem de cursos d'água que fica inundada durante as cheia, também conhecida como várzea e nas enchentes torna-se o leito do rio. Cunha (2001) cita que as atividades humanas podem modificar o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. Atividades como construções de casas, desmatamento das margens e práticas agrícolas podem modificar o "ir e vir" dos sedimentos que os rios transportam.

Os valores pagos nas desapropriações representam uma porcentagem significativa do orçamento dos municípios e dos estados brasileiros. Muitas vezes, o valor de uma superindenização de desapropriação de terra equivale ao orçamento geral de um ou mais mandatos políticos de uma instância de governo. Entretanto, pode ser uma das soluções para garantir o direito à moradia, reduzindo a ocupação irregular de áreas de risco, e o acesso da população mais carente à terra urbanizada.

Alguns casos de desapropriação admitem a imissão provisória na posse do valor ofertado pelo expropriante, porém, julga-se necessária uma avaliação judicial preliminar para se atribuir um valor ao bem expropriado. Se a expropriação apresentar o não cumprimento da função social da propriedade, está tem seu regramento próprio e é entendida como desapropriação-sanção.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Porém, sendo a desapropriação com fins de atender o planejamento urbano, o valor da indenização deve ser o valor de mercado, incluído ainda dos valores que o expropriado deixou de ganhar se fizesse uso do imóvel.

Devido ao alto custo, uma alternativa é restringir as desapropriações às áreas de preservação permanente e às áreas de alto risco com impossibilidades de ocupação. Para as áreas em que a desapropriação for inviável ou desnecessária, a solução é executar medidas estruturais como apresentado no Cenário das medidas estruturais.

Cada cenário de planejamento possui suas vantagens e desvantagens, desta forma serão avaliados os custos evitados e os efeitos das medidas propostas, assim como os cenários que apresentam menor impacto ambiental e melhor relação custo/beneficio para cada sub-bacia da área urbana.

- **Revisão do Zoneamento**

O Zoneamento Urbano é fundamental no processo de ordenação do uso do solo, pois define após de uma série de fatores como, o tipo de ocupação em função da topografia, infraestrutura, recursos naturais existentes, uso do solo predominante, entre outros, quais as zonas ou áreas mais apropriadas para determinados usos no município. É na definição do zoneamento que é considerada a tendência de crescimento da cidade, sinalizando para onde a ocupação tende a se expandir, preparando a mesma, para ter uma estrutura em seu desenvolvimento. Desta forma o Plano Diretor de Irati deverá ser compatibilizado com o Plano Diretor de Drenagem para que o planejamento por sub-bacias seja executado corretamente.

- **Educação Ambiental**

A educação ambiental é uma ação educativa pela qual a comunidade adquire a consciência de sua realidade global. Contribui para a formação de cidadãos conscientes da preservação do meio ambiente, permitindo que os mesmos sejam capazes de tomar decisões sobre as questões ambientais necessárias para uma sociedade sustentável. A inclusão do tema ambiental deve ser aplicada ao universo escolar, mas também deve permear em todos os meios de comunicação para facilitar o entendimento dessas questões e suas aplicações no dia a dia.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Para a drenagem de Irati a educação ambiental tem grande importância, uma vez que é necessário conscientizar a população de atitudes incorretas, como o simples fato de jogar lixo nas ruas, por exemplo, que posteriormente podem entupir bocas de lobo e galerias. Além de outros problemas que podem ocorrer como: ligações clandestinas, águas pluviais que drenam áreas onde a limpeza pública e a coleta de lixo não são regularmente praticadas, levando todo o lixo aos rios, impermeabilização de grandes áreas, entre outros.

Logo, a falta de Educação Ambiental contribuiu para o agravamento dos problemas urbanos, por este motivo, a educação ambiental faz parte dos programas para o município.

- **Fiscalização e Monitoramento e Alerta**

A fiscalização e o monitoramento são fundamentais para a gestão do manejo das águas pluviais, sendo necessário estabelecer procedimentos para a fiscalização e autuação sobre as obras públicas e de empreendimentos privados, a execução dos projetos e a manutenção periódica dos sistemas implantados. Criação de sistemas de alerta para áreas mais propensas a inundação durante eventos extremos de chuva.

Além disso, devem ser definidas e treinadas equipes de fiscalização para o atendimento da legislação municipal.

- **Manutenção**

O município de Irati não conta com serviço de manutenção preventiva do sistema de macro e microdrenagem urbana, com os reparos feitos apenas quando há necessidade. Atualmente não são realizadas limpezas periódicas nas caixas de sedimentação do sistema de galerias, o que reduz a eficiência do sistema, podendo ainda causar obstrução nas galerias.

Além do custo com a manutenção preventiva ser muito menor do que a manutenção corretiva, como a desobstrução de redes entupidas.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Desta forma o programa de manutenção visa identificar e prevenir as ocorrências causadas por estruturas danificadas ou obstruídas e rios e córregos com inicio de erosão e assoreamento.

3.2.1. *Definição de Hipóteses*

Para a definição dos cenários alternativos das medidas não estruturais, as hipóteses e variáveis consideradas são apresentadas na Tabela 5 onde se pode observar as alternativas de relações entre estas.

Tabela 5 - Variáveis e hipóteses das medidas não estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Regulamentação	Regulamentação específica para drenagem	Regulamentação Complementar de drenagem	Sem regulamentação
Vazão de pré-urbanização	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento apenas para loteamentos novos	Sem adoção da vazão de pré-desenvolvimento
Retirada de Moradores	Retirada dos moradores apenas em áreas de risco	Retirada de todos os moradores em áreas irregulares	Não retirar moradores
Revisão do Zoneamento	Manter o zoneamento atual	Revisar o zoneamento para compatibilizar com o plano de drenagem	Fazer a revisão completa do zoneamento
Fiscalização, monitoramento e alerta	Realizar os serviços em toda a área urbana do município	Apenas nas áreas de risco	Não realizar
Manutenção	Manutenção preventiva e periódica	Manutenção periódica	Sem manutenção

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Na sequência, os cenários formulados para as medidas não estruturais serão apresentados detalhadamente.

Cenário 1

O Cenário 1 considera complementar a legislação de drenagem existente, a adoção da vazão de pré-desenvolvimento para loteamentos novos, a retirada de todos os moradores em áreas irregulares, a revisão completa do zoneamento existente, a fiscalização, monitoramento e alerta em toda a área urbana e a manutenção periódica. A Tabela 6 apresenta as hipóteses adotadas para o Cenário 1.

Tabela 6 - Cenário 1 das medidas não estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Regulamentação	Regulamentação específica para drenagem	Regulamentação Complementar de drenagem	Sem regulamentação
Vazão de pré-urbanização	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento apenas para loteamentos novos	Sem adoção da vazão de pré-desenvolvimento
Retirada de Moradores	Retirada dos moradores apenas em áreas de risco	Retirada de todos os moradores em áreas irregulares	Não retirar moradores
Revisão do Zoneamento	Manter o zoneamento atual	Revisar o zoneamento para compatibilizar com o plano de drenagem	Fazer a revisão completa do zoneamento
Fiscalização, monitoramento e alerta	Realizar os serviços em toda a área urbana do município	Apenas nas áreas de risco	Não realizar
Manutenção	Manutenção preventiva e periódica	Manutenção periódica	Sem manutenção

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cenário 2

Este cenário considera a pior situação, caso o município não adote as medidas do Plano Diretor de Drenagem. Não é criada regulamentação de drenagem, a vazão de pré-desenvolvimento não é considerada, os moradores de áreas de risco não são retirados. O zoneamento atual se mantém, sem a compatibilização com as sub-bacias e não é realizada a manutenção dos sistemas. A Tabela 7 apresenta as hipóteses adotadas para o Cenário 2.

Tabela 7 - Cenário 2 das medidas não estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Regulamentação	Regulamentação específica para drenagem	Regulamentação Complementar de drenagem	Sem regulamentação
Vazão de pré-urbanização	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento apenas para loteamentos novos	Sem adoção da vazão de pré-desenvolvimento
Retirada de Moradores	Retirada dos moradores apenas em áreas de risco	Retirada de todos os moradores em áreas irregulares	Não retirar moradores
Revisão do Zoneamento	Manter o zoneamento atual	Revisar o zoneamento para compatibilizar com o plano de drenagem	Fazer a revisão completa do zoneamento
Fiscalização, monitoramento e alerta	Realizar os serviços em toda a área urbana do município	Apenas nas áreas de risco	Não realizar
Manutenção	Manutenção preventiva e periódica	Manutenção periódica	Sem manutenção

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cenário 3

Este cenário apresenta as hipóteses mais próximas à realidade do município. A regulamentação é específica para drenagem, a vazão de pré-desenvolvimento é adotada para os loteamentos novos e para os existentes, a retirada dos moradores apenas em área de risco, o zoneamento é revisado e compatibilizado com o plano, a fiscalização, monitoramento e alerta em áreas de risco e a manutenção preventiva e periódica. A Tabela 8 apresenta as hipóteses adotadas para o Cenário 3.

Tabela 8 – Cenário 3 das medidas não estruturais.

Variáveis	Hipótese 1	Hipótese 2	Hipótese 3
Regulamentação	Regulamentação específica para drenagem	Regulamentação Complementar de drenagem	Sem regulamentação
Vazão de pré-urbanização	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento	Adoção da vazão de pré-desenvolvimento apenas para loteamentos novos	Sem adoção da vazão de pré-desenvolvimento
Retirada de Moradores	Retirada dos moradores apenas em áreas de risco	Retirada de todos os moradores em áreas irregulares	Não retirar moradores
Revisão do Zoneamento	Manter o zoneamento atual	Revisar o zoneamento para compatibilizar com o plano de drenagem	Fazer a revisão completa do zoneamento
Fiscalização, monitoramento e alerta	Realizar os serviços em toda a área urbana do município	Áreas de risco	Não realizar
Manutenção	Manutenção preventiva e periódica	Manutenção periódica	Sem manutenção

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3.2.2. *Definição do Cenário Normativo das Medidas Não Estruturais*

Com base na análise comparativa e na simulação realizada acima, conclui-se que o Cenário 2 é a melhor escolha para o cenário normativo, pois considera:

- O estabelecimento de legislação específica para a drenagem urbana;
- A vazão de pré-desenvolvimento será adotada tanto para os novos loteamentos, quanto os já existentes a partir de cálculos e legislação específicos;
- A retirada de moradores, por ser custosa, será realizada apenas em áreas de risco;
- O zoneamento será revisado apenas para compatibilização com o plano de drenagem que é baseado no conceito de gestão por bacias;
- A fiscalização, monitoramento e alerta será realizada nas áreas de risco no curto e médio prazo do plano, devido a equipe reduzida. Para o longo prazo deverá ser realizada em toda a área urbana;
- A manutenção deverá ser realizada de forma preventiva e periódica para evitar maiores gastos com reparos.

3.3. Cenários de Escoamento Superficial

O escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia até encontrar um talvegue definido. Quando a bacia é rural e possui cobertura vegetal, o escoamento sofre a interferência desta cobertura e grande parte dele se infiltra. O escoamento em bacias urbanas é regido pela interferência humana por meio de superfícies impermeáveis como edificações e ruas pavimentadas.

Do volume precipitado sobre a bacia, apenas uma parte atinge exutória sob a forma de escoamento superficial, uma vez que parte da água é interceptada, a outra preenche as depressões e outra infiltra-se no solo, umedecendo-o e abastecendo o lençol freático. O volume escoado representa, portanto, apenas uma parcela do volume precipitado, sendo que a relação entre os dois é denominada coeficiente de escoamento.

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de "run off", é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Este coeficiente pode ser relativo a uma chuva isolada ou relativo a um intervalo de tempo onde várias chuvas ocorreram (VILLELA E MATTOS, 1975).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

A classificação de uso do solo considerou as grandes classes de cobertura:

- Florestas;
- Ocupação urbana;
- Campos; e
- Solo exposto.

A classificação se deu para cada sub-bacia hidrográfica e é utilizada para se definir os coeficientes de permeabilidade e escoamento superficial das equações de hidrologia.

3.3.1. *Cenário Atual*

O cenário atual, como o próprio nome diz é a situação existente atualmente no município de impermeabilização de sub-bacias e visa avaliar a geração de escoamento de água superficial, que representa a quantidade de água a ser gerenciada. As vazões do cenário atual são calculadas com base em análise com ferramenta de SIG (Sistema de Informações Geográficas), com base em interpretação supervisionada de imagem de satélite (ano de 2017).

3.3.2. *Cenário Tendencial*

Foi estudado o impacto da urbanização futura sobre o sistema de drenagem existente. Este cenário representará a tendência de aumento dos prejuízos provocados pelas inundações considerando-se a expansão da mancha urbana sem a implantação das medidas de controle propostas no Plano de Drenagem. Esta análise forneceu elementos para os estudos de benefícios quando for aplicada a metodologia dos custos evitados.

O cenário tendencial da mancha urbana é feito neste trabalho a partir de interpretação supervisionada de imagens de satélite do ano de 2010 e do ano de 2017.

A partir da comparação entre as imagens em ambiente SIG, é possível delimitar as áreas que foram ocupadas posteriormente a 2010, com a imagem de 2017. Considerando este intervalo temporal, encontrou-se que a área classificada como "Ocupação urbana" aumentou em torno de 9%, o que representa um crescimento anual de 1,286% ao ano.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Este crescimento que foi verificado neste período foi projetado para os próximos 30 anos, horizonte de planejamento de implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana (de 2019 a 2049).

Para 2017 a interpretação supervisionada mostra que a área efetivamente urbanizada é de 1.739 ha. Considerando a taxa de crescimento e o horizonte de planejamento do plano (30 anos) com intervalos a cada década resulta em uma evolução de área ocupada conforme resumo abaixo (áreas em hectares):

- Ano 2019: 1.894 ha;
- Ano 2029: 1.943 ha;
- Ano 2039: 2.191 ha;
- Ano 2049: 2.470 ha.

Por hipótese, no cenário tendencial, considera-se que este crescimento da área de ocupação urbana acontece sobre as áreas de campo ou solo exposto, e que nada se altera em áreas com classificação de florestas, uma vez que parte delas refere-se a áreas de preservação ambiental. A redução das classes de campo e solo exposto é proporcional e na soma se iguala à expansão urbana, mantendo-se, obviamente, a área de cada sub-bacia.

3.3.3. *Cenário de Planejamento*

O cenário de planejamento apresenta o cenário ideal para a drenagem com as medidas de controle (estruturais e não estruturais) implantadas no município. É um cenário difícil de ser alcançando por diversos fatores

A drenagem urbana futura possui exigência planejada para o sistema, prevendo-se a evolução da condição urbanística atual em direção a um cenário esperado, próximo à saturação prevista. Estas condições se refletem diretamente no aumento da vazão e na necessidade de maior infraestrutura de drenagem e controle de inundações para a cidade.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

3.4. Cenário Normativo

Após a criação de diferentes cenários para as medidas estruturais, medidas não estruturais e com base no coeficiente de escoamento superficial, escolhe-se aquele que será utilizado como base para a criação de objetivos, metas, programas e o plano de ação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. Com base nas variáveis selecionadas para cada componente do cenário normativo (medidas estruturais, medidas não estruturais e coeficiente de escoamento superficial) foram escolhidas as hipóteses tendenciais relacionadas à estas componentes. Com a escolha das hipóteses futuras de drenagem urbana no município de Irati, serão desenvolvidos objetivos, programas, metas, proposição de regulamentações, plano de ação e cronograma para a elaboração e implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. O cenário normativo do Plano, incluindo as três componentes de elaboração de cenários, é representado na Figura 4.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 4 - Cenário normativo para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4. METAS E PRIORIDADES

O estabelecimento de metas e prioridades faz parte da fase de prognóstico do Plano, e é o foco do Plano de Ação do Programa Municipal de Drenagem Urbana abordado na sequencia. A fase de prognóstico envolve a formulação de estratégias para alcançar os objetivos, diretrizes e metas a serem definidas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, incluindo a criação ou adequação da estrutura municipal para o planejamento, a prestação de serviço, a regulação, a fiscalização e o controle social.

Nesta fase também serão analisadas e selecionadas as melhores alternativas de intervenção visando à melhoria das condições de drenagem urbana do município. Para tanto, as alternativas propostas serão compatibilizadas com as Políticas e os Planos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, bem como com outros programas e políticas de setores correlacionados existentes visando à efetividade das ações preconizadas.

As carências atuais de serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas servirão como base para propor as alternativas. As carências serão projetadas a partir do cenário proposto de evolução das medidas mitigadoras que puderem ser previstas no Plano Municipal de Drenagem Urbana para o horizonte de projeto.

A definição das diretrizes, alternativas, objetivos, metas, programas e ações do Plano serão adequadas e detalhadas de maneira que seja possível formular os projetos técnicos e operacionais para a posterior implementação dos serviços. A Figura 5 apresenta um quadro-esquema dos objetivos e metas estabelecidos para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irato; estes são detalhados a seguir.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

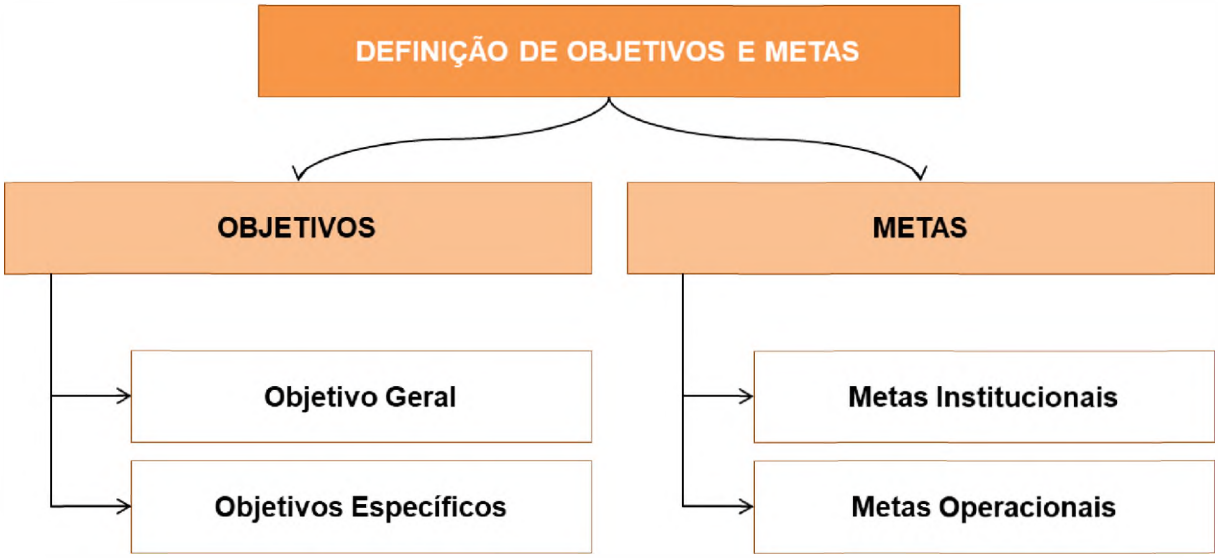


Figura 5 - Definição de objetivos e metas para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

4.1. Objetivos

Tem-se por objetivo geral o propósito a ser atingido por meio da implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, enquanto por objetivos específicos têm-se detalhadamente as particularidades envolvendo a implantação do Plano. A Tabela 9 apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos estabelecidos.

Tabela 9 - Objetivo geral e objetivos específicos do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

OBJETIVO GERAL
Universalizar o manejo de águas pluviais e drenagem urbana com regularidade, continuidade e funcionalidade visando evitar alagamentos, enchentes e inundações no município. Garantir a adequada coleta e destinação das águas pluviais e o controle de erosões.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
• Desenvolvimento da gestão pública, com reestruturação e capacitação, provendo recursos técnicos, materiais e operacionais necessários com programa de capacitação técnica do corpo técnico municipal; • Estabelecer legislação e fiscalização para garantir o adequado controle de águas pluviais em edificações privadas; • Estabelecer programas de educação ambiental para limpeza urbana e drenagem de águas pluviais. • Controlar o escoamento de água nos pontos de lançamento das galerias pluviais evitando a ocorrência de processos erosivos; • Estabelecer serviços de manutenção periódica dos sistemas de microdrenagem urbana.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

4.2. Metas

As metas foram estabelecidas de forma a atender os objetivos específicos e foram divididas em metas institucionais e metas operacionais. Estas são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Metas institucionais e operacionais do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

METAS INSTITUCIONAIS	
Capacitar a equipe técnica da prefeitura a exigir projetos de drenagem urbana para novos loteamentos, novas ruas e demais estabelecimentos que se verificar necessário.	A administração pública pode investir, conforme Plano Plurianual, no treinamento da equipe técnica no que diz respeito sobre manejo de águas pluviais e drenagem urbana. Desta maneira, a equipe técnica estará capacitada para a exigência de projetos de drenagem urbana para novos loteamentos, aprimorando a gestão destes serviços.
Realizar cadastramento do arruamento e sistemas de microdrenagem das áreas urbanas do município.	O cadastro do arruamento e sistemas de microdrenagem visa manter atualizadas as informações de pavimentação para em caso de novas obras e projetos; onde poderá auxiliar na execução dos mesmos.
Adequar e regulamentar legislação municipal referente ao manejo de águas pluviais e drenagem urbana, incluindo a exigência de projetos de drenagem para novos loteamentos e coeficiente mínimo de permeabilidade.	Para garantir a adequação de novos loteamentos e novos empreendimentos aos sistemas de microdrenagem já existentes no município, sugere-se à equipe técnica desenvolver um projeto de lei e enviar à Câmara Municipal de Vereadores para aprovação e publicação no Diário Oficial do município.
METAS OPERACIONAIS	
Instalar mecanismos de microdrenagem na sede municipal.	É necessária a instalação de mecanismos microdrenagem e caixas de captação e amortecimento para o controle de vazão nas áreas de ocorrência de alagamentos na sede municipal.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5. PROPOSIÇÃO DE REGULAMENTAÇÕES

A proposição de regulamentações para a drenagem urbana complementa as medidas não estruturais utilizadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, a fim de controlar na fonte os potenciais impactos de urbanização, ordenando assim as ações futuras da cidade (MARQUES, 2006). Esta dispõe de mecanismos para garantir a sustentabilidade na drenagem urbana, tanto para a situação atual do município quanto para o planejamento futuro. Ainda, de acordo com Tucci (2012), os impactos existentes e futuros na drenagem urbana são controlados por meio de medidas legais; podendo implicar em ressalvas para novos loteamentos, construções e reformas, e em incentivos fiscais em loteamentos, construções e reformas existentes. Estas medidas legais, combinada com modelos de gestão e financiamento, são partes integrantes dos instrumentos de planejamento de drenagem urbana (TUCCI, 2012) abordada no item 6.

Os mecanismos para regulamentação da drenagem urbana são realizados por meio de legislação específica e guias de práticas recomendáveis para desenvolver práticas sustentáveis; podendo estas possuir incentivo econômico (TUCCI, 2012). Na avaliação de medidas propostas, a fim de garantir o cumprimento das metas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, as diretrizes apresentadas na Figura 6 devem ser seguidas para o estabelecimento de regulamentações para este serviço.

Controle de Pico[1]	Desenvolvimento de Baixo Impacto
Manter a vazão máxima de pré-urbanização	Manter a vazão máxima de pré-urbanização e criar mecanismos de incentivo para o desenvolvimento sustentável

Figura 6 - Diretrizes para a proposição de regulamentações de drenagem urbana.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.
Nota: [1]vazão máxima que ocorre em um evento de inundação.

Desta forma, regulamentar os serviços de manejo pluviais e drenagem urbana, dentre outras medidas não estruturais, objetiva principalmente manter a vazão máxima de

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

pré-desenvolvimento e criar mecanismos de incentivo para o desenvolvimento sustentável, tendo como resultado:

- Minimizar o impacto na qualidade da água;
- Reduzir a erosão, o assoreamento e eventos de inundações;
- Garantir o desenvolvimento sustentável; e
- Utilização das sub-bacias como instrumento de gestão de drenagem urbana.

Desta forma, as regulamentações propostas para a drenagem urbana no município de Irati, para garantir o controle de pico e o desenvolvimento de baixo impacto no município são as apresentadas na Figura 7; estas são abordadas a seguir.

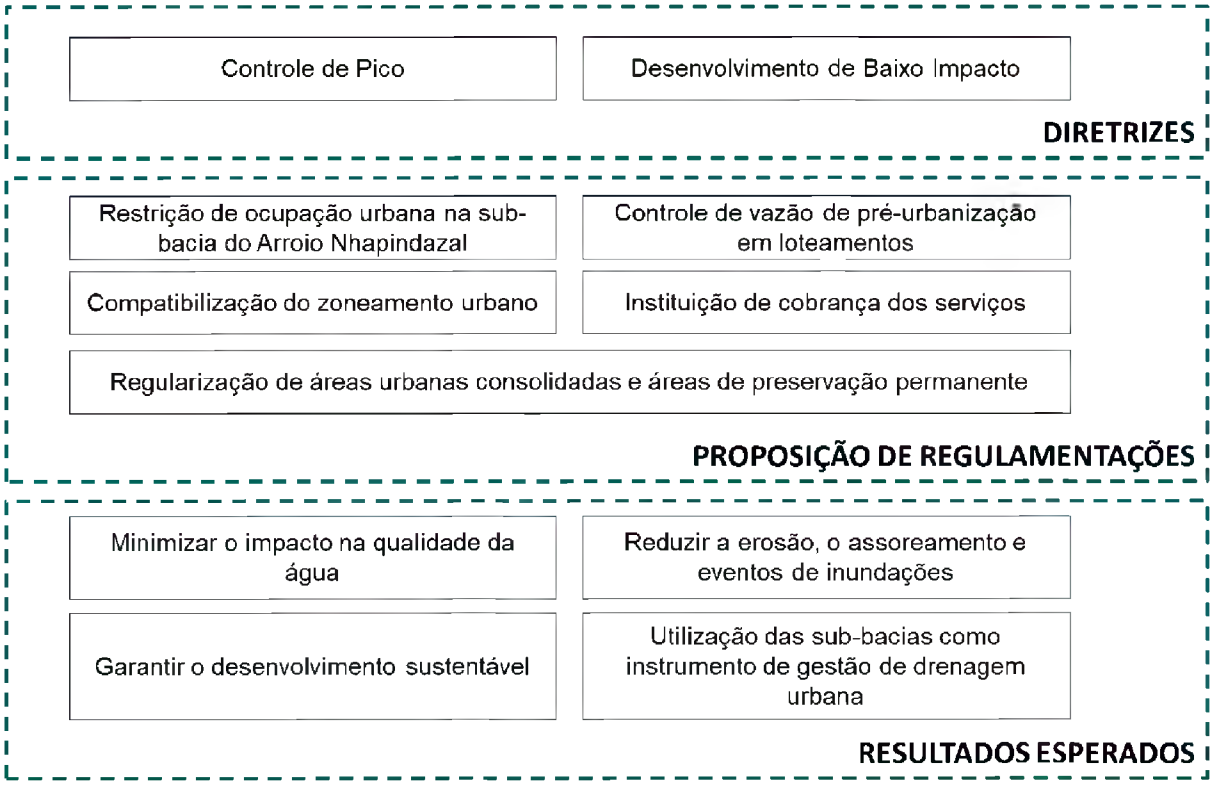


Figura 7 - Proposição de regulamentações e resultados esperados no município de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

5.1. Compatibilização do Zoneamento Urbano

O zoneamento ambiental é um dos instrumentos de planejamento urbano abordados no Estatuto da Cidade. De acordo com Baptista *et al*. (2015), o zoneamento de

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

um município, ao distinguir uso do solo e sua densidade de ocupação, faz com que seja permitida:

- A proteção de áreas ambientais sensíveis;
- A restrição do desenvolvimento em áreas de risco; e
- A restrição da ocupação de áreas de interesse para gestão de águas pluviais.

Por meio de partições espaciais, associadas aos tipos (residencial, comercial, entre outros) e os parâmetros (densidade de ocupação, área mínima, entre outros) de uso e ocupação do solo, os estudos de zoneamento contribuem para o desenvolvimento urbano; viabilizando um maior adensamento em regiões com menor sensibilidade a impactos ambientais, assim como para a restrição de uso e ocupação no solo em áreas ambientalmente mais sensíveis (BAPTISTA *et al.,* 2015). Para o município de Irati, a Lei nº 4.231 de 20 de dezembro de 2016 dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano e rural no município de Irati e dá outras providências. Conforme a referida Lei:

CAPÍTULO II – DO ZONEAMENTO

> *Art. 6. Entende-se por Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo, para efeito desta Lei, a divisão da área urbana do Município em zonas de uso e ocupação, segundo critérios de usos predominantes, de aglutinação de usos afins e de separação de usos conflitantes, objetivando a ordenação do território e o desenvolvimento urbano.*

A Lei também estabelece no artigo 6 que uso do solo trata-se do conjunto de atividades consideradas para cada zona, enquanto ocupação do solo diz respeito ao conjunto de parâmetros para cada ocupação dos lotes em cada zona. Assim, o artigo 8 da referida Lei indica as zonas nas quais o município fica subdividido (Tabela 11). Além disso, a Tabela 12 apresenta a taxa mínima de permeabilidade do solo (%) para cada zona, conforme definido na Lei de Uso e Ocupação de Solo de Irati (Lei nº 4.231/2016). Além disso, a Figura 8 apresenta a composição em área e porcentagem equivalente de cada zona no perímetro urbano de Irati.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 11 - Zoneamento de Irati estabelecido pelo Plano Diretor municipal.

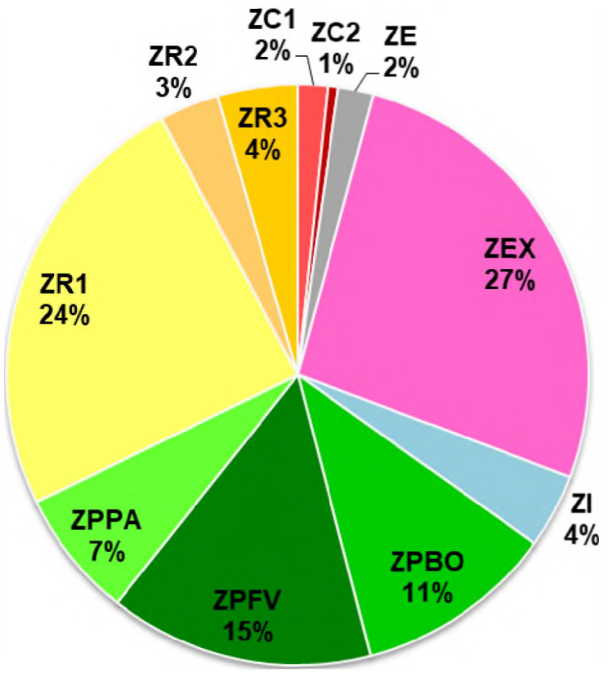
ZONA	DESTINAÇÃO PREDOMINANTE
Zona Comercial 1	Comércio e serviços centrais e vicinais; e ocupação multifamiliar de média e alta densidade.
Zona Comercial 2	Comércio e serviços setoriais; e uso residencial de baixa densidade, comércio e serviços vicinais.
Zona Industrial	Atividades industriais; e comércio e os serviços setoriais.
Zona Residencial 1	Uso residencial de baixa densidade.
Zona Residencial 2	Uso residencial de baixa e média densidade; e comércio e serviços vicinais.
Zona Residencial 3	Uso residencial de baixa e média densidade; moradia popular de interesse social; e comércio e os serviços vicinais.
Zona Especial	Manutenção de padrões urbanísticos específicos, como: edificações de uso público, ginásios, escolas, unidades de saúde, hospitais, cemitérios e outras áreas fins.
Zona de Proteção de Fundo de Vale	Preservação permanente das faixas não edificáveis ao longo de rios, córregos, arroios, nascentes e lagos localizados no quadro urbano sem permissão de ocupação.
Zona de Proteção de Bosques Nativos	Preservação das matas e bosques nativos ou recuperados localizados dentro do quadro urbano; poderá ser permitida a ocupação de chácaras e residências e, excepcionalmente, para empreendimentos de baixo impacto ambiental.
Zona de Proteção Paisagística	Preservação das áreas de morros e encostas; serão permitidas apenas chácaras de lazer, não sendo admitidos novos parcelamentos.
Zona Agrícola	Território rural do município e que somente poderá ser utilizada para atividades extrativas, agrícolas e pecuárias, dentre outras permissíveis estipuladas no Plano Diretor.
Zona de Expansão	Indicar à população e aos investidores o sentido preferencial da expansão de Irati, dentro do quadro urbano.
Áreas de Restrição de Uso	Áreas de inundações e enxurradas frequentes e recorrentes, de natureza brusca ou esporádica, áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamento de grande impacto ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, propensas ao desestímulo de novas ocupações e a novos parcelamentos.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 12 - Taxa mínima de permeabilidade do solo conforme zoneamento do Plano Diretor municipal.

ZONA	TAXA MÍNIMA DE PERMEABILIDADE DO SOLO (%)
Zona Comercial 1 (ZC1)	0
Zona Comercial 2 (ZC2)	30
Zona Industrial (ZI)	30
Zona Residencial 1 (ZR1)	40
Zona Residencial 2 (ZR2)	30
Zona Residencial 3 (ZR3)	50
Zona de Proteção de Bosques Nativos (ZPBO)	50
Zona de Proteção Paisagística (ZPPA)	50
Zona Agrícola (ZA)	50

A Zona Especial (ZE), a Zona de Expansão (ZEX) e Área de Restrição de Uso (ARU) não possuem taxa mínima de permeabilidade do solo; sendo a ARU as regiões propensas ao desestímulo de novas ocupações devido à suas características de frequentes inundações e enxurradas. Por fim, a Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV) é uma área de preservação permanente onde não se permite ocupação, sendo assim, não é estimada uma taxa mínima de permeabilidade do solo.



Perímetro Urbano	Zona	Área (km²)
	ZC1	0,86
	ZC2	0,30
	ZE	1,02
	ZEX	13,75
	ZI	2,15
	ZPBO	5,75
	ZPFV	7,62
	ZPPA	3,69
	ZR1	12,66
	ZR2	1,71
	ZR3	2,31
	ÁREA TOTAL	51,81

Figura 8 - Composição do zoneamento urbano de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Nota-se que as zonas mais representativas em Irati são a Zona Residencial 1 (contemplando 24% do território urbano municipal) e a Zona de Expansão (correspondente à 27% do perímetro urbano de Irati). Salienta-se que a Zona de Expansão (ZEX) indica à população e aos investidores o sentido preferencial da expansão de Irati, dentro do quadro urbano, e que esta ainda não apresenta taxa mínima de permeabilidade estabelecida pela Lei Municipal nº 4.231/2016.

É importante também avaliar o zoneamento em função das sub-bacias existentes na área urbana de Irati. A Figura 9 apresenta o zoneamento urbano de Irati em contraste com a delimitação das sub-bacias existentes no território urbano do município. Nota-se que cada sub-bacia é composta por parcelas de zonas urbanas, o que demonstra que o zoneamento urbano de Irati não leva em consideração a gestão das sub-bacias do território urbano do município. Sendo assim, cada parcela de zona urbana em cada sub-bacia apresenta uma taxa de permeabilidade mínima diferente, dificultando o escoamento superficial de cada sub-bacia do território urbano de Irati. As parcelas de zonas urbanas por sub-bacia são apresentadas na Figura 10. Para a compatibilização do Plano Diretor Municipal de Irati e o Plano Diretor de Drenagem Urbana – o qual leva em consideração a gestão por sub-bacias – sugerem-se duas formas de conciliar as informações:

- Uniformização da maior taxa de permeabilidade dentre as zonas presentes na sub-bacia – exceto para a ZPFV; e
- Uniformização da taxa de permeabilidade da zona urbana de maior parcela na sub-bacia – exceto pela alteração da taxa mínima de permeabilidade das ZPPA e ZPBO.

Na primeira sugestão, busca-se a uniformização da maior taxa de permeabilidade dentre as zonas presentes na sub-bacia. Avaliando a composição das sub-bacias pelas zonas urbanas nota-se que, se uniformizar a taxa de permeabilidade (Tabela 12) conforme o maior coeficiente existente dentre as zonas urbanas presentes na sub-bacia (Figura 10), cada sub-bacia deverá possuir taxa mínima de permeabilidade de 50%. Esta uniformização estende-se para a Zona de Expansão (ZEX) que está delimitada para a expansão urbana do município sem taxa de permeabilidade definida. Contudo, a uniformização da taxa mínima de permeabilidade de 50%, nesta primeira sugestão, não se aplica à Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV), visto que esta é uma área de preservação permanente onde não é permitida a ocupação.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

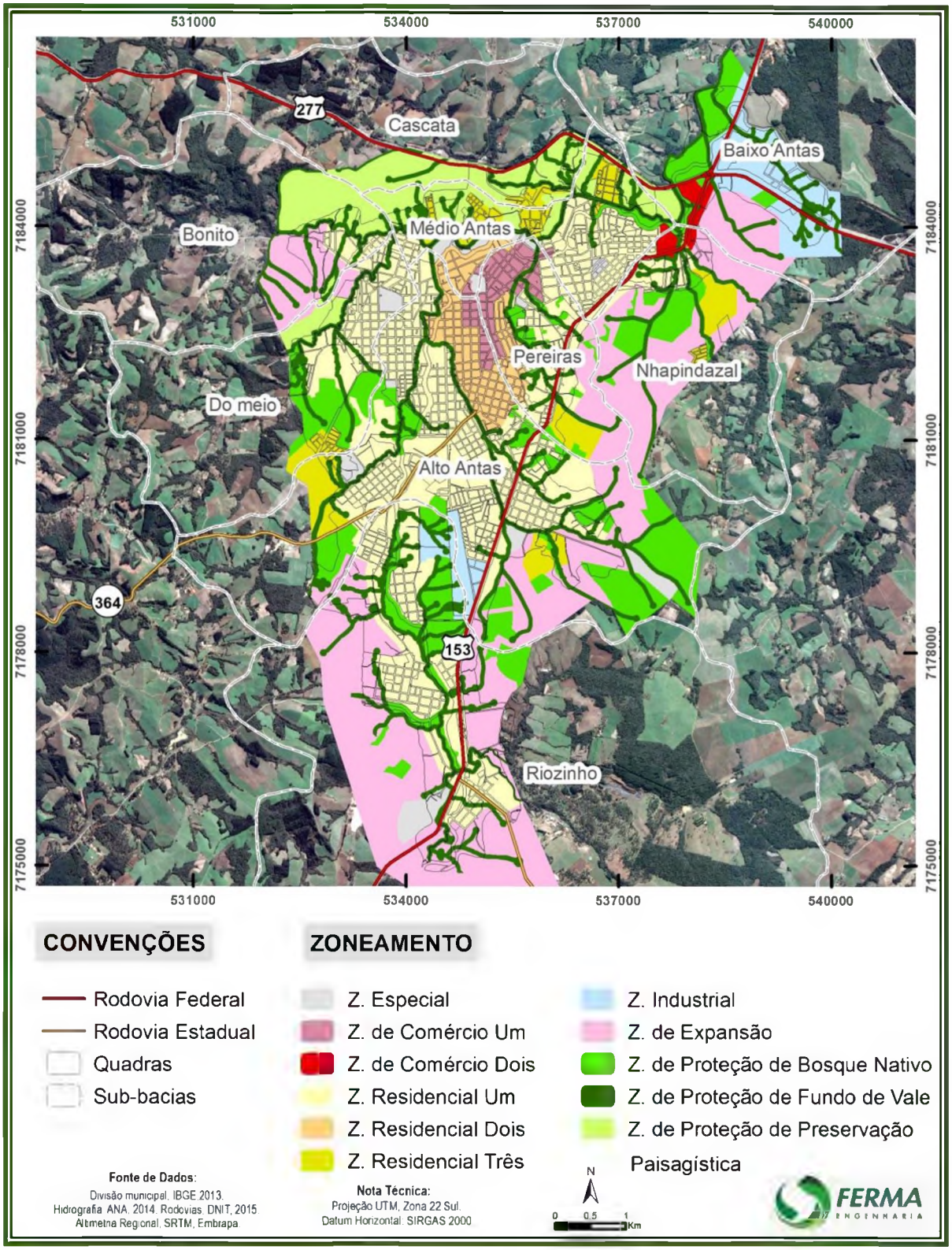


Figura 9 - Zoneamento municipal de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

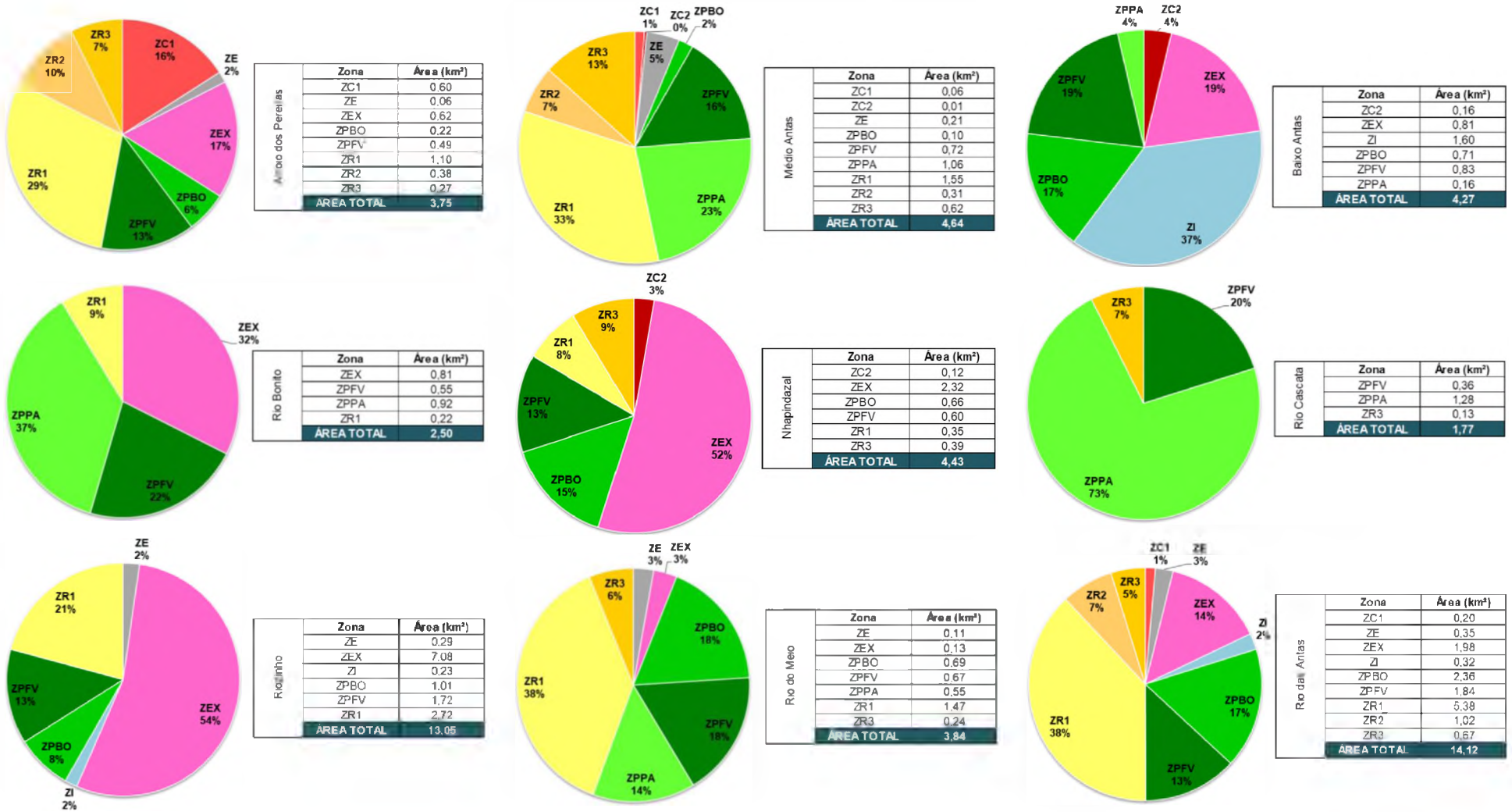


Figura 10 - Composição das sub-bacias, conforme o zoneamento urbano.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Outra sugestão para a compatibilização dos Planos é a uniformização da taxa de permeabilidade da zona urbana de maior parcela na sub-bacia. Desta forma, a uniformização da taxa mínima de permeabilidade é feita para as zonas residenciais e comerciais, Zona Especial (ZE), Zona Industrial (ZI) e Zona de Expansão (ZEX), de modo que prevaleça a taxa mínima de permeabilidade da maior parcela de zona urbana. Desta forma, as taxas estabelecidas seriam:

- **Sub-bacias Arroio dos Pereiras, Riozinho, Médio Antas, Rio do Meio, e Alto Antas:** 40%;
- **Sub-bacias Rio Bonito, Nhapindazal e Rio Cascata:** 50%; e
- **Sub-bacia Baixo Antas:** 30%.

A uniformização da taxa mínima de permeabilidade, para este cenário, não se aplica nas ZPPA e ZPBO – as quais continuam em 50% de permeabilidade – e não interfere na ZPFV. Deve ser mantida a taxa mínima de permeabilidade de 50% na Zona de Proteção de Bosques Nativos (ZPBO) e na Zona de Proteção Paisagística (ZPPA), pois se tratam de zonas de preservação ambiental. Além disso, salienta-se que a Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV) não está sujeita à impermeabilização devido à sua destinação predominante: área de preservação permanente.

Ainda, é definida pela Lei de Uso e Ocupação do Solo de Irati a Área de Restrição de Uso (ARU). De acordo com a Lei nº 4.231/2016:

> *Art. 8º - O município fica subdividido nas seguintes zonas, indicadas no ANEXO III – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO DE IRATI, parte integrante e complementar da presente Lei:*
>
> *(...)*
>
> *XIII – ÁREA DE RESTRIÇÃO DE USO – áreas de inundações e enxurradas frequentes e recorrentes, de natureza brusca ou esporádica, áreas suscetíveis a ocorrência de deslizamento de grande impacto ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, propensas ao desestímulo de novas ocupações e novos parcelamentos, podendo sofrer alterações desde que sejam realizados estudos de impacto ambiental e de vizinhança, sendo submetidos a audiências públicas.*

Apresenta-se na Figura 11 a ARU e o zoneamento municipal, enquanto a Figura 12 apresenta a ARU em concordância com a altimetria do município de Irati.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

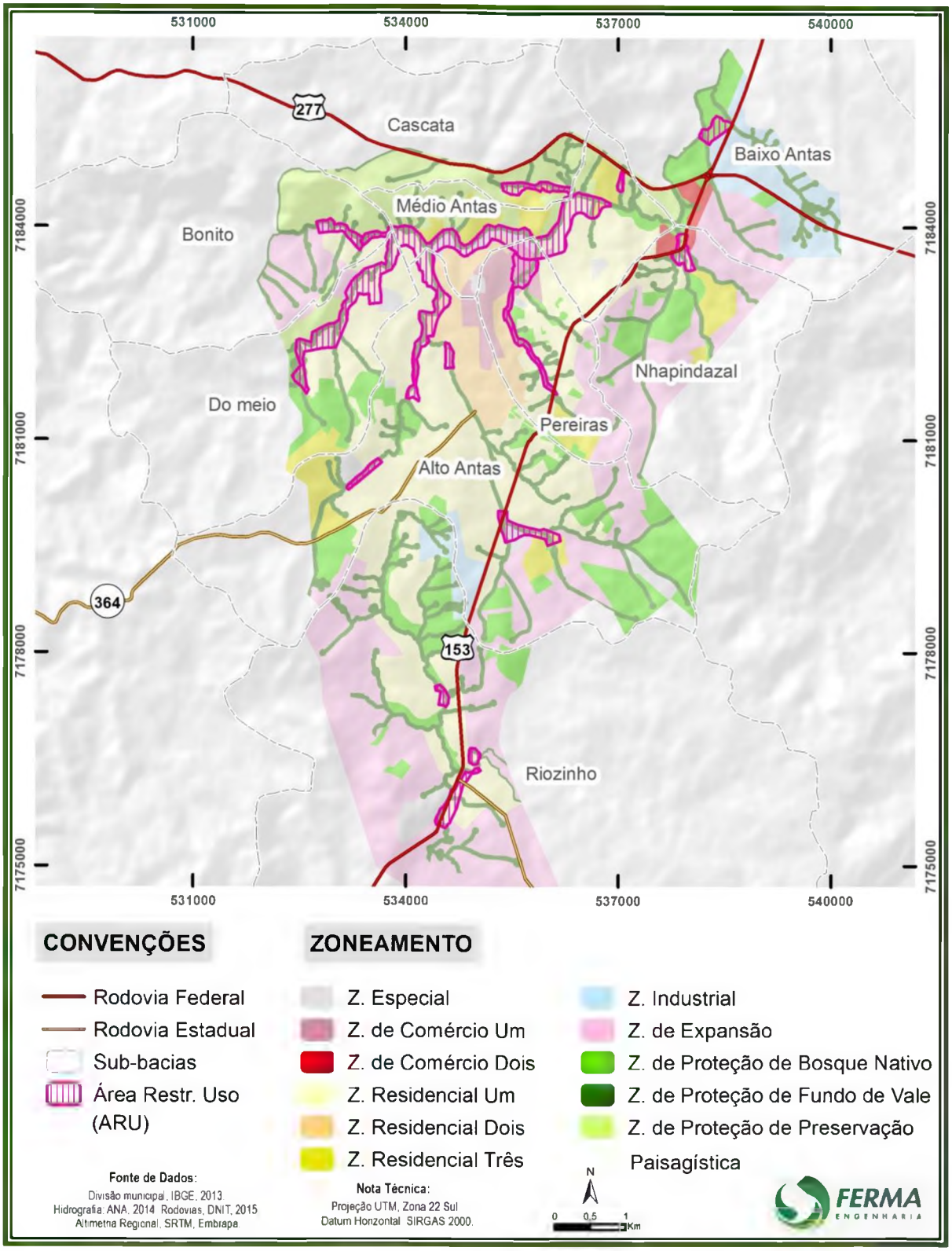


Figura 11 - Zoneamento municipal de Irati e áreas de restrição de uso.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

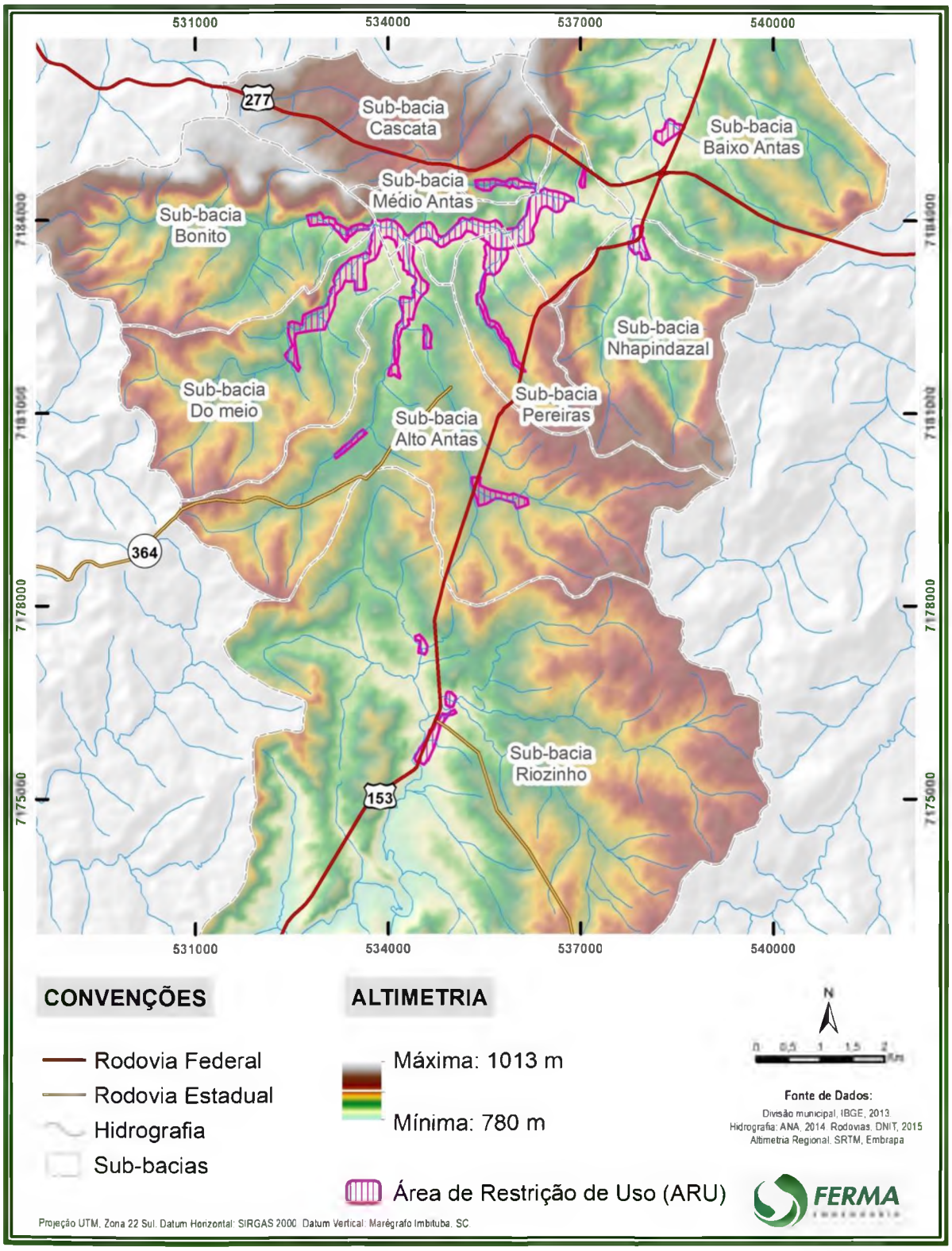


Figura 12 - Áreas de restrição de uso e altimetria de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em Irati, a ARU foi delimitada a partir da mancha de inundação de 2014 e sobrepõem as demais zonas que compõem o zoneamento urbano de Irati. Em seu território, não é permitido alterações de novos parcelamentos e novas ocupações devido as frequentes enchentes e enxurradas no local.

A partir da ARU delimitada pela mancha de inundação de 2014 foi feita a análise com curvas de nível e com observação em campo. Para esta análise da mancha de inundação de 2014, é necessário definir:

- **Enchente:** Elevação do nível do curso d'água, sem extravasamento;
- **Inundação:** Elevação do nível do curso d'água, com transbordamento, atingindo a planície de inundação ou área de várzea;
- **Enxurrada:** Escoamento superficial concentrado (das encostas até os cursos d'água) com alta energia de transporte;
- **Alagamento:** Acúmulo momentâneo de águas pluviais devido a problemas no sistema de drenagem.

Na Figura 13 esta apresentada a ARU e o polígono gerado após a análise realizada.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

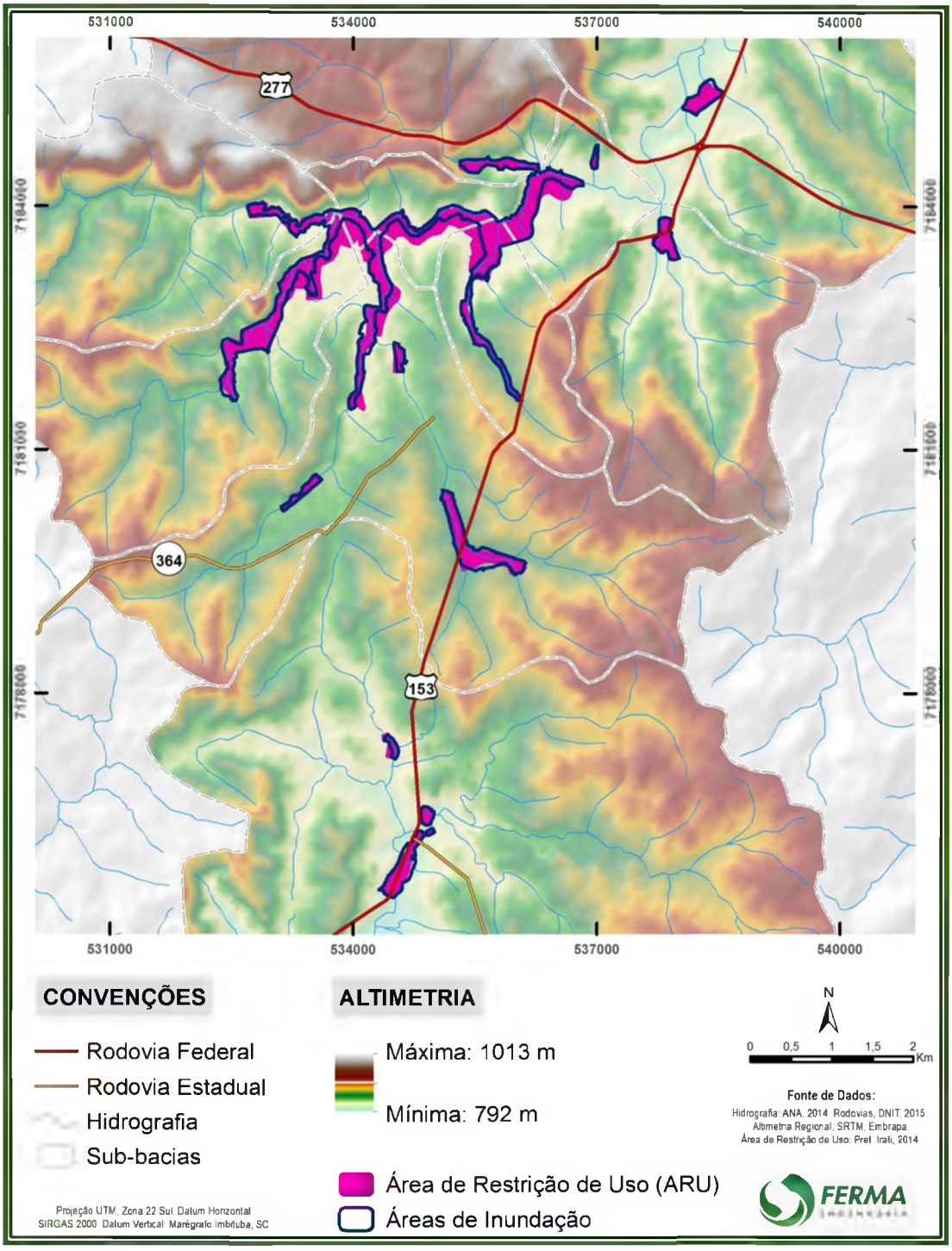


Figura 13 - Comparação entre ARU e polígono gerado após análise.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Na análise da mancha de inundação, definida como ARU no zoneamento urbano de Irati, em comparação com o levantamento dos pontos de alagamento e as curvas de nível do município, nota-se que há incoerência nos dados devido à delimitação de áreas

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

de alagamento agregadas à mancha de inundação dos cursos d'água. A Figura 14 apresenta a separação da mancha de inundação gerada após análise e os pontos possíveis de alagamento em Irati.

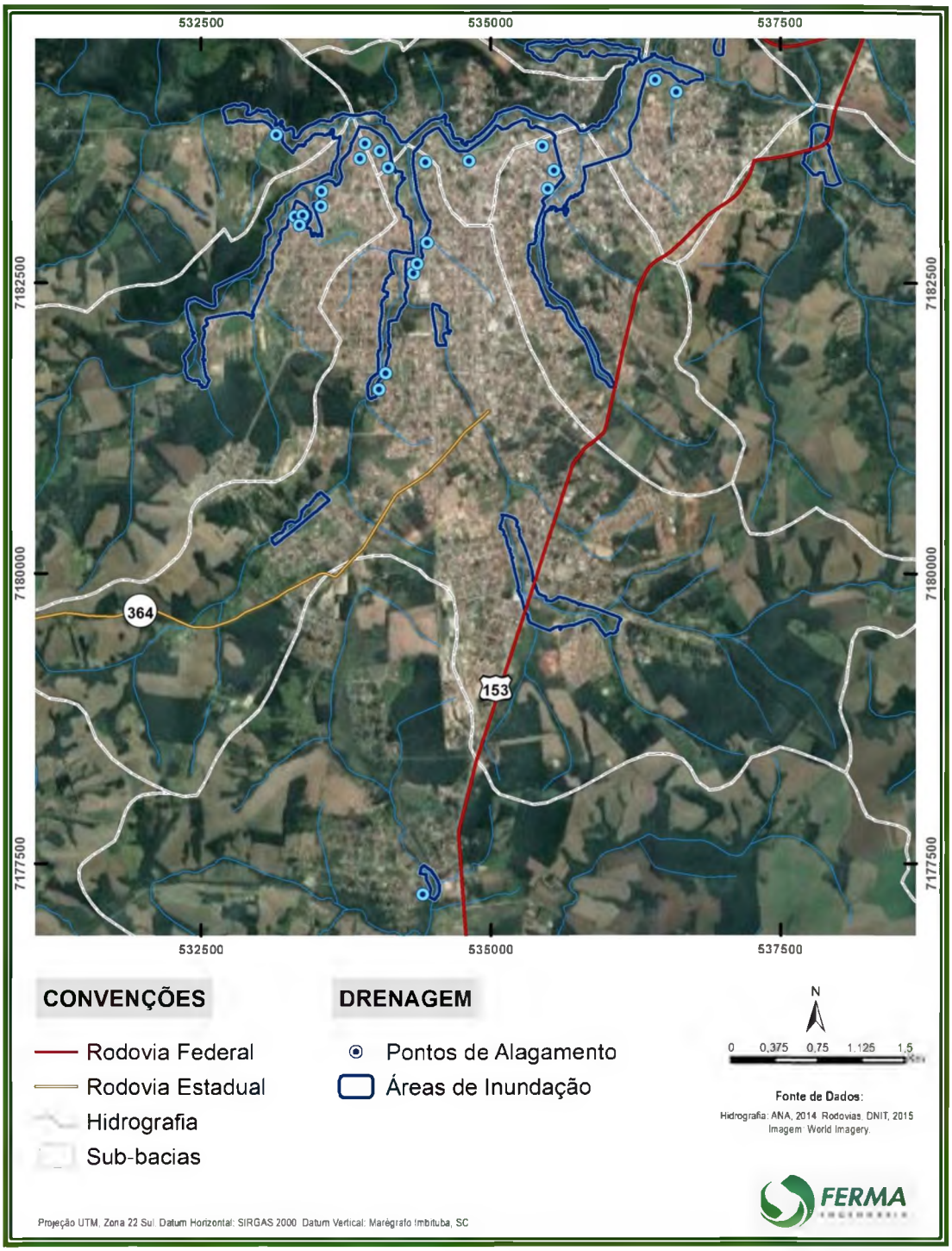


Figura 14 - Mancha de inundação gerada e pontos de alagamento
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Sendo assim, para uma definição mais precisa da área de restrição de uso em Irati sugere-se a realização de estudos para a delimitação das áreas de inundação e o monitoramento frequente para a determinação da mancha de inundação dos cursos d'água em Irati. Desta forma, ao gerar um histórico destas informações, pode-se determinar com maior precisão as áreas que precisam ou não ser classificadas como áreas de restrição de uso.

Além disso, sugere-se que a ARU inclua a delimitação da Zona de Proteção Paisagística (ZPPA), Zona de Proteção de Proteção de Bosques Nativos (ZPBO) e Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV). A proteção de morros, encostas e cursos d'água – destinação predominante das ZPPA e ZPFV – é garantida pelo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012) para a preservação ambiental e, consequentemente, redução no escoamento superficial causado pela impermeabilização destas áreas e a necessidade de dispositivos de drenagem urbana no município. Além disso, a inclusão da ZPBO como ARU possibilita a continuidade da existência de zonas permeáveis no perímetro urbano do município, necessárias para auxiliar na infiltração do escoamento superficial e no manejo de águas pluviais no município.

A proteção de tais áreas também é garantida pela Lei Municipal nº 4.234/2016, onde é citado no artigo 5º:

> *Art. 5º - Nenhum parcelamento do solo será permitido:*
>
> *(...)*
>
> *V – em áreas de preservação ecológica, ou naquelas onde a poluição impeça condições suportáveis, até a sua correção;*
>
> *VI – em terrenos situados nas ZONAS DE PROTEÇÃO DE FUNDO DE VALE – ZPFV e nas ZONAS DE PROTEÇÃO PAISAGÍSTICA – ZPPA.*

5.2. Restrição de Ocupação Urbana na Sub-bacia do Arroio Nhapindazal

Conforme apresentado no Produto 2 – Relatório de Diagnóstico de Drenagem Urbana, a área urbana de Irati é composta por nove sub-bacias, dentre estas, a sub-bacia do Arroio Nhapindazal. Esta é composta, principalmente, por campos e florestas (Figura 15), representando 0,85 km² de área urbana.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

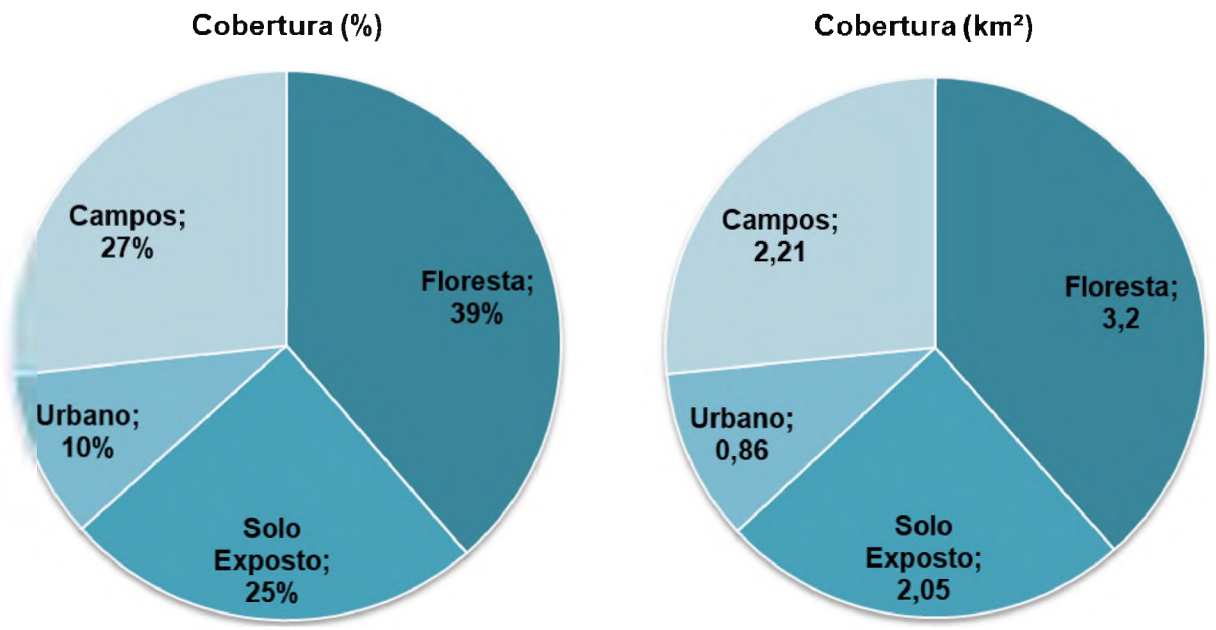
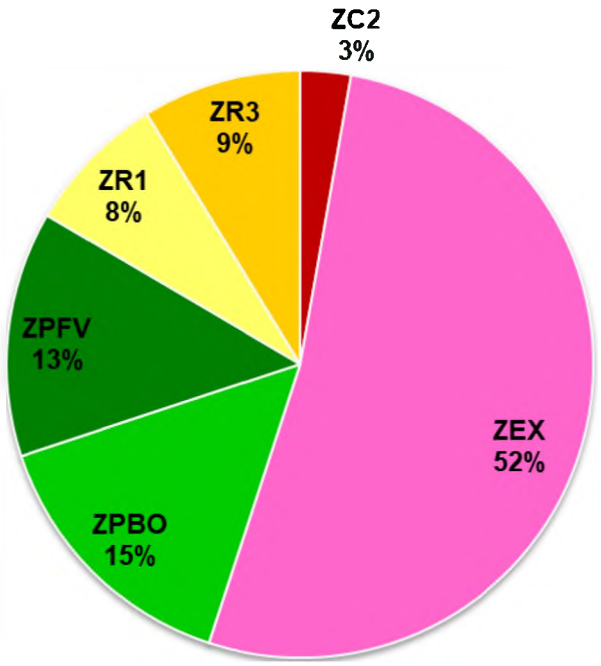


Figura 15 - Cobertura do solo da Sub-bacia do Arroio Nhapindazal.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

A Sub-bacia do Arroio Nhapindazal é responsável pelo abastecimento de água do município de Irati, fato que implica no controle e monitoramento do local. Desta forma, é a principal sub-bacia para uma gestão de conservação, visando a manutenção das suas condições naturais sendo esta sub-bacia uma área com restrição à ocupação urbana. Avaliando a composição da sub-bacia em questão, nota-se que aproximadamente 50% do território da Sub-bacia do Nhapindazal é delimitada como zona de expansão urbana (Figura 16). Contudo, devido à sua necessidade de conservação e manutenção das condições naturais por tratar-se da sub-bacia de abastecimento de água do município, sugere-se que a Sub-bacia do Arroio Nhapindazal seja também classificada como Área de Restrição de Uso (ARU).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Nhapindazal	Zona	Área (km²)
	ZC2	0,12
	ZEX	2,32
	ZPBO	0,66
	ZPFV	0,60
	ZR1	0,35
	ZR3	0,39
	ÁREA TOTAL	4,43

Figura 16 - Zoneamento urbano de Irati na sub-bacia do Arroio Nhapindazal.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Segundo BAPTISTA *et al.* (2015), é comum a ocupação irregular em áreas com restrição à ocupação legal no Brasil, sendo importante a implantação de equipamentos de interesse coleto nestas áreas. Estes podem ser equipamentos de controle de águas pluviais, áreas verdes, praças e parques (BAPTISTA *et al.*, 2015). A Lei Municipal nº 4.234, de 20 de dezembro de 2016, dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no município de Irati e afirma em seu inciso VI, artigo 4, que áreas verdes são:

> *Art. 4º - Para efeitos de aplicação dessa Lei, são adotadas as seguintes definições:*
>
> *(...)*
>
> *VI – Áreas verdes: espaços livres de uso público, com tratamento paisagístico, reservadas à cumprir única ou múltiplas funções de contemplação, repouso, preservação e lazer, nelas permitindo-se a instalação de imobiliário urbano de apoio à estas atividades.*

Segundo Lima *et al.* (1994 apud PANASOLO *et al.*, 2016) as definições de área verde, parque urbano e praça, em consultas à comunidade científica e prefeituras, são nestes termos:

- **Área Verde:** local onde a vegetação arbórea predomina; engloba as praças, jardins públicos e parques urbanos;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Parque Urbano:** área verde com função ecológica, estética e de lazer de extensão maior do que praças e jardins públicos; e
- **Praça:** tem como função principal o lazer e não necessariamente é considerada uma área verde quanto o local é impermeabilizado e não possui vegetação.

Ainda, Baptista *et al.* (2015) citou como procedimentos para a restrição de ocupação os equipamentos de controle de águas pluviais; estes de medidas estruturais como bacias de detenção.

Portanto, devido à necessidade de manutenção das condições naturais da Sub-bacia do Arroio Nhapindazal para a conservação do manancial de abastecimento do município de Irati, a área da sub-bacia deve ser considerada como área de restrição de uso; evitando ser ocupada e sendo utilizada pelo município como um parque urbano de áreas verdes. A utilização de equipamentos de controle de águas pluviais e praças, apesar da restrição à ocupação, não garantem a manutenção das condições naturais da sub-bacia. Com a construção de um Parque Urbano, as condições naturais do local não serão alteradas, promovendo o desenvolvimento de baixo impacto ambiental e restringindo o local à ocupação urbana.

5.3. Controle de Vazão de Pré-urbanização em Loteamentos

É descrito na Lei Municipal nº 4.235 de 20 de dezembro de 2016 – que dispõe sobre as edificações e obras no município de Irati – que o escoamento superficial de águas pluviais de qualquer edificação (residencial ou não residencial, pública ou privada) deve ser feito exclusivamente dentro dos limites do terreno. Contudo, além do escoamento superficial, deve ser garantida a vazão específica gerada por cada sub-bacia em suas condições naturais; esta considerada como vazão de pré-urbanização.

Trata-se da vazão que corresponde às condições mais próximas da situação natural anteriormente ao aumento de áreas impermeáveis. A vazão de pré-urbanização foi calculada para cada sub-bacia do município de Irati no Produto 3 – Relatório de Análise de Drenagem Urbana e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 13.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 13 - Vazão de pré-urbanização, por sub-bacia.

SUB-BACIA	Q_N (l/s.ha)
Alto Antas	36,64
Bonito	25.43
Cascata	20,06
Do Meio	29,37
Pereiras	37,78
Médio Antas	52,89
Nhapindazal	40,40
Baixo Antas	18,22
Riozinho	17,29

A implantação de empreendimentos e loteamentos causa o aumento de áreas impermeáveis nas sub-bacias, resultando em uma vazão maior de escoamento por conta da interferência na infiltração de águas pluviais pelo aumento de locais impermeáveis. Isto causa uma vazão de saída (vazão gerada por cada lote) maior do que a vazão de pré-desenvolvimento do local; esta é calculada pela vazão de pré-desenvolvimento (Tabela 13) pela área do lote em hectares.

Desta forma, para evitar problemas causados pelo aumento da vazão de águas pluviais, toda ocupação que resulte em superfície impermeável na sub-bacia deverá possuir uma vazão máxima de saída para a rede pública que não ultrapasse a vazão de pré-desenvolvimento da sub-bacia do qual o lote está inserido. O excesso de vazão deverá ser retido na fonte, por meio de mecanismos de manejo de águas pluviais que realizem este controle da vazão de saída, compensando o escoamento superficial causado pelo aumento da impermeabilização do lote.

Os cálculos para a vazão excedida e as formas de retenção serão apresentados no Manual de Drenagem deste Plano Diretor de Drenagem Urbana para auxiliar a administração pública e população neste controle de vazão. Este controle deverá ser regulamentado pela administração pública para auxiliá-la na fiscalização do desenvolvimento de medidas de controle da vazão excedente. Tal controle deverá ser realizado tanto para loteamentos existentes quanto para novos loteamentos, conforme estabelecido pela Figura 17.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

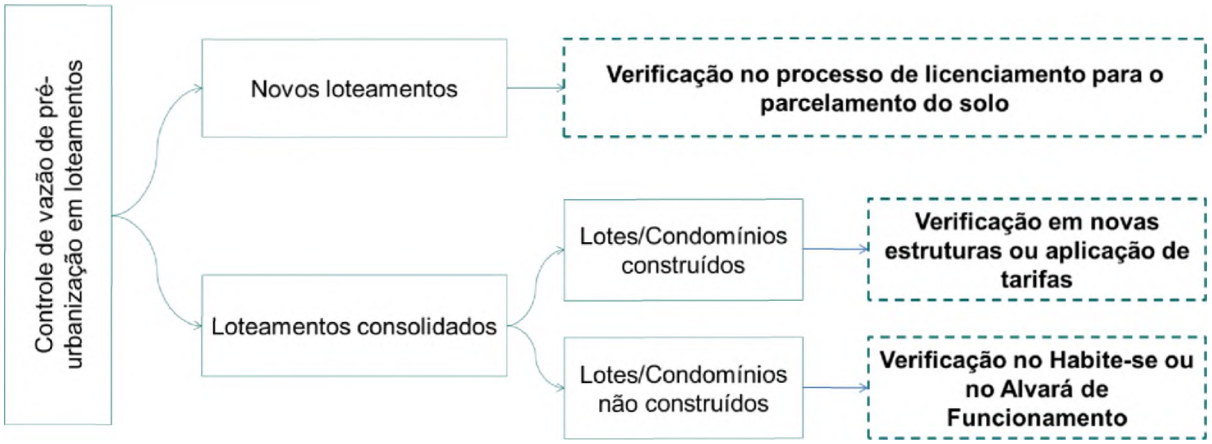


Figura 17 - Formas de controle de vazão de pré-desenvolvimento em loteamentos.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Para a exposição de medidas possíveis de controle de vazão de pré-urbanização, é necessário definir de acordo com a Lei nº 4.234/2016:

> *Art. 4º - Para efeitos dessa Lei, são adotadas as seguintes definições:*
>
> *(...)*
>
> *X – Condomínio horizontal: modelo de parcelamento do solo formando área fechada por muros, com acesso único controlado, em que a cada unidade autônoma cabe como parte inseparável, fração ideal de terreno correspondente às áreas comuns destinadas a vias de acesso e recreação;*
>
> *(...)*
>
> *XXVII – Lote ou data: terreno com acesso ao logradouro e servido de infraestrutura, cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos em lei municipal de uso e ocupação do solo para a zona a que pertence;*
>
> *XXVIII – Loteamento: subdivisão de gleba em lotes destinados à edificação, com abertura de novas vias de circulação e logradouros públicos, ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias já existentes.*

No que se refere aos novos loteamentos, o Capítulo IV – Do Procedimento para Loteamentos Urbanos descrito na Lei Municipal nº 4.234 de 20 de dezembro de 2016 – a qual dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos – informa sobre o processo de licenciamento para a execução de qualquer tipo de parcelamento do solo para a expansão urbana.

Desta forma, sugere-se que o controle do excesso de vazão causado pela impermeabilização do solo em novos loteamentos seja incluído neste procedimento. O

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

controle de vazão em novos loteamentos pode ser realizado para todo o loteamento ou apenas para as partes em comum como as vias de circulação, onde a vazão excedida à vazão de pré-desenvolvimento é armazenada em uma bacia de detenção, por exemplo. Caso o loteamento realize o controle da vazão de pré-urbanização levando em consideração apenas as partes em comum, será necessária a retenção na fonte em cada lote individual; fator que não será necessário caso seja realizada uma forma de controle de vazão para toda a área do loteamento.

Para loteamentos consolidados, as formas de controle de vazão de pré-desenvolvimento deverão ser desenvolvidas para a retenção em cada lote de geração de vazão excedida. Em casos de loteamentos consolidados onde a área ainda não foi construída, ou seja, sem impermeabilização no lote, a fiscalização do controle de vazão excedida pode ser realizada por meio do Habite-se.

Para a liberação de habitação de novas construções, os proprietários dos imóveis devem pedir, na prefeitura municipal, a vistoria para a liberação de habitação, o chamado Habite-se. Este é um ato administrativo que implica na vistoria das novas habitações para a comprovação de que o domicílio e/ou empreendimento foi construído seguindo as exigências estabelecidas pela legislação. Desta forma, sugere-se que para novas construções em loteamentos consolidados a fiscalização do controle de vazão excedida esteja estabelecida nesta liberação.

Outra forma de controle é no processo de Alvará de Funcionamento quando o lote é utilizado para a implantação de um estabelecimento comercial, industrial ou de prestação de serviços urbano e rural. No Código de Posturas do município (Lei nº 4.229 de 20 de dezembro de 2016) é descrito no Título II – Do Licenciamento a respeito do procedimento para obtenção do Alvará de Funcionamento na instalação de estabelecimento comercial, industrial ou de prestação de serviços urbano e rural. No processo para a obtenção da licença, uma das etapas a serem cumpridas é que os estabelecimentos necessitam estar de acordo com as normas relativas ao uso e ocupação do solo e zoneamento municipal.

Assim, para garantir a vazão de pré-desenvolvimento em empreendimentos, o controle de retenção na fonte pode ser realizado no decorrer do processo de obtenção do

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Alvará de Funcionamento destes locais. Salienta-se que para condomínios horizontais pode ser realizada uma solução única de controle de vazão de pré-urbanização para toda a parte impermeabilizada do condomínio horizontal (lotes, vias de acesso e áreas de recreação), sendo realizado o mesmo procedimento de verificação do controle de vazão.

No que se trata de loteamentos consolidados, com lotes e condomínios horizontais construídos, sugere-se que a exigência á adequação seja realizada na renovação do alvará – documento expedido pela Prefeitura Municipal de Irati, o qual autoriza o funcionamento de atividades ou execução de serviços e obras (Lei Municipal nº 4.235/2016). Outra forma de controle de vazão de pré-urbanização para lotes já impermeabilizados é a compensação do escoamento superficial por meio do pagamento de taxas e tarifas. É uma maneira de garantir que a Prefeitura Municipal de Irati terá subsídio para o manejo do escoamento superficial gerado pelos lotes impermeabilizados.

Assim, é possível que responsável pelo lote impermeável sem controle de vazão de pré-urbanização opte por realizar as adequações necessárias no lote para o controle de vazão ou pelo pagamento de tarifas para o gerenciamento do escoamento superficial por parte da gestão pública. Mais informações a respeito da instituição de cobrança pelos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana são apresentadas no item 5.5.

A escolha do mecanismo de drenagem (por exemplo, cisternas e poços de infiltração) que faça este controle da vazão de saída depende de vários fatores, como por exemplo, a vazão excedente à vazão de pré-urbanização e o tipo de solo no local. Em relação ao tipo de solo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) realizaram o mapeamento de solos do estado do Paraná, tendo sido publicado pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG, 2008).

A descrição das classes de solo está na Tabela 14, indicando que os solos com textura argilosa são capazes de reterem maior umidade – como no caso dos cambissolos háplicos Tb distróficos (CXbd4), latossolos vermelhos distróficos (LVd2) e nitossolos háplicos alumínicos (NXa2). Deve-se considerar ainda a associação destes solos, devido que estes podem apresentar característica de mais de um tipo de solo.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 14 - Classificação dos solos na área urbana de Irati.

SÍMBOLO	GRUPO	CLASSE	TEXTURA
PVAd4	Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	Associação Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Latossolo Bruno Distrófico típico	Média / Argilosa
PVAd17	Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos	Associação Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico + Neossolo Litólico Distrófico típico	Média / Argilosa
CXa1	Cambissolos Háplicos Alumínicos	Associação Cambissolo Háplico Alumínico típico + Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico alissólico	Média / Argilosa
CXbd4	Cambissolos Háplicos Tb Distróficos	Associação Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico, álico + Alissolo Crômico Húmico típico	Argilosa
LVd2	Latossolos Vermelhos Distróficos	Associação Latossolo Vermelho Distrófico típico, álico + Nitossolo Háplico Distrófico típico, álico	Argilosa
NXa2	Nitossolos Háplicos Alumínicos	Associação Nitossolo Háplico Alumínico típico + Cambissolo Háplico Alumínico típico	Argilosa
RLd15	Neossolos Litólicos Distróficos	Neossolo Litólico Distrófico típico	Siltosa

Fonte: ITCG, 2008.

A Figura 18 apresenta a distribuição espacial de solos na área urbana de Irati – em que há predominância da associação de latossolo vermelho distrófico típico, álico e nitossolo háplico distrófico típico, álico (LVd2).

Ao se analisar a distribuição espacial dos solos e a taxa de permeabilidade na área urbana de Irati, deve-se salientar que este mapeamento foi realizado para o estado do Paraná, o qual pode apresentar divergências da realidade, necessitando de coletas em campo para conferência dos dados. Além da textura, outras análises devem consideradas para obter a taxa de permeabilidade do solo, tais como a porosidade, estrutura do solo, a posição topográfica no relevo, o uso atual, a presença de vegetação e erosão no local.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

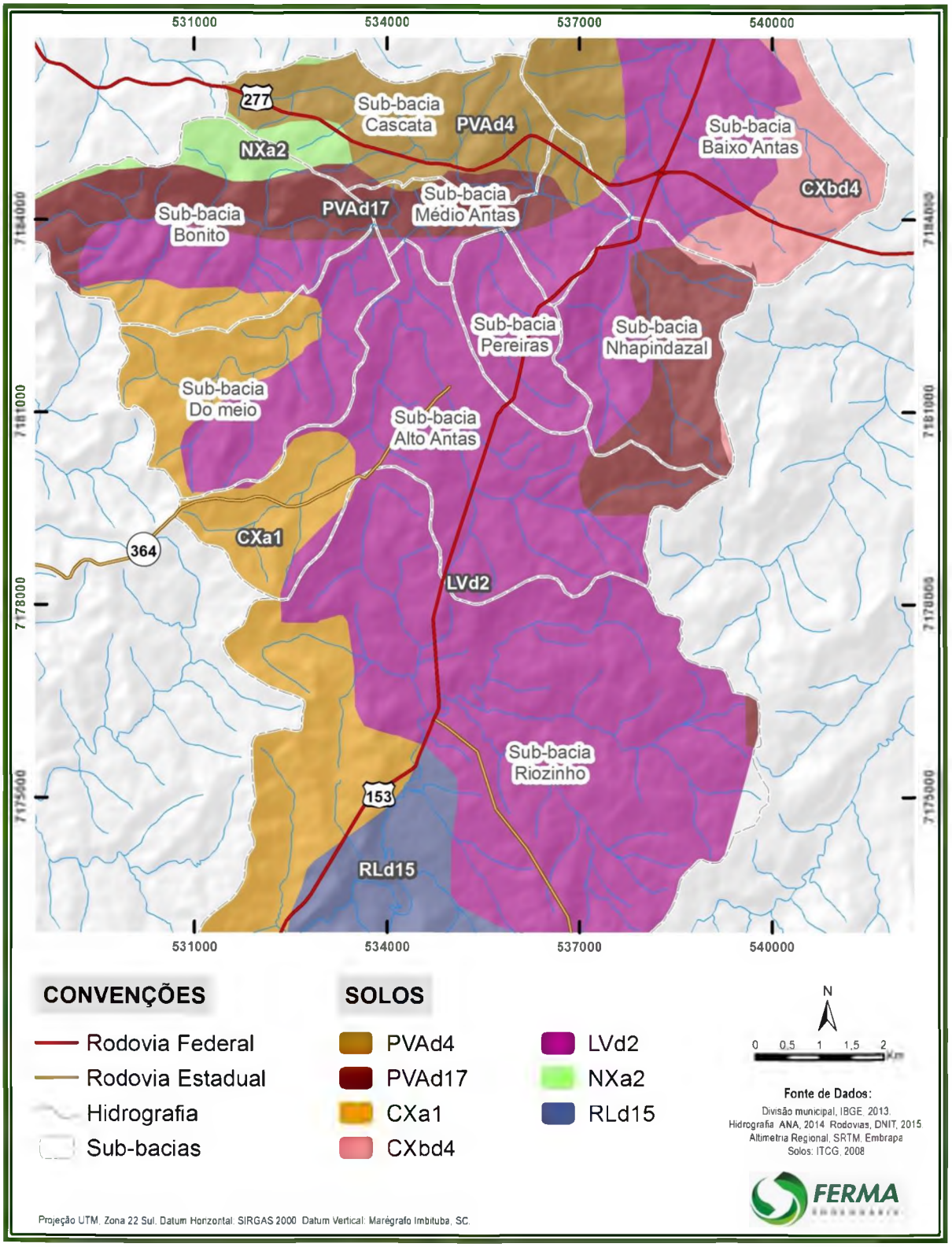


Figura 18 - Tipos de solos presentes na área urbana do município de Irati.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em Irati, a implantação de reservatórios para o controle de cheias e alagamentos é regulamentada pelo Decreto nº 091, de 23 de fevereiro de 2015, onde:

> *Art. 4º - Será obrigatória a implantação de reservatórios de retenção nos novos empreendimentos, empreendimentos em implantação que ainda não tenham sido iniciadas as obras na data de publicação deste Decreto, ampliações e/ou reformas e regularizações situados dentro do quadro urbano, ou fora deste, mas que tenham influência no volume hídrico dos canais ou galerias responsáveis pela macrodrenagem do quadro urbano, conforme específica este Decreto a seguir.*
>
> *Parágrafo Único – A obrigatoriedade de que trata o "caput" deste artigo não se aplica aos imóveis que contenham Unidade de Interesse de Preservação e aos imóveis destinados para a implantação de edificações unifamiliares com área construída de até 100,00 m² (cem metros quadrados) e que impermeabilizem até 125,00 m² (cem e vinte e cinto metros quadrados) incluindo-se calçados e ou outras impermeabilizações.*

Contudo, sugere-se que este controle de cheias e alagamentos seja estendido para todas as áreas impermeabilizadas do município, incluindo as áreas urbanas consolidadas em Irati, o qual pode ser realizado por meio do controle da vazão de pré-urbanização apresentado anteriormente. Desta forma, cada lote realizará o controle do escoamento superficial, minimizando os impactos na rede pública de drenagem urbana. Como formas de controle de vazão de pré-urbanização pode-se citar a utilização de cisternas ou a construção de poços de infiltração, dispositivos de drenagem que serão descritos detalhadamente no Manual de Drenagem do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

5.3.1. *Cisternas*

A cisterna é um reservatório que faz a captação da água da chuva e armazena para uso doméstico em geral, sendo um sistema de aproveitamento da água da chuva de baixo custo para armazenar água para usos restritos no ambiente doméstico como a lavagem de quintais, calçadas, veículos, regas de jardins. Também pode ser utilizada para fins públicos na lavagem de ruas e regas de praças e jardins.

O funcionamento da cisterna é simples: a água da chuva é captada pelas calhas e encaminhada a um filtro que elimina as impurezas como folhas ou galhos e em seguida enche o reservatório. Por ser proveniente da chuva, a água obtida não é considerada potável, portanto, não é adequada para consumo humano.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em conjunto com outros dispositivos como valas de infiltração, a cisterna pode ser utilizada para o controle da vazão de pré-urbanização determinada para cada sub-bacia. A Figura 19 apresenta algumas vantagens e desvantagens da utilização de cisternas.

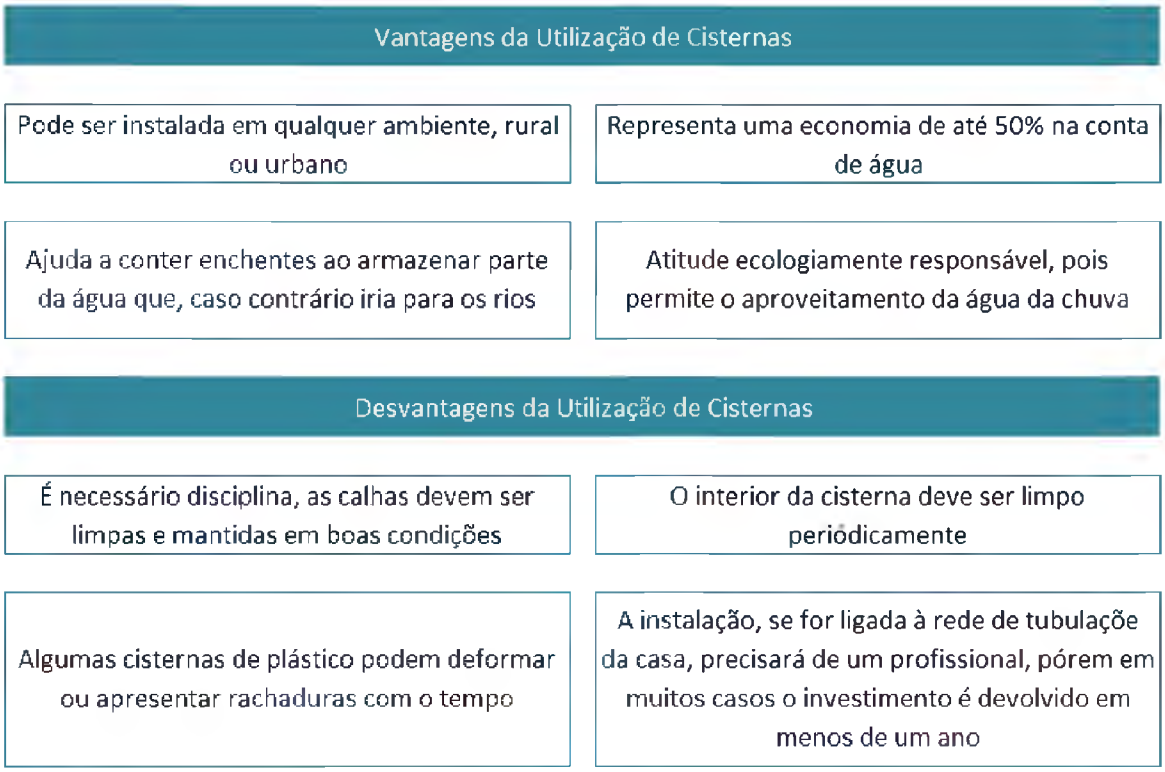


Figura 19 - Vantagens e desvantagens da utilização de cisternas

Não existe um método ótimo para dimensionamento da cisterna, porém ela deve seguir os requisitos da NBR 15.527/07 - Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, considerando ainda os custos empregados.

5.3.2. *Poços*

Os poços de infiltração são dispositivos com pequena ocupação de área superficial, projetados para retirar as águas pluviais diretamente no subsolo. Esta técnica tem como vantagem poder ser utilizada em zonas permeáveis ou zonas onde a camada superficial é pouco permeável, mas que em camadas mais profundas apresentam capacidade de infiltração.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Esse dispositivo permite reduzir as vazões de pico e diminuir os volumes de água que são encaminhados para a rede de microdrenagem. Os poços se integram facilmente ao ambiente urbano e ao paisagismo além de ocupar uma pequena área.

As águas são introduzidas no dispositivo diretamente por escoamento superficial ou por meio de rede de drenagem e o armazenamento temporário se dá em um poço vazio ou preenchido com materiais porosos. Em geral, sua capacidade e de armazenamento não é muito grande, dessa forma, essas estruturas são utilizadas de maneira complementar a outras (cisternas, por exemplo). A Figura 20 apresenta um esquema de poço de infiltração.

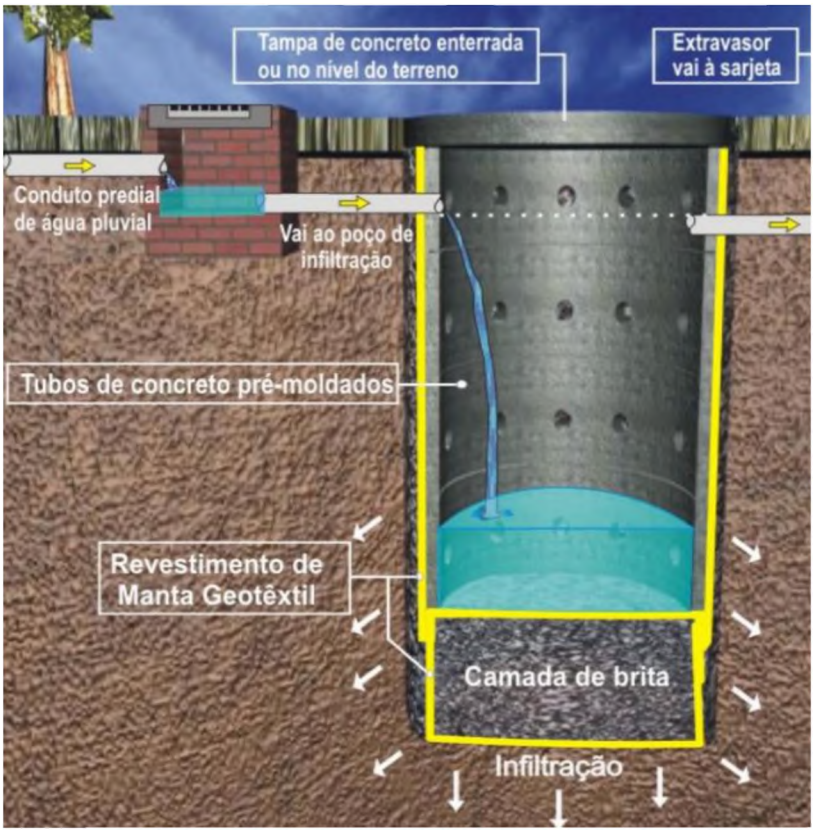


Figura 20 - Sistema de drenagem na fonte por meio de poço de infiltração.
Fonte: Reis et al., 2008.

Para a determinação da vazão de saída do dispositivo, é necessário realizar estudos prévios que permitam avaliar a capacidade de absorção do solo com o maior rigor possível para o bom funcionamento do poço. A Figura 21 apresenta algumas vantagens e desvantagens da utilização de poços de infiltração.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

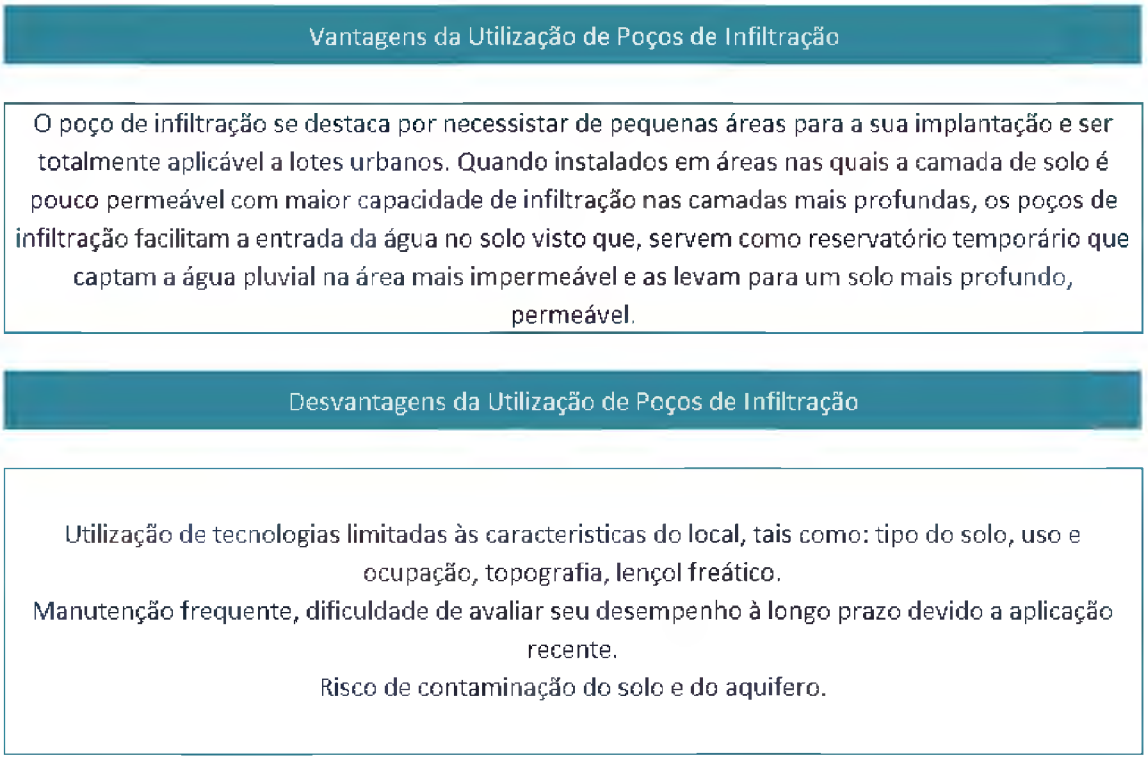


Figura 21 - Vantagens e desvantagens da utilização de poços de infiltração

5.3.3. *Telhados armazenadores*

A implantação de edificações é um dos fatores mais importantes para a impermeabilização do solo urbano, desta forma, uma das alternativas de redução dos efeitos do escoamento superficial consiste no armazenamento provisório das águas pluviais nos telhados.

O telhado armazenador, ou telhado verde é um sistema construtivo que consiste na aplicação de uma camada vegetal sobre uma base impermeável. É instalado em lajes e telhados convencionais, consistindo em camadas de impermeabilização e de drenagem, as quais recebem o solo e a vegetação indicada para o projeto.

Essa técnica pode ser utilizada de forma isolada, quando o lote ou edifício não possui área para a instalação de poços, cisternas ou reservatórios. A técnica dos telhados armazenadores é bastante viável, pois não requer um espaço fundiário complementar e fornecer uma grande integração aos projetos arquitetônicos, urbanísticos e paisagísticos.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Sua utilização pode se dar em novas edificações, projetadas com esse objetivo, ou em edificações já existentes, após verificações estruturais e de impermeabilidade. A Figura 22 apresenta o telhado verde utilizado na Biblioteca Pública de Seattle nos Estados Unidos.



Figura 22- Biblioteca Pública com telhado verde em Seattle, Estados Unidos.

A Figura 23 apresenta algumas vantagens e desvantagens da utilização do telhado verde.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

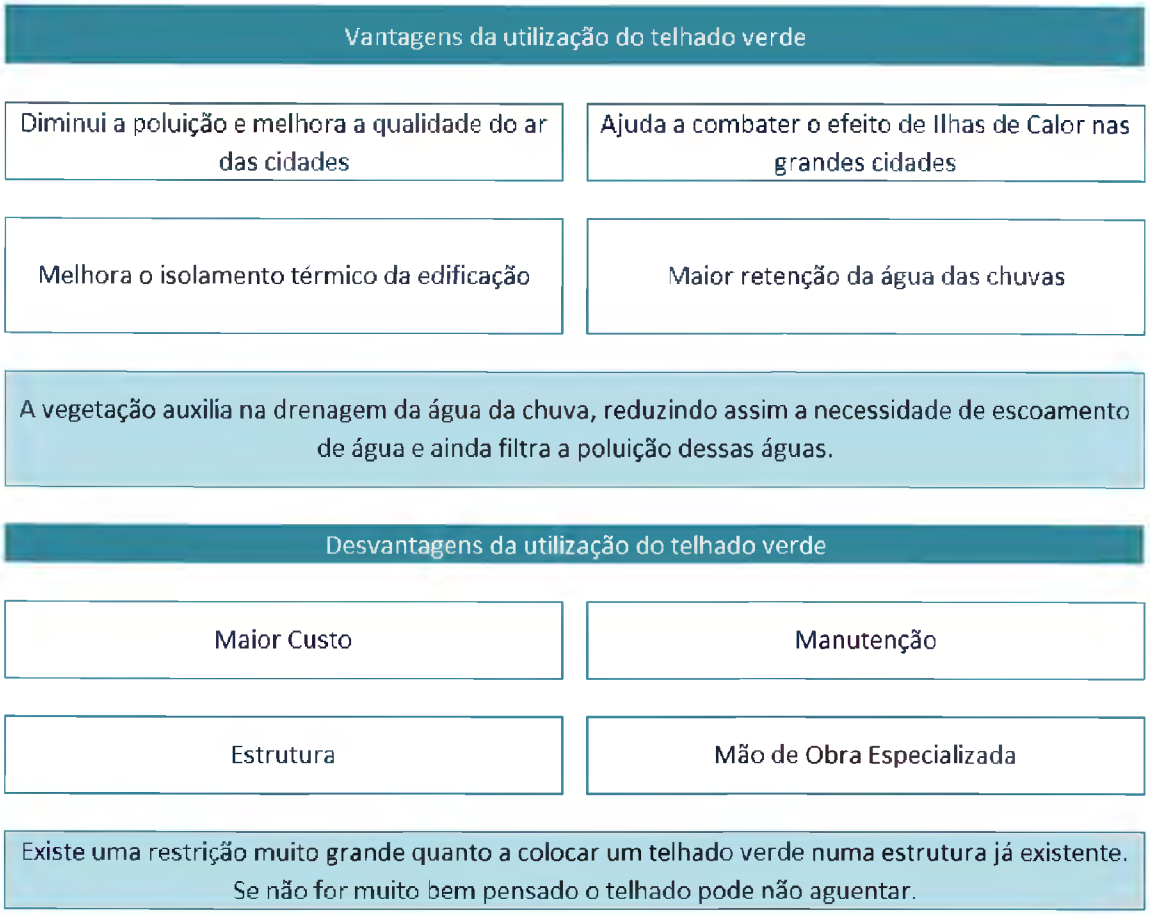


Figura 23 – Vantagens e desvantagens da utilização do telhado verde

5.3.4. *Reservatórios individuais e outros dispositivos localizados*

Algumas outras técnicas compensatórias localizadas têm os mesmos fundamentos e princípios das técnicas apresentadas nos itens anteriores e com dimensões compatíveis com pequenas áreas e parcelas. Desta forma, podem ser utilizadas estruturas como tanques, pequenas bacias, trincheiras, etc.

No Brasil há um crescente uso dos reservatórios individuais, sendo previsto, recomendado ou obrigatório na legislação de diversos munícipios, como Belo Horizonte, Porto Alegre, São Paulo, entre outros.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

5.3.5. *Legislação Existente*

Para embasar a Prefeitura de Irati são apresentados municípios que já possuem em suas leis a obrigatoriedade da construção de reservatórios coletarem as águas da chuva, seja apenas para controle de vazão ou para o aproveitamento em outros usos.

- O município de São Paulo, por meio da Lei 13.276 de 4 de janeiro de 2002 torna obrigatório a construção de reservatórios para as águas de chuvas coletadas por coberturas e pavimentos dos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m².

- Em Guarulhos-SP, foi instituído por meio da Lei 6511 de 9 de junho de 2009 o programa municipal de uso racional da água potável, tornando obrigatória na apresentação de projeto de construção civil de novas edificações com área de cobertura ou telhado igual ou superior a 250m², soluções técnicas a serem aplicadas nos edifícios para a instalação de reservatórios destinados à captação de águas de chuva e/ou drenagem.

- Guarulhos ainda conta com o IPTU VERDE, o qual concede desconto no IPTU para os imóveis edificados que adotem duas ou mais medidas, dentre elas, sistema de captação da água da chuva: 3% (três por cento) de desconto e sistema de reuso de água: 3% (três por cento) de desconto.

- Em Curitiba, o Decreto nº 293, que Regulamenta a Lei 10.785 de 18 de setembro de 2003, determina que para o licenciamento de construções no Município, fica obrigatória que no projeto de instalações hidráulicas seja prevista a implantação de mecanismo de captação das águas pluviais, nas coberturas das edificações, as quais deverão ser armazenadas para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água tratada.

Na Figura 24 estão apresentados alguns benefícios da utilização de reservatórios para o sistema de drenagem.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

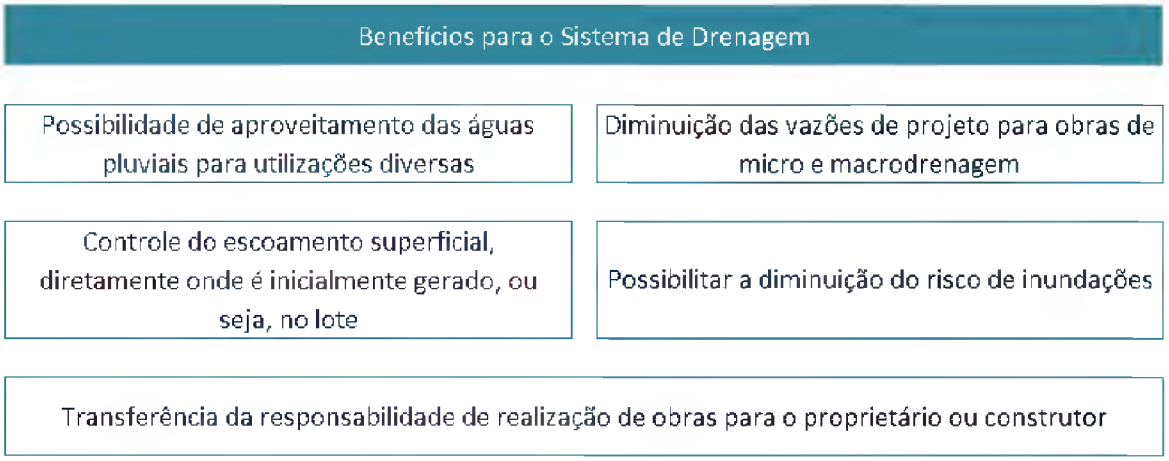


Figura 24 - Benefícios dos reservatórios para o sistema de drenagem

5.4. Regularização de Áreas Urbanas Consolidadas e Áreas de Preservação Permanente

Na região central da sede municipal, a Sub-bacia do Arroio dos Pereiras possui trechos canalizados e retificados com ausência de áreas de preservação permanente. Devido ao crescimento populacional no município, o Arroio dos Pereiras foi canalizado e verificou-se que o canal existente não suporta a vazão do Arroio dos Pereiras em dias de forte chuva. Foram analisadas as vazões de pico e as vazões suportadas em três pontos do canal, e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Vazão de Pico e Vazão Suportada na Travessia Rua da Liberdade, Travessia Rua dos Operários e Travessia Rua Coronel Sabóia.

PONTO DE ANÁLISE	VAZÃO DE PICO (m³/s)	VAZÃO SUPORTADA (m³/s)
Travessia Rua da Liberdade	72,34	60,07
Travessia Rua dos Operários	75,12	46,48
Travessia Rua Cel. Sabóia	75,96	36,71

Além disso, observou-se que os principais gargalos são as travessias que causam o estrangulamento da seção causando a diminuição da velocidade a montante. Além da vazão de pico, dos três pontos analisados no canal, ser maior do que a vazão suportada, no encontro com o Rio das Antas o canal sofre remanso. Isto diminui a velocidade e aumenta a altura do nível de água.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Neste contexto, a revitalização do canal (apresentada no Produto 3 – Relatório de Análise de Drenagem Urbana) vem complementar a primeira parte do projeto e visa solucionar o problema de inundações na região. Contudo, o canal está localizado em uma área urbana consolidada. De acordo com a Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002, considera-se área urbana consolidada aquela que possui:

- Definição legal pelo poder público;
- Equipamentos de infraestrutura urbana, apresentando no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos:
  - Malha viária com canalização de águas pluviais;
  - Rede de abastecimento de água;
  - Rede de esgoto;
  - Distribuição de energia elétrica e iluminação pública;
  - Recolhimento de resíduos sólidos urbanos; e
  - Tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
- Densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km².

Apesar de o local ser tratado como uma área urbana consolidada, a revitalização do canal é necessária para ampliar a capacidade de drenagem de águas pluviais, solucionando o problema de inundações na região de jusante do Arroio dos Pereiras, que já recebe a contribuição de toda a sub-bacia. Salienta-se que o anteprojeto para a canalização do Arroio dos Pereiras foi apresentado no Produto 3 – Relatório da Análise da Drenagem Urbana. No anteprojeto apresentado, haverá a necessidade de retirada da população, atualmente em áreas de risco, para a ampliação do canal. Assim, haverá a reestruturação da área como Zona de Proteção de Fundo de Vale; estabelecido pelo zoneamento municipal do Plano Diretor. Além da ampliação do canal garantir a drenagem das águas pluviais em eventos de chuva, a área será destinada à preservação permanente das faixas não edificáveis ao longo do Arroio, não permitindo a ocupação no local.

Além da necessidade de regularização na área citada, vários locais no município de Irati possuem habitações irregulares em áreas de preservação permanente; estas caracterizadas como invasões, pois não são classificadas como áreas urbanas consolidadas. Por tratar-se de áreas de preservação permanente, estes locais não

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

permitem a ocupação. Portanto, a administração pública do município de Irati deverá tomar as medidas necessárias para a regularização de tais locais, promovendo o direito à moradia e ao desenvolvimento de baixo impacto ambiental no município; principalmente nos locais onde a população encontra-se em alguma situação de risco.

Em especial, um dos principais cursos d'água presentes no quadro urbano do município é o rio das Antas – o qual apresenta ocupações regulares e irregulares ao longo do seu trecho, apesar de tratar-se de Zona de Proteção de Fundo de Vale pelo zoneamento urbano do Plano Diretor Municipal de Irati.

Sugere-se que, para a conciliação dos aspectos urbanos e ambientais, seja construído ao longo deste curso d'água um parque linear. São estruturas que buscam a recuperação das áreas degradadas em margens de rios e córregos ao mesmo tempo em que garante o manejo de águas pluviais adequado e a minimização de eventos de inundações na região.

Além disso, a construção de parques lineares destina a área à conservação e preservação dos recursos naturais, prevenindo a ocupação irregular (ABCP, 2013; ZANOTTI *et al.*, 2014). Em relação à drenagem urbana e manejo de águas pluviais do município, os parques lineares tem a função de aumentar a área de várzea dos rios, tendo como consequência o aumento da área de inundação e a redução nos picos de vazão durante as cheias (ABCP, 2013). Além de auxiliar no manejo de águas pluviais da região, os parques lineares proporcionam atividades de lazer, como pistas de caminhada e ciclovias, e espaços recreativos (ABCP, 2013).

Em Belo Horizonte, o Parque Ecológico Primeiro de Maio é um exemplo de parque linear projetado para o controle de cheias da região. Além de auxiliar no manejo de águas pluviais do município de Belo Horizonte, o parque dispõe de pista de caminhada, mesas de jogos, entre outras áreas de lazer (ABCP, 2013). A Figura 25 apresenta o Córrego Primeiro de Maio antes e depois da revitalização da área e construção do parque linear.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/



Figura 25 - Parque Ecológico Primeiro de Maio - parque linear situado em Belo Horizonte, Minas Gerais.
Fonte: Adaptado de ABCP, 2013.

5.5. Instituição de Cobrança dos Serviços

De acordo com Baptista *et al.* (2015), os instrumentos tributários e financeiros, estabelecidos pela Lei Federal nº 10.257 de 10 de agosto de 2001 (Estatuto da Cidade), podem ser empregados como instrumentos de política urbana como forma de controle dos impactos de urbanização sobre o ciclo hidrológico e os recursos hídricos. Estes, de acordo com o Estatuto das Cidades, são:

- O imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU);
- A contribuição de melhoria; e

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- Os incentivos e benefícios fiscais e financeiros.

A instituição de cobrança dos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana no município tem como base a instituição de tributos e finanças para a contribuição de melhoria dos serviços. Além disso, com o estabelecimento das diretrizes nacionais de saneamento básico na Lei nº 11.445/2007, novas perspectivas para o gerenciamento de águas pluviais foram lançadas (BAPTISTA *et al.*, 2015). Conforme a Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007):

> *Art. 29. Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços:*
>
> *I - de abastecimento de água e esgotamento sanitário: preferencialmente na forma de tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos conjuntamente;*
>
> *II - de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos: taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades;*
>
> *III - de manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.*
>
> *§ 1º Observado o disposto nos incisos I a III do caput deste artigo, a instituição das tarifas, preços públicos e taxas para os serviços de saneamento básico observará as seguintes diretrizes:*
>
> *I - prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;*
>
> *II - ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;*
>
> *III - geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço;*
>
> *IV - inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;*
>
> *V - recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;*
>
> *VI - remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços;*
>
> *VII - estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;*
>
> *VIII - incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços.*

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Ainda, a Lei nº 11.445/2007 destaca a cobrança de taxa dos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana em seu artigo 36.

> *Art. 36. A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:*
>
> *I - o nível de renda da população da área atendida;*
>
> *II - as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.*

Além disso, de acordo com o Código Tributário Nacional (Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966), os tributos em formas de taxas são gerados para o exercício regular do poder de polícia ou devido à utilização, efetiva ou potencial, de um serviço público específico e divisível.

> *Art. 77. As taxas cobradas pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal ou pelos Municípios, no âmbito de suas respectivas atribuições, têm como fato gerador o exercício regular do poder de polícia, ou a utilização, efetiva ou potencial, de serviço público específico e divisível, prestado ao contribuinte ou posto à sua disposição.*
>
> *Parágrafo único. A taxa não pode ter base de cálculo ou fato gerador idênticos aos que correspondam a imposto nem ser calculada em função do capital das empresas. (Vide Ato Complementar nº 34, de 1967)*
>
> *Art. 78. Considera-se poder de polícia atividade da administração pública que, limitando ou disciplinando direito, interesse ou liberdade, regula a prática de ato ou abstenção de fato, em razão de interesse público concernente à segurança, à higiene, à ordem, aos costumes, à disciplina da produção e do mercado, ao exercício de atividades econômicas dependentes de concessão ou autorização do Poder Público, à tranquilidade pública ou ao respeito à propriedade e aos direitos individuais ou coletivos. (Redação dada pelo Ato Complementar nº 31, de 1966)*
>
> *Parágrafo único. Considera-se regular o exercício do poder de polícia quando desempenhado pelo órgão competente nos limites da lei aplicável, com observância do processo legal e, tratando-se de atividade que a lei tenha como discricionária, sem abuso ou desvio de poder.*
>
> *Art. 79. Os serviços públicos a que se refere o artigo 77 consideram-se:*
>
> *I - utilizados pelo contribuinte:*
>
> *a) efetivamente, quando por ele usufruídos a qualquer título;*

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

b) potencialmente, quando, sendo de utilização compulsória, sejam postos à sua disposição mediante atividade administrativa em efetivo funcionamento;

II - específicos, quando possam ser destacados em unidades autônomas de intervenção, de utilidade, ou de necessidades públicas;

III - divisíveis, quando suscetíveis de utilização, separadamente, por parte de cada um dos seus usuários.

Art. 80. Para efeito de instituição e cobrança de taxas, consideram-se compreendidas no âmbito das atribuições da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios, aquelas que, segundo a Constituição Federal, as Constituições dos Estados, as Leis Orgânicas do Distrito Federal e dos Municípios e a legislação com elas compatível, competem a cada uma dessas pessoas de direito público.

Ainda, salientam-se as diferenças entre taxa e tarifa no âmbito financeiro e tributário. De acordo com o artigo 145 da Constituição Federal, a administração pública municipal pode instituir tributos na forma de taxas, "em razão do exercício do poder de polícia ou pela utilização, efetiva ou potencial, de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos a sua disposição" (BRASIL, 1988). Em relação à política tarifária, esta é disposta devido à prestação de serviços públicos sob regime de concessão ou permissão, conforme artigo 175 da Constituição Federal (BRASIL, 1998).

Baptista *et al.* (2015) ainda apresentam que, além de incitar a redução dos impactos urbanísticos sobre os recursos hídricos, a adoção de cobrança dos serviços contribui para investimentos em infraestrutura de drenagem urbana e custos de operação e manutenção destas.

O município de Santo André – estado de São Paulo – e o município de Porto Alegre – estado de Rio Grande do Sul – são exemplos de municípios que instituíram a taxa de drenagem urbana (CUCIO, 2009). Em Santo André, a taxa de drenagem urbana foi instituída pela Lei nº 7.606 de 23 de dezembro de 1997, com o objetivo de financiar os custos de manutenção do sistema de drenagem urbana. O cálculo da cobrança de taxa de drenagem urbana em Santo André é realizado com base na área impermeabilizada do lote, conforme o volume do escoamento superficial de cada lote no sistema de drenagem; o qual é estimado pelo índice pluviométrico médio histórico (CUCIO, 2009). Já em Porto Alegre, a taxa de drenagem urbana é regulamentada deste o ano de 2000, a qual realiza

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

a cobrança da manutenção de vazão de pré-urbanização pelos lotes. Em empreendimentos, a cobrança dos serviços de manejo de águas pluviais em Porto Alegre é de acordo com a área impermeável (CUCIO, 2009). Em ambos os casos, o valor arrecadado é utilizado para a operação e manutenção do sistema de drenagem.

Neste contexto, a cobrança dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas, são sustentadas pelo embasamento político e legal, e pode ser aplicada pela administração pública se vista a necessidade. A metodologia de cálculo da taxa de drenagem urbana é apresentada no item 6.6.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6. PLANO DE AÇÃO DO PROGRAMA MUNICIPAL DE DRENAGEM

O Plano de Ação do Programa Municipal de Drenagem é uma das ferramentas disponíveis para o seu planejamento e acompanhamento, de forma a atingir as ações propostas pelo Programa. Assim, o Plano de Ação do Programa Municipal de Drenagem conta com: proposta para a gestão da implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, definição das fontes de recursos internas e externas, etapas de implementação das medidas de controle, cronograma físico-financeiro, avaliação dos benefícios esperados e indicadores para monitoramento. Cada um dos itens é detalhado a seguir.

6.1. Proposta para a Gestão da Implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana

Dentre as medidas não estruturais que compõem o manejo de águas pluviais e drenagem urbana está o gerenciamento municipal. Em conjunto com as regulamentações propostas, o gerenciamento municipal é responsável pela drenagem urbana do município e controle de impactos (TUCCI, 2012). Salienta-se que controle de impactos são medidas legais que controle os impactos existentes e futuros devido à drenagem de águas pluviais (TUCCI, 2012). Realizar a gestão da implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati significa introduzir os procedimentos que serão adotados para a implementação do Plano, incluindo as regulamentações propostas e demais medidas estruturais e não estruturais. Como propostas para a gestão da implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana são definidas as entidades envolvidas nas ações previstas, além de procedimentos para fiscalização das obras, para aprovação de projetos (de acordo com a nova regulamentação proposta), para operação e manutenção da rede de drenagem e áreas de risco, além da fiscalização do conjunto das atividades.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.1.1. *Entidades Envolvidas nas Ações Previstas*

Como entidades envolvidas nas ações previstas do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, estão presentes a Prefeitura Municipal de Irati e a Defesa Civil. Estas são apresentadas a seguir.

Prefeitura Municipal de Irati

A Prefeitura Municipal de Irati é uma das entidades envolvidas no desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município. Dentre as secretarias que compõem a estrutura organizacional da prefeitura, a Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo e a Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente estão mais relacionadas ao manejo de águas pluviais e drenagem urbana do município; devido às competências relacionadas à infraestrutura e proteção ambiental. A Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo é composta pelo Departamento de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo, Departamento de Controle, Licenciamento e Fiscalização e Departamento de Topografia, enquanto a Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente é formada pelo Departamento de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos, Departamento de Estudos Ecológicos de Prevenção e Educação Ambiental e Departamento de Meio Ambiente e Controle da Poluição (Figura 26).

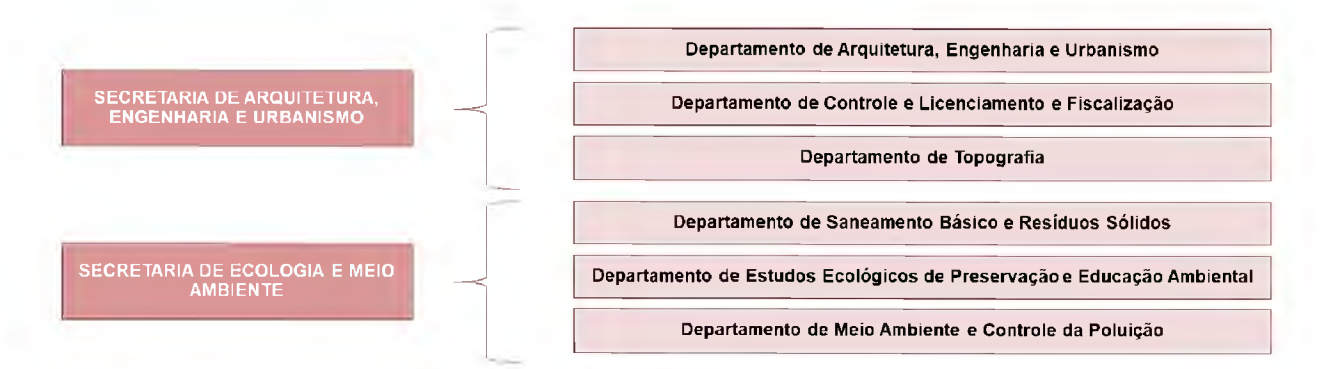


Figura 26 - Departamentos da Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo e da Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Em relação às competências da Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo de Irati é definido no artigo 17 da Lei nº 2.829 de 22 de janeiro de 2009 que:

> *Art. 17 - Compete à Secretaria Municipal estudar, elaborar e coordenar projetos técnicos de arquitetura, engenharia e urbanismo; elaborar dos projetos, detalhar*

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

projetos técnicos complementares de acordo com a demanda das secretarias, planos e demais programas e ações; desenvolver planos e projetos de curto, médio e longo prazos de acordo com a demanda das secretarias; fiscalizar loteamentos; acompanhar, fiscalizar e medir serviços próprios e de terceiros; dar suporte técnico para secretarias; acompanhar, fiscalizar a execução do plano diretor e outros, revisar planos, propor obras e intervenções de interesse e demanda da comunidade; proceder ações para o cumprimento da legislação municipal, aperfeiçoar os institutos municipais visando o desenvolvimento econômico, social e ambiental do município.

Já as competências da Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente foram alteradas pela Lei nº 3.773 de 19 de dezembro de 2013 onde diz, em seu artigo 21, que:

Art. 21 - À Secretaria de Ecologia e Meio Ambiente compete a implementação das políticas públicas municipais no âmbito das questões ligadas à ecologia em geral e ao meio ambiente urbano e rural em sintonia de meios e propósitos com as esferas estaduais e federais competentes, realizar coleta, transporte e resíduos sólidos urbanos; realizar manutenção do aterro sanitário; bem como pesquisar, implementar, fiscalizar e monitorar, nesse caso de forma complementar, todas as formas e agentes passivos e ativos de poluição ecológico-ambiental e desperdício de recursos, desenvolver projetos de educação ambiental; programas de economia de água, energia e recursos naturais não renováveis; estimular a utilização de fontes alternativas de energia renováveis e de baixo impacto ambiental e colaborar com órgãos do Governo Estadual e Federal buscando a preservação do meio ambiente, dentre outras competências afins que lhe forem garantidas na forma desta lei.

Além disso, foi criado em 2006 o Conselho Municipal de Meio Ambiente de Irati: órgão colegiado, consultivo de assessoramento ao Poder Executivo Municipal e deliberativo no âmbito de sua competência, sobre as questões ambientais propostas nesta e demais leis correlatas ao município (IRATI, 2006). Dentre suas competências (artigo 2º da Lei nº 2.436 de 12 de julho de 2006), o Conselho Municipal de Meio Ambiente (CMMA) pode:

Art. 2º (...)

I – formular as diretrizes para a política municipal de meio ambiente, inclusive para atividades prioritárias de ação do município em relação à proteção e conservação do meio ambiente, levando em conta a necessidade de harmonia dos interesses sociais, econômicos e ambientais;

II – propor normas legais, procedimentos e ações, visando à defesa, conservação, recuperação e melhoria da qualidade ambiental do município, observada a legislação federal, estadual e municipal pertinente;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

III – opinar sobre aspectos ambientais de políticas estaduais ou federais que tenham impacto sobre o município, considerando, neste caso, a necessária manutenção da harmonia, do equilíbrio e da sustentabilidade dos fatores sociais, econômicos e ecológicos que envolvem a vida do município;

IV – exercer a ação fiscalizadora de observância às normas contidas na lei orgânica municipal e na legislação a que se refere o item anterior;

V – obter e repassar informações e subsídios técnicos relativos ao desenvolvimento ambiental aos órgãos públicos, entidades públicas e privadas e à comunidade em geral;

VI – atuar no sentido da conscientização pública para o desenvolvimento ambiental promovendo a educação ambiental formal e informação, com ênfase nos problemas do município;

VII – subsidiar o Ministério Público no exercício de suas competências para a proteção do meio ambiente prevista na Constituição Federal de 1988;

VIII – solicitar aos órgãos competentes o suporte técnico complementar as ações executivas do município na área ambiental;

IX – propor a celebração de convênios, contratos e acordo com entidades públicas e privadas de pesquisa e de atividades ligadas ao desenvolvimento ambiental;

X – apresentar anualmente proposta orçamentária ao Executivo Municipal, inerente ao seu funcionamento;

XI – identificar e informar à comunidade e aos órgãos públicos competentes, federal, estadual e municipal, sobre a existência de áreas degradadas ou ameaçadas de degradação;

XII – opinar sobre a realização de estudo alternativo sobre as possíveis consequências ambientais de projetos públicos ou privados, requisitando das entidades envolvidas as informações necessárias ao exame da matéria, visando a compatibilização do desenvolvimento econômico com a proteção ambiental;

XIII – acompanhar o controle permanente das atividades degradadoras e poluidoras, de modo a compatibilizá-las com as normas e padrões ambientais vigentes, denunciando qualquer alteração que promova impacto ambiental ou desequilíbrio ecológico;

XIV – receber denúncias feitas pela população, diligenciando no sentido de sua apuração junto aos órgãos federais, estaduais e municipais responsáveis e sugerindo ao Prefeito Municipal as providências cabíveis;

XV – acionar os órgãos competentes para localizar, reconhecer, mapear e cadastrar os recursos naturais existentes no município para o controle das ações capazes de afetar ou destruir o meio ambiente;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

XVI – opinar nos estudos sobre o uso, ocupação e parcelamento do solo urbano, posturas municipais, visando a adequação das exigências do meio ambiente, ao desenvolvimento do município;

XVII – decidir sobre a concessão de licenças ambientais de sua competência e a aplicação de penalidades, respeitadas as disposições do Código de Posturas e da Lei Orgânica do município;

XVIII – orientar o poder Executivo Municipal sobre o exercício do poder de polícia administrativa no que concerne à fiscalização e aos casos de infração à legislação ambiental;

XIX – deliberar sobre a realização de Audiências Públicas, quando for o caso, visando à participação da comunidade nos processos de instalação de atividades potencialmente poluidoras;

XX – propor ao Executivo Municipal a instituição de unidade de conservação visando à proteção de sítios de beleza excepcional, mananciais, patrimônio histórico, artístico, arqueológico, paleontológico, espeleológico e áreas representativas de ecossistemas destinados à realização de pesquisas básicas e aplicadas de ecologia;

XXI – responder a consulta sobre a matéria de sua competência;

XXII – decidir, juntamente com o órgão executivo de meio ambiente, sobre a aplicação de recursos proveniente do Fundo Municipal de meio ambiente, em especial do ICMS ecológico; e

XXIII – administrar conflitos, propor acordos e construir uma proposta de gestão que esteja em acordo com os interesses econômicos, sociais e ambientais locais.

Dentro de suas competências, os três órgãos citados da Prefeitura Municipal de Irati estarão presentes durante a implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana do município para o planejamento e gestão do Plano, além de ações de monitoramento, operação e fiscalização.

Defesa Civil de Irati

A Lei Federal nº 12.608 de 10 de abril de 2012 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) e institui o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), entre outras atribuições. Nesta Lei são descritas competências dos entes federados (União, Estado e Município) dentro do PNPDEC. Conforme descreve o artigo 8º da referida Lei:

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Art. 8º - Compete aos Municípios:

I - executar a PNPDEC em âmbito local;

II - coordenar as ações do SINPDEC no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;

III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;

IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;

V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;

VI - declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;

VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;

VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;

IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;

X - mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;

XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;

XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;

XIII - proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;

XIV - manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;

XV - estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do SINPDEC e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e

XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.

Art. 9º - Compete à União, aos Estados e aos Municípios:

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

I - desenvolver cultura nacional de prevenção de desastres, destinada ao desenvolvimento da consciência nacional acerca dos riscos de desastre no País;

II - estimular comportamentos de prevenção capazes de evitar ou minimizar a ocorrência de desastres;

III - estimular a reorganização do setor produtivo e a reestruturação econômica das áreas atingidas por desastres;

IV - estabelecer medidas preventivas de segurança contra desastres em escolas e hospitais situados em áreas de risco;

V - oferecer capacitação de recursos humanos para as ações de proteção e defesa civil; e

VI - fornecer dados e informações para o sistema nacional de informações e monitoramento de desastres.

Em Irati, dentre as ações realizadas pela Defesa Civil, o município possui o Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PLANCON) onde são estabelecidos procedimentos pelos órgãos envolvidos diretamente ou indiretamente na resposta à emergências e desastres, como: deslizamentos, alagamentos, inundações, granizo, vendavais e tempestades. O PLANCON é composto por quatro áreas: caracterização do cenário, cadastro de abrigos, cadastro de recursos e ativação do Plano (Figura 27).

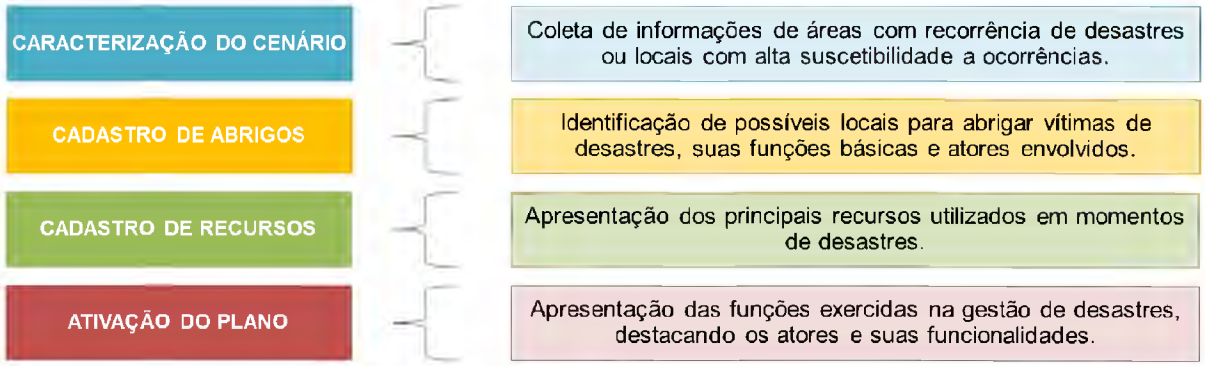


Figura 27 - Áreas do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil.
Fonte: DEFESA CIVIL, 2019.

O documento foi elaborado por integrantes do Sistema Municipal de Defesa Civil de Irati – o qual é composto por representantes do Corpo de Bombeiros de Irati e do Paraná, da Prefeitura Municipal de Irati, da Secretaria de Administração, da Secretaria de Serviços Urbanos, e da Secretaria Municipal de Educação (DEFESA CIVIL, 2019).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.1.2. *Procedimentos de Fiscalização*

Para a consolidação das ações e medidas de implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, são estabelecidos procedimentos para fiscalização das obras, para aprovação de projetos (de acordo com a nova regulamentação proposta), para operação e manutenção da rede de drenagem e áreas de risco. Assim, a Figura 28 apresenta uma visão geral dos procedimentos de obras públicas e privadas que necessitam de fiscalização para a implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana no município de Irati.

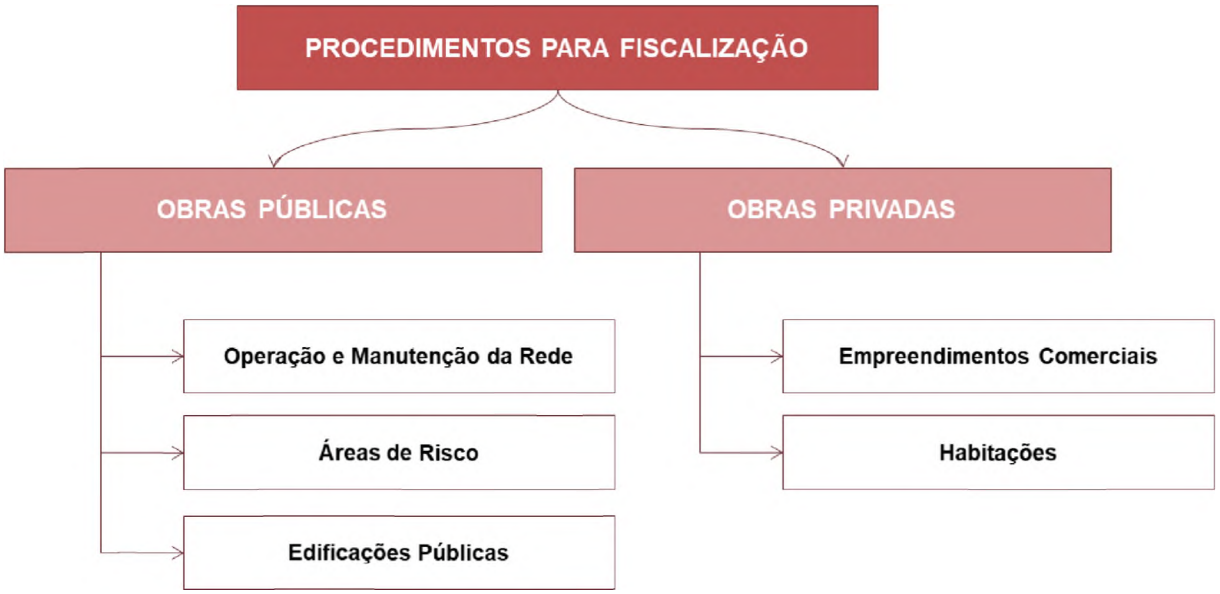


Figura 28 - Procedimentos para fiscalização dos serviços de manejo de águas pluviais.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

As fiscalizações de obras públicas e privadas devem ocorrer, principalmente, para o controle de vazão de pré-desenvolvimento, a manutenção e a operação dos sistemas de micro e macrodrenagem no município. No item 5.3 foram apresentados procedimentos de controle de vazão de pré-desenvolvimento para loteamentos novos e já consolidados. Nestes procedimentos, haverá a necessidade de fiscalização dos sistemas de drenagem adotados para o escoamento superficial e retenção de vazão excedida à vazão de pré-desenvolvimento, além de garantir as normas estabelecidas pela Lei de Edificações (Lei Municipal nº 4.235/2016). Tal fiscalização é necessária tanto para edificações públicas quanto para obras privadas (empreendimentos comerciais e habitações).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Em relação à operação e manutenção de rede, sugere-se que para a realização de fiscalização da rede de drenagem do município de Irati seja desenvolvido um canal de comunicação entre a população e prefeitura. Desta forma, quando identificado algum defeito na extensão de rede de drenagem municipal, a população de Irati pode entrar em contato com a Prefeitura Municipal informando a localização do defeito. Com o auxílio da população no processo de fiscalização das redes de drenagem do município, o setor responsável pela operação e manutenção das redes minimiza esforços para vistorias sendo realizadas as visitas para manutenção quando necessárias.

Além disso, a fiscalização nas redes de drenagem visa garantir que ligações clandestinas de esgotamento sanitário sejam conectadas à rede de drenagem de águas pluviais. Para isto, também por meio do canal de comunicação entre população e setor responsável de drenagem urbana, a população poderá realizar denúncias de locais que apresentam mau cheiro e que, possivelmente, seja devido á ligações clandestinas de esgoto doméstico na rede de drenagem urbana. Assim, a Prefeitura Municipal de Irati poderá entrar em contato com o titular dos serviços de esgotamento sanitário do município para a realização das devidas providências.

O monitoramento e fiscalização das áreas e risco à inundação no município também deve ser realizado. É necessária atenção às cotas de inundação dos rios na região urbana do município, assim como a realização do seu monitoramento para o estabelecimento das manchas de inundação no território urbano. Com a realização deste monitoramento, o setor responsável pelo manejo de águas pluviais e drenagem urbana em Irati poderá fiscalizar as manchas de inundação, alertando a população e evitando a ocupação destas áreas de risco.

6.1.3. *Proposta de Gestão dos Serviços*

Em conjunto com as atividades de fiscalização, é necessária uma equipe responsável para o desenvolvimento de atividades na área de drenagem urbana envolvendo implantação e conservação dos sistemas de micro e macrodrenagem. Como órgão responsável pela gestão e fiscalização de águas pluviais, sugere-se que a Prefeitura Municipal de Irati estabeleça um departamento exclusivo para tais atividades

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

(Figura 29). A criação do Departamento de Águas Pluviais – de responsabilidade da Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismos e a Secretaria de Meio Ambiente e Ecologia – cria um setor na Prefeitura Municipal de Irati responsável por todas as atividades envolvendo o manejo de águas pluviais e drenagem urbana, inclusive a fiscalização de obras, novos projetos, operação e manutenção de redes de drenagem.

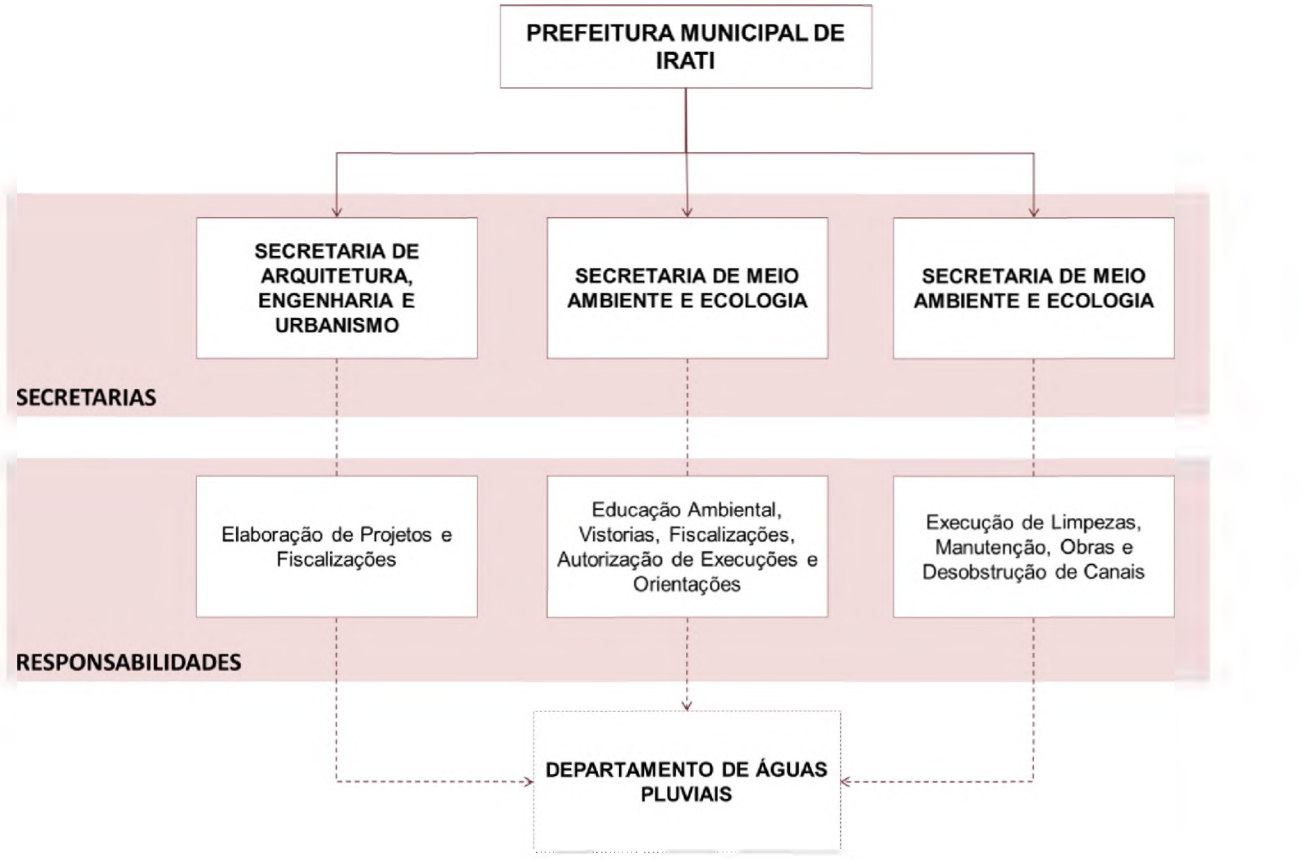


Figura 29 – Sugestão de órgão responsável pela gestão e fiscalização de águas pluviais.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Porto Alegre/RS é um dos poucos municípios com um órgão responsável pela implantação, conservação e desenvolvimento de tecnologias de drenagem urbana. O Departamento de Esgotos Pluviais foi criado oficialmente pela administração pública de Porto Alegre em 1973 para construir e conservar as redes de drenagem do município (PORTO ALEGRE, 2019). Com a missão de promover a manutenção e ampliação dos sistemas de drenagem no município de Porto Alegre, o Departamento de Esgotos Pluviais realiza serviços como manutenção corretiva, recuperação intensiva de bocas-de-lobo, limpeza de galerias, dragagem, entre outros. Além disso, o departamento também é responsável pela fiscalização de obras de travessias, extensões de redes, educação

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

ambiental, entre outras atividades. Neste contexto, estabelecer um órgão responsável para a gestão e fiscalização dos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem do município, auxilia a administração pública de Irati no desenvolvimento destas atividades.

6.2. Etapas de Implantação das Medidas de Controle

A seguir, são apresentadas as etapas de implantação das medidas de controle apresentadas no Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana, com a definição da sequência de ações no tempo e espaço relacionadas com o plano de cada sub-bacia, por meio dos programas, projetos e ações.

Os programas, projetos e ações deste Plano Diretor de Drenagem Urbana foram elaborados com base nos estudos de cenário apresentado no Capítulo 3 deste documento. Estes têm como objetivo planejar a gestão pública dos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana.

O Plano Diretor de Drenagem de Irati se operacionaliza por meio dos programas, projetos, ações e iniciativas, nos quais são apresentadas a estimativa de valores, cronograma das aplicações e fontes de recursos. Esta é a parte do Produto 4 que utiliza o prognóstico para elencar as modificações, ampliações e melhorias necessárias a drenagem urbana.

Para que as propostas tenham a devida eficiência, eficácia e efetividade foram realizadas uma análise integrada do diagnóstico e do prognóstico. Além disso, foram considerados:

- Os recursos municipais, estaduais e nacionais disponíveis;
- A estrutura atual do setor no município e a integração com outras áreas e setores da prefeitura;
- A legislação, e por fim, porém não menos importante;
- Os interesses, prioridades e necessidades identificadas pelos próprios munícipes por meio da realização de audiências.

Nesse sentido, o planejamento estratégico do Plano Diretor de Drenagem contempla programas, projetos e ações cujo objetivo é aprimorar a prestação dos serviços

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

de drenagem urbana do município. São estabelecidas responsabilidades, metas e prazos de execução em horizontes temporais distintos definidos como:

- **Imediato:** até 2 anos;
- **Curto prazo:** 2 a 5 anos;
- **Médio prazo:** entre 5 e 15 anos;
- **Longo prazo:** entre 15 e 30 anos.

Os programas respondem às metas de planejamento. São definidos de maneira a atingir o quanto se quer e como se faz, ou seja, devem permitir que se infiram parâmetros de medição para alcançar os objetivos.

As possibilidades de intervenção são classificadas da seguinte forma:

- **Programa**: é composto por um conjunto de projetos, ações e iniciativas;
- **Projeto**: é um conjunto de operações que resultam na expansão ou aperfeiçoamento da ação governamental, e são limitadas no tempo;
- **Ação**: são atividades de execução permanente, ou seja, operações contínuas para a manutenção da ação governamental; e
- **Iniciativa**: são ações institucionais e normativas que independem do erário público e podem ter caráter permanente ou temporário de acordo com seu objetivo.

Nas atividades dos programas são definidos os prazos e os valores estimados para os investimentos, tendo como objetivos finais a universalização e a prestação dos serviços com qualidade respeitando os objetivos e diretrizes estabelecidos na Lei Federal nº 11.445/2007 (LNSB).

Devido à inexistência de projetos executivos para as obras a serem realizadas, os custos foram estimados de acordo com curvas paramétricas de preços e frente ao resultado de licitações com objeto similar – para tanto, foram consideradas as licitações mais recentes possíveis, ocorridas no mercado nacional, em municípios de porte equivalente. Além disso, estudos referenciais do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) também foram consultados para compor uma estimativa que, embora não traga precisões, demonstra a magnitude dos investimentos a

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

serem realizados pelo município. Todos os valores de referência, anteriores a 2019, foram corrigidos pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE.

Atividades que se configuram como iniciativas ou ações que demandam serviços públicos já contemplados pelo PPA, Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA), ou que sejam executadas pela equipe técnica municipal, não apresentam custos referentes a investimento, mas sim relativos ao custeio. Nesse sentido, salienta-se que:

- Classificam-se como despesas de custeio, as dotações para manutenção de serviços anteriormente criados, inclusive as destinadas a atender obras de conservação e adaptação de bens móveis; e
- Classificam-se como investimentos, as dotações para o planejamento e a execução de obras, inclusive as destinadas à aquisição de imóveis necessários à realização destas últimas, bem como para os programas especiais de trabalho, aquisição de instalações, equipamentos e material permanente.

Assim, as despesas decorrentes de custeio são necessárias à prestação de serviços e à manutenção da ação da administração e as decorrentes de investimentos representam os valores gastos com a aquisição de bens como máquinas, equipamentos e construção de obras primárias.

Na sequência são apresentados os Programas de Ações Imediatas e Programas de Ações de Curto, Médio e Longo Prazo. Estes foram criados de acordo com os objetivos e metas apresentados e também foram consideradas as informações econômicas, ambientais e sociais levantadas no diagnóstico.

6.3. Programas, Projetos e Ações das Medidas Estruturais

Com base nas carências identificadas e no cenário normativo, projetado para o horizonte de planejamento de 30 anos (período de 2019 a 2048), foram propostos programas, projetos e ações as medidas estruturais. O fluxograma da Figura 30 apresenta os programas, projetos e ações das medidas estruturais, à imediato, curto,

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

médio e longo prazo. Os programas foram propostos conforme cenário normativo estabelecido para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.



Figura 30 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Como demonstra a figura anterior, para medidas estruturais, o programa de ação imediata inclui a limpeza e desassoreamento de rios e córregos. Por sua vez, os programas de ações de curto, médio e longo prazo incluem a canalização do Arroio dos Pereiras, a implantação das bacias de detenção/retenção e a realocação e monitoramento de interferências. Além destes programas, foi designada para programa especial a realização de dragagem nos rios do município. Para cada programa, são apresentadas tabelas-resumo com suas atividades programadas, assim como sua classificação e o período de realização de cada atividade. Em seguida, as informações de cada atividade são detalhadas, incluindo informações sobre custo e responsáveis.

6.3.1. *Programa de Ações Imediatas*

Como programa de ações imediatas no Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Irati foi estabelecido o Programa de Limpeza e Desassoreamento de Rios e Córregos.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE LIMPEZA E DESASSOREAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS

O Programa de Limpeza E Desassoreamento de Rios e Córregos tem por objetivo principal manter os corpos d'água do município de Irati livres de entulhos, galhos e outros materiais que possam interferir no escoamento das águas. Além disso, o programa envolve as ações relacionadas com os serviços de poda e capina e os serviços de limpeza do sistema de drenagem pluvial. A Tabela 16 apresenta a ficha do Programa de Limpeza e Desassoreamento de Rios e Córregos que traz ações a serem realizadas no munícipio.

Tabela 16 - Ficha do Programa de Limpeza e Desassoreamento de Rios e Córregos.

PROGRAMA DE LIMPEZA E DESASSOREAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS	
OBJETIVOS	1. Implantar o sistema de limpeza. 2. Estabelecer critérios e parâmetros para a limpeza dos rios e córregos. 3. Instituir na legislação específica para a drenagem, a limpeza e desassoreamento de rios e córregos. 4. Estabelecer equipe de limpeza.
JUSTIFICATIVA	O município não realiza a limpeza periódica dos rios e córregos. Desta forma a limpeza se dará nas áreas mais críticas, no prazo imediato. Durante o horizonte de planejamento será implantada a limpeza periódica.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Estabelecer critérios e parâmetros para a limpeza dos rios e córregos e incluir na legislação de drenagem.	Imediato	Iniciativa
2.	Estabelecer a equipe de limpeza.	Imediato	Iniciativa/Ação
3.	Realizar a limpeza sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção.	Imediato	Iniciativa
4.	Estabelecer cronograma para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos de forma periódica.	Imediato	Ação

Apesar da existência de serviços de limpeza urbana em Irati, existem algumas deficiências nos procedimentos realizados pela existência de materiais que obstruem o curso de córregos e rios do município. Sendo assim, são sugeridas, neste programa, atividades que possam auxiliar na eficiência da prestação de serviços de limpeza urbana por parte da administração pública. Além disso, é oficializada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) a responsabilidade de toda a sociedade a respeito da gestão

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

de resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2010). Neste sentido, o Programa de Educação Ambiental também abordará formas de garantir que a sociedade auxilie na redução de resíduos que venham a obstruir o curso de córregos e rios.

A princípio, a limpeza e desassoreamento de rios e córregos se dará sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção. Em seguida, sugere-se que seja estabelecida a limpeza e desassoreamento de rios e córregos de forma periódica. Abaixo são apresentados aspectos relacionados a recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para a realização das atividades.

Atividade 1: Estabelecer critérios e parâmetros para a limpeza dos rios e córregos e incluir na legislação de drenagem.

- **Classificação:** Iniciativa;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Para o estabelecimento de critérios e parâmetros, para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos, será necessária a adequação e regulamentação da legislação municipal. Esta deverá incluir a definição da obrigatoriedade e estabelecimento das regras para a limpeza dos locais públicos e privados, contendo:

- Obrigatoriedade da limpeza periódica das margens de rios e córregos;
- Limpeza dos canais naturais e projetados pela Prefeitura; e
- Obrigatoriedade por parte dos proprietários de realizarem a limpeza e a conservação dos lotes baldios da área urbana.

Para o cumprimento desta atividade, esta constará no projeto de minuta de Lei abordado no Programa de Regulamentação.

Atividade 2: Estabelecer a equipe de limpeza.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio
- **Descrição da Atividade:**

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

A equipe de limpeza e desassoreamento de rios e córregos em Irati deverá ser estabelecida no prazo imediato. A equipe poderá ser a mesma utilizada em outros serviços de limpeza urbana municipal. Além disso, durante o curto prazo de planejamento deverá ser instituída equipe exclusiva para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos, bem como das galerias de microdrenagem. Tal equipe será responsável pela limpeza imediata dos locais que necessitam de intervenção, além da realização da limpeza periódica nos rios e córregos do município conforme ações descritas em seguida.

Atividade 3: Realizar a limpeza sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção.

- **Classificação:** Iniciativa;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Após o estabelecimento da equipe responsável pela limpeza e desassoreamento de rios e córregos de Irati, será realizada a limpeza sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção. Assim, a equipe responsável pela limpeza deverá identificar os pontos críticos do município onde existam entulhos, galhos e outros materiais que possam interferir no escoamento das águas e possibilitam a ocorrência de enchentes. A identificação destes pontos também pode ser realizada conforme contato da população por meio do canal de comunicação (abordado no item 6.1.2). Após a identificação dos pontos críticos deverá ser realizada a limpeza destes locais de forma imediata.

Atividade 4: Estabelecer cronograma para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos de forma periódica.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Sem custos;
- **Descrição da Atividade:**

Após o estabelecimento da equipe responsável pela limpeza e desassoreamento de rios e córregos, e a limpeza dos pontos críticos do município, sugere-se estabelecer um cronograma para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos do município de

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

forma periódica. Deverá ser estabelecido no cronograma locais de limpeza, responsáveis, periodicidade da limpeza, equipamentos utilizados, entre outras informações necessárias. Desta forma, a Prefeitura cumprirá com a responsabilidade da limpeza e desassoreamento de rios e córregos para a retirada de materiais que obstruam o escoamento das águas; ação que não elimina a responsabilidade da sociedade na redução de resíduos depositados em locais indevidos que venham a interromper o escoamento dos corpos d'água de Irati (situação abordada no Programa de Educação Ambiental).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.3.2. *Programas de Curto, Médio e Longo Prazo*

Como programa de ações de curto, médio e longo prazo no Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Irati, foram estabelecidos os seguintes programas: Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras, Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção e Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências (Figura 31). Além disso, especificam-se como programa especial neste Plano Diretor de Drenagem Urbana atividades que serão realizadas apenas em casos de extrema necessidade. Sendo assim, este programa não contará com prazo para realização e custos no cronograma físico-financeiro do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.



Figura 31 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais de curto, médio e longo prazo.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE CANALIZAÇÃO DO ARROIO DOS PEREIRAS

O Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras tem o objetivo principal de complementar a obra realizada pela Prefeitura de Irati no arroio em destaque. O anteprojeto já foi apresentado no Produto 3 - Análise da Drenagem Urbana. A Tabela 17 apresenta a ficha do Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras.

Tabela 17 - Ficha do Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras.

PROGRAMA DE CANALIZAÇÃO DO ARROIO DOS PEREIRAS	
OBJETIVOS	1. Complementar o projeto do canal hídrico. 2. Melhorar o escoamento do Arroio dos Pereiras. 3. Evitar inundações e enchentes na jusante do Arroio dos Pereiras.
JUSTIFICATIVA	O Arroio dos Pereiras recebe a contribuição da vazão da área central do município que em sua grande parte é impermeabilizada aumentando o escoamento superficial. Atualmente o arroio não suporta essa vazão causando inundações e enchentes na região.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Elaboração do anteprojeto.	Imediato	Projeto
2.	Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo.	Curto/Médio	Projeto
3.	Realização das obras de canalização do Arroio dos Pereiras.	Curto/Médio	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

Atividade 1: Elaboração do anteprojeto.

- **Classificação:** Projeto;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Sem custos;
- **Descrição da Atividade:**

A elaboração do anteprojeto não apresenta custos, pois faz parte do Produto 3 Análise de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. O estudo

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

elaborado no Produto 3 demonstrou a necessidade de ampliação do canal existente no Arroio dos Pereiras para garantir que o canal suporte a vazão de escoamento das áreas impermeabilizadas na área central. Para a realização das melhorias necessárias no canal, são incluídas a elevação de ruas e pontes e a retirada de moradores próximos à foz do Arroio dos Pereiras no encontro com o Rio das Antas. Mais informações do anteprojeto desta obra de canalização são apresentadas no Produto 3 – Análise de Drenagem Urbana.

Atividade 2: Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo.

- **Classificação:** Projeto;
- **Prazo:** Curto/Médio;
- **Custos:** R$ 60.000,00;
- **Descrição da Atividade:**

Para a realização da obra é necessária a elaboração de projeto executivo. De acordo com a Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993 – a qual regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da administração pública, e dá outras providências – é o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, conforme as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para tal, deverá ser contratada empresa especializada em projetos de drenagem e obras hidráulicas para a elaboração do Projeto Executivo da canalização do Arroio dos Pereiras.

No desenvolvimento dos projetos deverão ser obedecidos os procedimentos dispostos pelas normas da ABNT em suas versões atualizadas. O projeto deverá conter, no mínimo:

- O projeto executivo deverá apresentar, de forma clara e precisa, o memorial descritivo (concepção adotada, metodologia, parâmetros de projeto, planilhas de cálculos hidráulicos, especificações técnicas, quantitativos e orçamento), além de peças gráficas com detalhes construtivos e as indicações necessárias à interpretação dos elementos que os comporão para posterior execução de obras;
- O projeto executivo de macrodrenagem será a base para a compatibilização dos diversos projetos complementares; e

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- As estruturas que utilizarão concreto armado deverão ter seu cálculo e todo o detalhamento de forma e ferro anexados, estando os custos relativos a estes projetos inseridos no preço para elaboração do projeto de macro drenagem.

Atividade 3: Realização das obras de canalização do Arroio dos Pereiras.

- **Classificação:** Projeto;
- **Prazo:** Curto/Médio;
- **Custos:** R$ 2.700.000,00
- **Descrição da Atividade:**

Após a elaboração do anteprojeto e projeto executivo, deverão ser iniciadas as obras de canalização do Arroio dos Pereiras. No Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana, o anteprojeto para a canalização do arroio apresentou a estimativa de custos para a obra de canalização. Devido à inexistência de projeto executivo, que deverá ser realizado conforme descrito na atividade anterior, os custos foram estimados para demonstrar a magnitude dos investimentos a serem realizados pelo município. Sendo assim, a Prefeitura deverá planejar a obtenção de recursos de fontes internas e/ou externas (detalhados no item 6.6) para assim, realizar das obras de canalização do Arroio dos Pereiras.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO

O Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção tem como objetivo principal controlar a vazão dos rios durante eventos de chuva, utilizando áreas disponíveis para a implantação de bacias de detenção/retenção. A seguir, a Tabela 18 apresenta a ficha do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção. A área estimada necessária para as bacias de detenção em cada sub-bacia foram apresentadas no Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

Tabela 18 - Ficha do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção.

PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO			
OBJETIVOS	1. Controlar a vazão de pico nos eventos de chuva. 2. Melhorar o escoamento dos rios e córregos. 3. Evitar inundações e enchentes na jusante dos rios.		
JUSTIFICATIVA	As bacias de detenção/retenção são estruturas de acumulação temporária e/ou infiltração de águas pluviais que são utilizadas para o amortecimento de cheias geradas como forma de controle de inundação. Trata-se de um reservatório construído para o armazenamento temporário das águas pluviais escoadas superficialmente. A água armazenada na bacia de detenção é liberada para o corpo hídrico de maneira gradual. Desta forma, os picos de vazão de escoamento superficial não alteram de forma drástica a vazão do corpo receptor, prevenindo o acontecimento de alagamentos.		
	Atividades	**Prazo**	**Classificação**
1.	Elaboração de pré-dimensionamento das bacias de detenção/retenção, com a capacidade estimada de armazenamento.	Imediato	Projeto
2.	Escolha das áreas para a implantação das bacias de detenção/retenção	Imediato/Curto	Projeto
3.	Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo das bacias de detenção/retenção.	Curto/Médio	Projeto
4.	Realização das obras de construção das bacias de detenção/retenção.	Curto/Médio/Longo	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se referem aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias é apresentado a seguir.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Atividade 1: Elaboração de pré-dimensionamento das bacias de detenção/retenção, com a capacidade estimada de armazenamento.

- **Classificação:** Projeto;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Esta atividade foi realizada preliminarmente e apresentada no Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana deste Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Atividade 2: Escolha das áreas para a implantação das bacias de detenção/retenção

- **Classificação:** Projeto;
- **Prazo:** Curto/Médio;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

A prefeitura deverá escolher as áreas com possibilidade de implantação destes reservatórios de detenção em cada sub-bacia da área urbana, como apresentado, com preferência das áreas que já pertencem ao município.

Atividade 3: Contração de empresa para elaboração do Projeto Executivo das bacias de detenção/retenção.

- **Classificação:** Projeto;
- **Prazo:** Curto/Médio;
- **Custos:** R$ 95.000,00;
- **Descrição da Atividade:**

Como apresentado anteriormente na atividade 2 do Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras, é necessário a elaboração de projeto executivo por meio de empresa especializada em projetos de drenagem e obras hidráulicas. Para a elaboração do projeto executivo das bacias de detenção/retenção necessárias em Irati.

Atividade 4: Realização das obras de construção das bacias de detenção/retenção.

- **Classificação:** Projeto;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Prazo:** Curto/Médio/Longo;
- **Custos:** R$ 18.063.955,00;
- **Descrição da Atividade:**

Após a elaboração do anteprojeto e projeto executivo, deverão ser iniciadas as obras de construção das bacias de detenção/retenção. No Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana foi apresentada as estimativas de custos para a implantação das bacias de detenção/retenção. A Tabela 19 apresenta os custos e prazo de investimento da atividade 3 do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção. Salienta-se que para o médio e longo prazo são considerados os custos de reconstituição anual por m³.

Tabela 19 - Custos e prazo de investimento da atividade 3 do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção.

Prazo	Ano	Custo estimado
Imediato	2019 - 2020	-
Curto	2021 - 2023	R$ 16.347.155,00
Médio	2024 - 2033	R$ 686.720,00
Longo	2034 - 2048	R$ 1.030.080,00
Total de investimentos:		**R$ 18.063.955,00**

Sendo assim, a Prefeitura deverá planejar a obtenção de recursos de fontes internas e/ou externas (detalhados no item 6.6) para assim, realizar das obras necessárias, conforme prazos de investimentos estimados anteriormente.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE REALOCAÇÃO E MONITORAMENTO DE INTERFERÊNCIAS

O Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências tem o objetivo de identificar e retirar ou realocar pontes, travessias e tubulações que interfiram no escoamento dos rios e córregos, para permitir o escoamento livre dos corpos d'água. A Tabela 20 apresenta a ficha do Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências.

Tabela 20 - Ficha do Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências.

PROGRAMA DE REALOCAÇÃO E MONITORAMENTO DE INTERFERÊNCIAS			
OBJETIVO	1. Permitir o escoamento livre de rios e córregos.		
JUSTIFICATIVA	As tubulações que cruzam os rios e córregos, bem como as pontes e travessias devem permitir o escoamento livre para evitar estrangulamento que é responsável por inundações a montante desses pontos.		
	Atividades	**Prazo**	**Classificação**
1.	Identificação das interferências.	Imediato	Ação
2.	Contato com os responsáveis pelas interferências.	Imediato	Ação
3.	Realocação e/ou retirada das interferências.	Curto	Projeto
4.	Realização de monitoramento.	Permanente	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

<u>Atividade 1</u>: Identificação das Interferências.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Toda e qualquer tipo de interferências que venham a influenciar no escoamento natural dos rios e córregos do município deverão ser identificados e mapeados por equipe responsável. Deverão ser identificados local e responsáveis por cada interferência. Além disso, as interferências poderão ser classificadas conforme o seu grau de influência no escoamento dos rios e córregos (por exemplo, interferência baixa, moderada e acentuada). Desta forma, após a identificação e classificação das interferências existentes, os responsáveis serão contatados para a realocação ou a retirada da interferência – conforme as atividades a seguir – priorizando as interferências que influenciam no escoamento de rios e córregos de forma acentuada. Em seguida, poderão ser tratadas as interferências de forma moderada e baixa.

Atividade 2: Contato com os responsáveis pelas interferências.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Sem custos;
- **Descrição da Atividade:**

Após a identificação das interferências, a equipe responsável pela elaboração do Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências deverá realizar contato com os responsáveis (Prefeitura, operador dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, operador do sistema de gás, propriedades particulares, entre outros), para solicitação da realocação ou retirada. Conforme descrito anteriormente, este contato poderá ser iniciado para os responsáveis de interferências que influenciem o escoamento de rios e córregos de forma acentuada; seguido pelo contato dos responsáveis de interferências de forma moderada e baixa. Esta solicitação para a realocação ou retirada das interferências poderá ser realizada por telefone ou por visita no local, demonstrando a necessidade de retirada ou realocação da interferência e prazo para solucionar o obstáculo indicado.

Atividade 3: Realocação e/ou retirada das interferências.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Curto;
- **Custos:** Sem custos;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Descrição da Atividade:**

Após a identificação e mapeamento das interferências e a realização do contato com os responsáveis por estas, deverão ser realocadas ou retiradas as interferências que apresentem influência no escoamento dos rios e córregos do município de Irati. Conforme citado na atividade anterior, a equipe responsável pelo desenvolvimento deste programa entrará em contato com os responsáveis das interferências identificadas no município, demonstrando o impacto causado pela interferência e a medida necessária que deve ser tomada para solucionar o problema, conforme será estabelecido no Manual de Drenagem deste Plano Diretor de Drenagem Urbana. Assim, fica a cargo dos responsáveis de cada interferência solucionar o problema, ao passo em que fica a cargo da administração pública cobrar a realocação ou retirada da interferência identificada.

Atividade 4: Realização de monitoramento.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Permanente;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Deverá ser feito o monitoramento constante para que sejam seguidos os procedimentos para a instalação de travessias e tubulações que cruzam os rios e córregos que serão detalhados no Manual de Drenagem. Assim, sugere-se que a equipe responsável pela realização do programa desenvolva uma forma de vistorias periódicas nos rios e córregos do município para identificar a existência de novas interferências e/ou a não solução de interferências já identificadas anteriormente. Caso sejam identificadas, a equipe responsável deverá identificar e classificar a interferência, assim como também entrar em contato com os responsáveis para tomar as medidas necessárias.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA ESPECIAL DE DRAGAGEM

O Programa de Dragagem será considerado um programa especial, pois a dragagem deverá ser realizada apenas em ultimo caso. Como já apresentado, os custos com dragagem são muito altos e, além do impacto para o meio ambiente. Sendo assim, não é uma intervenção programada no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, onde sua realização será apenas em casos de extrema necessidade.

Tabela 21 - Ficha do Programa Especial de Dragagem.

PROGRAMA ESPECIAL DE DRAGAGEM			
OBJETIVO	1. Realizar a dragagem de rios na área urbana.		
JUSTIFICATIVA	Durante o desenvolvimento urbano, o aumento da produção de sedimentos nas bacias hidrográficas é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Os sedimentos que atingem a macrodrenagem reduzem a capacidade de escoamento de cheias dos canais da macrodrenagem e as inundações se tornam mais frequentes.		
Atividades		**Prazo**	**Classificação**
1.	Apresentação de estudos com a justificativa da dragagem.	-	Ação

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.4. Programas, Projetos e Ações das Medidas Não Estruturais

Com base nas carências identificadas e no cenário normativo, projetado para o horizonte de planejamento de 30 anos (período de 2019 a 2048), foram propostos programas, projetos e ações as medidas não estruturais. O fluxograma da Figura 32 apresenta a relação entre as carências e os programas propostos para esse eixo.



Figura 32 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

6.4.1. *Programa de Ações Imediatas*

Como programa de ações imediatas no Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Irati para medidas não estruturais foi estabelecido o Programa de Regulamentação e o Programa de Cadastro de Microdrenagem.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE REGULAMENTAÇÃO

O Programa de Regulamentação tem por objetivo criar mecanismos para regulamentar os serviços de drenagem urbana no munícipio. A Tabela 22 apresenta a ficha do programa de regulamentação.

Tabela 22 - Ficha do Programa de Regulamentação.

PROGRAMA DE REGULAMENTAÇÃO			
OBJETIVO	1. Estabelecer critérios e parâmetros para drenagem urbana no município.		
JUSTIFICATIVA	Os mecanismos para regulamentação da drenagem urbana são realizados por meio de legislação específica e guias de práticas recomendáveis para desenvolver práticas sustentáveis; podendo estas possuir incentivo econômico (TUCCI, 2012).		
Atividades		**Prazo**	**Classificação**
1.	Instituir legislação específica para drenagem urbana.	Imediato	Iniciativa/Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias é apresentado a seguir.

Atividade 1: Instituir legislação específica para drenagem urbana.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

O estabelecimento de legislação específica para drenagem urbana no município auxilia no desenvolvimento sustentável do município, garantindo infraestrutura para gerações futuras e minimização dos impactos no meio ambiente – causados pelo crescimento municipal com a ausência do manejo de águas pluviais e drenagem urbana. A legislação municipal deverá incluir a definição de obrigatoriedades tanto para o setor público quanto para o privado. Foram propostas no item 5 regulamentações para serem estabelecidas no município de Irati; estas são:

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- Restrição de Ocupação Urbana na Sub-bacia do Nhapindazal;
- Compatibilização do Zoneamento Urbano;
- Regularização de Áreas Urbanas Consolidadas e Áreas de Preservação Permanente;
- Instituição de Cobrança dos Serviços; e
- Controle de Vazão de Pré-urbanização em Loteamentos.

Dentre estas, a compatibilização do zoneamento urbano e o controle de vazão de pré-urbanização em loteamentos serão discutidos em programas exclusivos a seguir. Além disso, é de poder da administração pública, por meio dos estudos apresentados neste Plano Diretor de Drenagem Urbana, estabelecer legislação específica para a drenagem urbana do município de forma a garantir o desenvolvimento sustentável municipal. Para o cumprimento desta atividade, deverá ser elaborado projeto de minuta de Lei e encaminhada a Câmara Municipal de Vereadores para votação e aprovação. É apresentado no APÊNDICE I um modelo de minuta de Lei para a regulamentação dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais para o município de Irati.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE CADASTRO DE MICRODRENAGEM

O Programa de cadastro de microdrenagem tem por objetivo estabelecer procedimentos para manter atualizado o cadastro das estruturas de microdrenagem do município. A Tabela 23 apresenta a ficha do programa de regulamentação, e o detalhamento da atividade é apresentado na sequência.

Tabela 23 - Ficha do Programa de Cadastro de Microdrenagem

PROGRAMA DE CADASTRO DE MICRODRENAGEM			
OBJETIVO	1. Manter 100% do arruamento e sistemas de drenagem do município cadastrado e atualizado		
JUSTIFICATIVA	O cadastro do sistema visa manter atualizadas as informações da rede de microdrenagem, para que, em caso de novas obras e projetos, auxiliar na execução dos mesmos.		
	Atividades	**Prazo**	**Classificação**
1.	Realizar cadastramento das infraestruturas e dispositivos de sistemas de microdrenagem do município.	Imediato	Iniciativa/Ação

<u>Atividade 1</u>: Realizar cadastramento das infraestruturas e dispositivos de sistemas de microdrenagem do município.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Há a necessidade de criação de um banco de dados de infraestrutura e dispositivos de sistemas de microdrenagem da área no sentido de auxiliar a prefeitura na gestão dos serviços. O cadastro tem como objetivo manter atualizadas as informações de sistemas de microdrenagem para que sirvam como referência e auxílio para a implantação de novas obras e projetos. Deve ser realizado o levantamento dos sistemas de microdrenagem (meios-fios, sarjetas, entre outros) existentes, e sua devida extensão. Tais informações poderão ser levantadas em campo por meio de um sistema de georreferenciamento e posteriormente espacializadas na forma de mapa.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.4.2. *Programas de Curto, Médio e Longo Prazo*

Como programas de ações de curto, médio e longo prazo no Plano Diretor de Drenagem Urbana do município de Irati, foram estabelecidos os seguintes programas: Programa de Vazão de Pré-urbanização, Programa de Compatibilização do Zoneamento. Programa de Diagnóstico e Relocação de Moradores em Áreas de Risco, Programa de Monitoramento, Fiscalização e Alerta, Programa de Manutenção e Programa de Educação Ambiental (Figura 33).

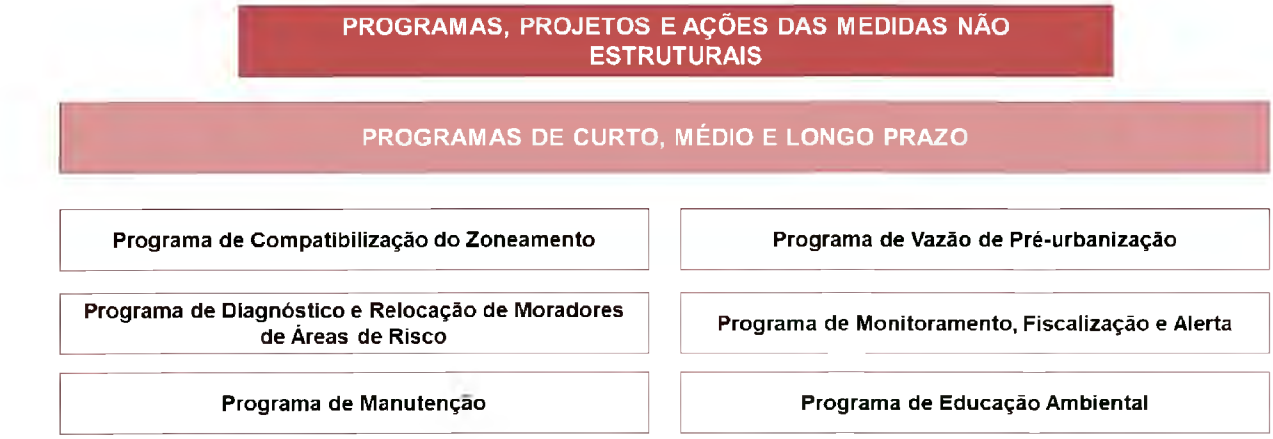


Figura 33 - Programas, projetos e ações das medidas estruturais de curto, médio e longo prazo.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia, 2019.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE VAZÃO DE PRÉ-URBANIZAÇÃO

O Programa de Vazão de Pré Urbanização tem como objetivo principal garantir a vazão que corresponde às condições mais próximas da situação natural anteriormente ao aumento de águas impermeáveis nas sub-bacias. A Tabela 24 apresenta a ficha do Programa de Vazão de Pré-urbanização; suas atividades são descritas a seguir.

Tabela 24 - Ficha do Programa Vazão de Pré-urbanização.

PROGRAMA DE VAZÃO DE PRÉ-URBANIZAÇÃO	
OBJETIVOS	1. Manter a vazão de pré-urbanização nas sub-bacias 2. Criar procedimentos para os cálculos da vazão de pré-urbanização em loteamentos
JUSTIFICATIVA	Com a adoção da vazão de pré-urbanização, os loteamentos não poderão lançar na rede pública de drenagem vazão superior a vazão específica de pré-urbanização da sub-bacia.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Cálculo da vazão de pré-urbanização de cada sub-bacia urbana.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Incluir em legislação específica de drenagem a obrigatoriedade de manter a vazão de pré-urbanização.	Imediato	Iniciativa/Ação
3.	Criar procedimentos para o cálculo da vazão e do volume a ser reservado nos lotes e terrenos.	Imediato	Iniciativa/Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

<u>Atividade 1</u>: Cálculo da vazão de pré-urbanização de cada sub-bacia urbana.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Faz parte do Programa de Vazão de Pré-urbanização o cálculo da vazão de cada sub-bacia. Esta vazão de pré-urbanização corresponde à vazão mais próxima da situação natural anteriormente ao aumento de áreas impermeáveis. A vazão de pré-urbanização foi

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

calculada para cada sub-bacia do município de Irati no Produto 3 – Relatório de Análise de Drenagem Urbana e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 13. Além disso, tais valores também serão apresentados no Manual de Drenagem do município de Irati.

Atividade 2: Incluir em legislação específica de drenagem a obrigatoriedade de manter a vazão de pré-urbanização.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Como descrito no item 5.3 – o qual trata da proposição de regulamentação de controle de vazão de pré-urbanização em loteamentos – para evitar problemas causados pelo aumento da vazão de águas pluviais devido ao aumento da superfície impermeável nas sub-bacias, toda ocupação deverá possuir uma vazão máxima de saída para a rede pública que não ultrapasse a vazão de pré-urbanização da sub-bacia do qual o lote está inserido. As formas propostas para este controle de vazão também estão descritas no item 5.3. Assim, a administração pública deverá incluir no Programa de Regulamentação a obrigatoriedade de manter a vazão de pré-urbanização em lotes já consolidados assim como loteamentos futuros.

Atividade 3: Criar procedimentos para o cálculo da vazão e do volume a ser reservado nos lotes e terrenos.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Para auxiliar no desenvolvimento de ações que controlem a vazão de pré-urbanização em lotes já consolidados e loteamentos futuros, faz parte do Programa de Vazão de Pré-urbanização a apresentação de procedimentos para o cálculo da vazão e do volume a ser reservado nos lotes e terrenos, tanto públicos quanto privados. Estes procedimentos serão apresentados no Manual de Drenagem Urbana do município de Irati.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE COMPATIBILIZAÇÃO DO ZONEAMENTO

O objetivo desde programa é compatibilizar o zoneamento do Plano Diretor Municipal com o Plano Diretor de Drenagem Urbana – o qual baseia-se no modelo de gestão por bacias. A Tabela 25 apresenta a ficha do Programa de Compatibilização do Zoneamento.

Tabela 25 - Ficha do Programa de Compatibilização do Zoneamento.

PROGRAMA DE COMPATIBILIZAÇÃO DO ZONEAMENTO	
OBJETIVO	1. Compatibilizar o zoneamento do Plano Diretor Municipal com o Plano de Drenagem.
JUSTIFICATIVA	O Plano Diretor de Drenagem Urbana é baseado em gestão por bacias hidrográficas e deve estar em consonância com os coeficientes do zoneamento do Plano Diretor Municipal de Irati.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Realização de estudos de coeficientes por bacia.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Aprovação e compatibilização do Plano Diretor Municipal com o Plano Diretor de Drenagem Urbana.	Imediato	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

Atividade 1: Realização de estudos de coeficientes por bacia.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Foram apresentadas no item 5.1 (Compatibilização do Zoneamento Urbano) que cada sub-bacia é composta por várias parcelas de zonas urbanas estabelecidas no Zoneamento Urbano do Plano Diretor Municipal. Contudo, ao serem compostas por várias parcelas de zonas urbanas – que apresentam diferentes coeficientes de taxa de

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

permeabilidade – as sub-bacias não apresentam uniformidade na vazão de escoamento de lotes e terrenos. Para auxiliar no manejo de águas pluviais e drenagem urbana, sugere-se neste Plano Diretor de Drenagem Urbana que a gestão seja realizada por meio do território das sub-bacias. Assim, sugere-se que para cada sub-bacia seja estabelecido um valor de coeficiente de maior taxa de permeabilidade dentre as zonas urbanas que compõem a bacia. Detalhes sobre esta proposição de compatibilização do zoneamento estão apresentados no item 5.1.

Atividade 2: Aprovação e compatibilização do Plano Diretor Municipal com o Plano Diretor de Drenagem Urbana.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

De acordo com os estudos apresentados a respeito do coeficiente de permeabilidade em lotes e terrenos, a compatibilização do coeficiente de permeabilidade para as sub-bacias deverá ser discutido e aprovado pela equipe técnica da Prefeitura Municipal de Irati. Sugere-se a indicação na Lei do Zoneamento Urbano de Irati que para cada sub-bacia será válido o maior coeficiente de permeabilidade dentre as zonas que compõem uma sub-bacia; situação que independe de qual zona urbana o lote ou terreno está incluído.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO E RELOCAÇÃO DE MORADORES EM ÁREAS DE RISCO

Este programa visa retirar os habitantes de Irati que se encontram nas áreas de risco de inundações e enchentes. As ocupações irregulares nas áreas de interesse ambiental como Áreas de Preservação Permanente (APPs) e encostas podem resultar em diversos problemas, tanto na questão ambiental como na social. A planície de inundação é toda a área à margem de cursos d'água que fica inundada durante as cheia, também conhecida como várzea e nas enchentes torna-se o leito do rio. Cunha (2001) cita que as atividades humanas podem modificar o comportamento da descarga e da carga sólida do rio. A Tabela 26 apresenta a ficha do Programa de Diagnóstico de Relocação de Moradores em Áreas de Risco.

Tabela 26 - Ficha do Programa de Diagnóstico e Relocação de Moradores em Áreas de Risco.

PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO E RELOCAÇÃO DE MORADORES EM ÁREAS DE RISCO	
OBJETIVO	1. Retirada dos moradores que se encontram nas áreas de risco de inundação e enchentes.
JUSTIFICATIVA	Com a adoção da vazão de pré-urbanização, os loteamentos não poderão lançar na rede pública de drenagem vazão superior a vazão específica de pré-urbanização da sub-bacia.

	Atividades	**Prazo**	**Classificação**
1.	Identificação das áreas de risco de áreas de preservação permanente	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Identificação das áreas de risco em várzeas de acordo com polígono	Curto	Ação
3.	Realização de estudos e cálculos dos valores a serem indenizados.	Curto	Ação
4.	Atender as demandas de relocação preferencialmente em programas de habitação de interesse social	Médio/Longo	Ação
5.	Indenização aos moradores quando couber	Médio/Longo	Ação
6.	Recuperar áreas de APP's e formar espaços de uso comum onde couberem – Áreas restabelecidas	Longo	Ação

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

Atividade 1: Identificação das áreas de risco de preservação permanente.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

As áreas de risco de inundações e enchentes em áreas de preservação permanente devem ser identificadas e mapeadas. Após a sua identificação e mapeamento, as áreas de risco de inundações e enchentes devem ser incluídas e classificadas como áreas de restrição de uso (ARU) no Plano Diretor Municipal, e monitoradas constantemente. Este monitoramento é importante para a identificação dos locais mais críticos que necessitam de intervenções estruturais para a contenção da vazão de escoamento superficial; evitando-se a ocorrência de inundações e enchentes no local.

Atividade 2: Identificação das áreas de risco em várzeas de acordo com o polígono.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Sem custos;
- **Descrição da Atividade:**

As áreas de risco de inundações e enchentes em áreas várzeas deverão ser identificadas e mapeadas de acordo o polígono.

Atividade 3: Realização de estudos e cálculos dos valores a serem indenizados.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Sem custos;
- **Descrição da Atividade:**

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Os valores pagos nas desapropriações representam uma porcentagem significativa do orçamento dos municípios e dos estados brasileiros. Muitas vezes, o valor de uma superindenização de desapropriação de terra equivale ao orçamento geral de um ou mais mandatos políticos de uma instância de governo. Entretanto, pode ser uma das soluções para garantir o direito à moradia, reduzindo a ocupação irregular de áreas de risco, e o acesso da população mais carente à terra urbanizada.

Atividade 4: Atender as demandas de relocação preferencialmente em programas de habitação de interesse social.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Médio/Longo;
- **Custos:** Sem custos;
- **Descrição da Atividade:**

As famílias poderão se inserir nos programas de interesse social, de modo que esta é uma diretriz que o governo local deve e pode adotar como medida para reduzir ocupações em áreas de risco de inundações e enchentes.

O Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) é um fundo de natureza contábil, criado por meio da Lei Nacional nº 11.124 de 16 de junho de 2005 – a qual dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS), cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS) e institui o Conselho Gestor do FNHIS. O Fundo foi criado com o objetivo de centralizar e gerenciar recursos orçamentários para os programas estruturados no âmbito do SNHIS, os quais são destinados a implementar políticas habitacionais direcionadas à população de menor renda (BRASIL, 2005). De acordo com o artigo 8 da referida lei, o FNHIS é constituído por:

- Recursos do Fundo de Apoio aos Desenvolvimento Social (FAS) – tratado pela Lei nº 6.168 de 9 de dezembro de 1974;
- Dotações do Orçamento Geral da União (classificadas no fundo de habitação);
- Recursos provenientes de empréstimos externos e internos para programas de habitação;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- Contribuições e doações de pessoas físicas ou jurídicas, entidades e organismos de cooperação nacionais ou internacionais;
- Receitas operacionais e patrimoniais de operações realizadas com recursos do FNHIS;
- Receitas decorrentes da alienação dos imóveis da União que lhe vierem a ser destinadas (redação dada pela Lei nº 11.184); e
- Outros fundos, recursos e programas que vierem a ser incorporados ao FNHIS.

O FNHIS é considerado uma fonte de recurso externa, pois os recursos constituídos pelo FNHIS são aplicados de forma descentralizada por intermédio do Estado, Distrito Federal e Municípios que deverão apresentar o Plano Habitacional de Interesse Social, auxiliando a administração pública municipal com os investimentos em habitações para famílias vulneráveis.

Atividade 5: Indenizações aos moradores quando couber.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Curto/Médio;
- **Custos:** R$ 15.000.000,00;
- **Descrição da Atividade:**

Caso avaliada a necessidade de desapropriação de moradores em áreas de preservação permanente e/ou áreas de alto risco com impossibilidades de ocupação, deverão ser realizadas as indenizações aos moradores. Após os estudos dos valores, deverão ser negociadas e pagas as indenizações aos moradores e feita a sua retirada das áreas de risco. Para uma estimativa inicial de necessidade de desapropriação e indenização de moradores foi considerada a área de risco no Arroio dos Pereiras próximo ao lançamento no Rio das Antas – local de ocorrência de grandes enchentes e inundações. A área aproximada estipulada para desapropriação de moradores – caso realizada as obras de canalização do Arroio dos Pereiras para o suporte da vazão de escoamento superficial no canal – de 7.500 m² e um custo estimado de R$ 2.000,00/m², as indenizações podem chegar a um custo de R$ 15.000.000,00.

Atividade 6: Recuperar áreas de APP's e formar espaços de uso comum onde couberem – Áreas restabelecidas

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Longo;
- **Custos:** -;
- **Descrição da Atividade:**

Além da necessidade de regularização das áreas citada, vários locais no município de Irati possuem habitações irregulares em áreas de preservação permanente; estas caracterizadas como invasões, pois não são classificadas como áreas urbanas consolidadas. Por tratar-se de áreas de preservação permanente, estes locais não permitem a ocupação.

Sugere-se que, para a conciliação dos aspectos urbanos e ambientais, seja construído ao longo deste curso d'água um parque linear. São estruturas que buscam a recuperação das áreas degradadas em margens de rios e córregos ao mesmo tempo em que garante o manejo de águas pluviais adequado e a minimização de eventos de inundações na região.

Além disso, a construção de parques lineares destina a área à conservação e preservação dos recursos naturais, prevenindo a ocupação irregular (ABCP, 2013; ZANOTTI *et al.*, 2014). Além de auxiliar no manejo de águas pluviais da região, os parques lineares proporcionam atividades de lazer, como pistas de caminhada e ciclovias, e espaços recreativos (ABCP, 2013).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE MONITORAMENTO, FISCALIZAÇÃO E ALERTA

O objetivo deste programa é criar um sistema de fiscalização, monitoramento e alerta no município relacionado a drenagem urbana, facilitando na gestão eficaz das áreas de risco. A Tabela 27 apresenta a ficha do Programa de Retirada de Moradores em Áreas de Risco.

Tabela 27 - Ficha do Programa de Monitoramento, Fiscalização e Alerta.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO, FISCALIZAÇÃO E ALERTA			
OBJETIVO	1. Criar o sistema monitoramento, fiscalização e alerta.		
JUSTIFICATIVA	Com o programa de fiscalização, monitoramento e alerta, o município terá ferramentas para fazer a gestão eficaz das áreas de risco.		
	Atividades	**Prazo**	**Classificação**
1.	Criar os procedimentos para o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Estabelecer responsáveis pelo sistema.	Imediato	Ação
3.	Realização do monitoramento, fiscalização e alerta.	Permanente	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

<u>Atividade 1</u>: Criar procedimentos para o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Será necessária a criação de procedimentos para o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta, pois:

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- O monitoramento realizado em cada evento de chuva no município permite o acompanhamento das cotas de inundação de rios e córregos. Assim, os dados podem ser registrados, criando um histórico de cotas para o monitoramento das áreas de risco à inundação;
- A fiscalização é necessária para que, quando identificadas as áreas de risco evita-se a ocupação ou reocupação nas áreas de risco já desocupadas; e
- O alerta auxilia a administração pública a prevenir que a população seja atingida em eventos críticos de chuva.

Dentre os procedimentos que podem ser criados para a funcionalidade do sistema, estão: coleta de dados; alimentação do banco de dados do sistema de monitoramento, fiscalização e alerta; fiscalização das áreas de risco; e formas de comunicação para o alerta da população.

Atividade 2: Estabelecer responsáveis pelo sistema.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Para a perfeita implantação do sistema de monitoramento, fiscalização e alerta devem-se indicar os responsáveis pela coleta de dados e alimentação do banco de dados do sistema, a cada evento de chuva. Além disso, é necessário estabelecer equipe responsável pela fiscalização das áreas de risco para a realização de vistorias no local. O alerta poderá ficar a cargo da Defesa Civil do município.

Atividade 3: Realização do monitoramento, fiscalização e alerta.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Permanente;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Após a definição dos responsáveis e procedimentos, as atividades de monitoramento, fiscalização e alerta deverão ser realizadas de forma periódica.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

Este programa tem como objetivo estabelecer a manutenção dos equipamentos de drenagem no município. A Tabela 28 apresenta a ficha do Programa de Manutenção.

Tabela 28 - Ficha do Programa de Manutenção.

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO	
OBJETIVO	1. Criar o sistema de manutenção dos equipamentos de drenagem urbana.
JUSTIFICATIVA	A manutenção preventiva e periódica evita que em grandes eventos ocorram alagamentos no município.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Estabelecer a manutenção preventiva e periódica.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Aquisição de caminhão hidrojateador.	Curto/Médio	Ação
3.	Desobstrução de redes com hidrojateador.	Curto/Médio/Longo	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

<u>Atividade 1</u>: Estabelecer a manutenção preventiva e periódica.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Imediato;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

É necessário que a administração pública de Irati estabeleça no município a manutenção preventiva e periódica dos sistemas de micro e macrodrenagem do município. Desta forma, é reduzida as chances dos sistemas de drenagem urbana do município apresentarem falhas no seu desempenho. Assim, deverão ser estabelecidos os procedimentos para a realização de manutenção, periodicidade e equipe responsável.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Atividade 2: Aquisição de caminhão hidrojateador.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Curto/Médio;
- **Custos:** R$ 200.000,00;
- **Descrição da Atividade:**

Sugere-se à Prefeitura Municipal de Irati que realize a aquisição de um caminhão hidrojateador para a limpeza dos sistemas de microdrenagem do município. Com a aquisição de um caminhão hidrojateador, a limpeza das redes de microdrenagem se dará de forma mais rápida e barata.

Atividade 3: Desobstrução de redes com hidrojateador.

- **Classificação:** Iniciativa/Ação;
- **Prazo:** Curto/Médio/Longo;
- **Custos:** R$ 90/m de rede;
- **Descrição da Atividade:**

Após a aquisição do caminhão, deverá ser treinada equipe responsável pela operação e manutenção do sistema. Na sequência, após o treinamento de equipe, sugere-se que seja realizado um levantamento de sistemas de microdrenagem que necessitam de limpeza, além de estabelecer um cronograma para a realização da desobstrução de redes com hidrojateador. Estima-se um custo de R$ 90,00 por metro de rede de drenagem que necessita de limpeza.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O Programa de Educação Ambiental tem como objetivo a realização de atividades de educação ambiental no município, apresentando informações necessárias à população no que diz respeito aos sistemas de drenagem urbana do município, procedimentos e responsabilidades, conscientizando a população para o uso adequado dos sistemas de drenagem. A Tabela 29 apresenta a ficha do Programa de Educação Ambiental.

Tabela 29 - Ficha do Programa de Educação Ambiental.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL			
OBJETIVOS	1. Realizar atividades de educação ambiental no município de Irati.		
JUSTIFICATIVA	A conscientização da população, no que se refere aos sistemas de drenagem urbana do município de Irati, deve ser estimulada para que a sociedade também esteja envolvida nas ações de minimização dos impactos causados por inundações e enchentes no município.		
	Atividades	**Prazo**	**Classificação**
1.	Realização de atividades de educação ambiental na Semana de Conscientização e Prevenção Contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana de Irati.	Permanente	Ação

O detalhamento de cada atividade, no que se refere aos recursos humanos e financeiros, materiais e tecnologias necessárias para realização das atividades é apresentado a seguir.

<u>Atividade 1</u>: Realização de atividades de educação ambiental na Semana de Conscientização e Prevenção Contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana de Irati.

- **Classificação:** Ação;
- **Prazo:** Permanente;
- **Custos:** Inclusos nas despesas relativos ao custeio;
- **Descrição da Atividade:**

Foi instituído no município a Semana de Conscientização e Prevenção Contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana de Irati (Lei nº 4.026 de 1º de setembro de 2015).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Neste evento, é apresentada a população local temas referentes aos serviços prestados pela Defesa Civil, além de orientações ao público sobre o assunto. Também são realizadas campanhas educativas entre outras ações para discutir com a população a importância de manter os rios limpos, do descarte adequado de resíduos sólidos, além de informar sobre as áreas de riscos impróprias para edificações. É importante que a administração pública de Irati utilize deste espaço de informação e discussão que já ocorre no município para incluir a população de Irati no desenvolvimento das ações necessárias para a redução de eventos de inundação e enchentes no município.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.5. Cronograma Físico-Financeiro

É apresentado na Tabela 30 o cronograma físico-financeiro do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, contendo todos os programas, e suas respectivas atividades. Para cada atividade, é indicado o prazo em qual esta deve ser realizado. Salienta-se que os prazos indicados são:

- **Imediato:** até 2 anos (2019 – 2020);
- **Curto:** entre 2 e 5 anos (2021 – 2023);
- **Médio:** entre 5 e 15 anos (2024 – 2033); e
- **Longo:** entre 15 e até 30 anos (2034 – 2048).

Para as atividades que apresentam custos, estes também estão indicados no cronograma físico-financeiro. Detalhes sobre os programas e atividades estabelecidos no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati são apresentados nos itens 6.3 e 0 para medidas estruturais e medidas não estruturais, respectivamente.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 30 - Cronograma físico-financeiro do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

	Atividades	Imediato	Curto	Médio	Longo
PROGRAMA DE LIMPEZA E DESASSOREAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS					
1.	Estabelecer critérios e parâmetros para a limpeza dos rios e córregos e incluir na legislação de drenagem.	-			
2.	Estabelecer a equipe de limpeza.	-			
3.	Realizar a limpeza sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção.	-			
4.	Estabelecer cronograma para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos de forma periódica.	-			
PROGRAMA DE CANALIZAÇÃO DO ARROIO DOS PEREIRAS					
1.	Elaboração do anteprojeto.	-			
2.	Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo.		R$ 60.000,00		
3.	Realização das obras de canalização do Arroio dos Pereiras.		R$ 2.700.000,00		
PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO					
1.	Elaboração de pré-dimensionamento das bacias de detenção/retenção, com a capacidade estimada de armazenamento.	-			
2.	Escolha das áreas para a implantação das bacias de detenção/retenção	-			
3.	Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo das bacias de detenção/retenção.		R$ 95.000,00		
4.	Realização das obras de construção das bacias de detenção/retenção.		R$ 16.347.155,00	R$ 686.720,00	R$ 1.030.080,00
PROGRAMA DE REALOCAÇÃO E MONITORAMENTO DE INTERFERÊNCIAS					
1.	Identificação das interferências.	-			
2.	Contato com os responsáveis pelas interferências.	-			
3.	Realocação e/ou retirada das interferências.		-		
4.	Realização de monitoramento.	-	-	-	-
PROGRAMA DE REGULAMENTAÇÃO					
1.	Instituir legislação específica para drenagem urbana.	-			
PROGRAMA DE CADASTRO DE MICRODRENAGEM					

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

	Atividades	Imediato	Curto	Médio	Longo
1.	Realizar cadastramento das infraestruturas e dispositivos de sistemas de microdrenagem do município.	-			
	PROGRAMA DE VAZÃO DE PRÉ-URBANIZAÇÃO				
1.	Cálculo da vazão de pré-urbanização de cada sub-bacia urbana.	-			
2.	Incluir em legislação específica de drenagem a obrigatoriedade de manter a vazão de pré-urbanização.	-			
3.	Criar procedimentos para o cálculo da vazão e do volume a ser reservado nos lotes e terrenos.	-			
	PROGRAMA DE COMPATIBILIZAÇÃO DO ZONEAMENTO				
1.	Realização de estudos de coeficientes por bacia.	-			
2.	Aprovação e compatibilização do Plano Diretor Municipal com o Plano Diretor de Drenagem Urbana.	-			
	PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO E RELOCAÇÃO DE MORADORES DE ÁREAS DE RISCO				
1.	Identificação das áreas de risco de áreas de preservação permanente.	-			
2.	Identificação das áreas de risco de áreas em várzea de acordo com polígono.	-			
3.	Realização de estudos e cálculos dos valores a serem indenizados.		-		
4.	Atender as demandas de relocação preferencialmente em programas de habitação de interesse social.		-	-	-
5.	Indenização aos moradores.		R$ 15.000.000,00		
6.	Recuperar áreas de APP's e formar espaços de uso comum onde couberem – Áreas estabelecidas				-
	PROGRAMA DE MONITORAMENTO, FISCALIZAÇÃO E ALERTA				
1.	Criar os procedimentos para o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta.	-			
2.	Estabelecer responsáveis pelo sistema	-			
3.	Realização do monitoramento, fiscalização e alerta.	-	-	-	-
	PROGRAMA DE MANUTENÇÃO				
1.	Estabelecer a manutenção preventiva e periódica.	-			
2.	Aquisição de caminhão hidrojateador.		R$ 200.000,00		

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

	Atividades	Imediato	Curto	Médio	Longo
3.	Desobstrução de redes com hidrojateador.		R$ 90,00/m de rede		
	PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL				
1.	Realização de atividades de educação ambiental na Semana de Conscientização e Prevenção Contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana de Irati.	-	-	-	-

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.6. Definições das Fontes de Recursos e de Financiamento

Saber as fontes de recursos e de financiamento existentes é importante para auxiliar a administração pública a escolhes as que mais se adequam à sua realidade, de forma a garantir o bom andamento dos programas propostos no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. A Figura 34 apresenta as fontes de recursos internas e externas que auxiliarão na viabilização do Plano, e a seguir, estas são analisadas detalhadamente.

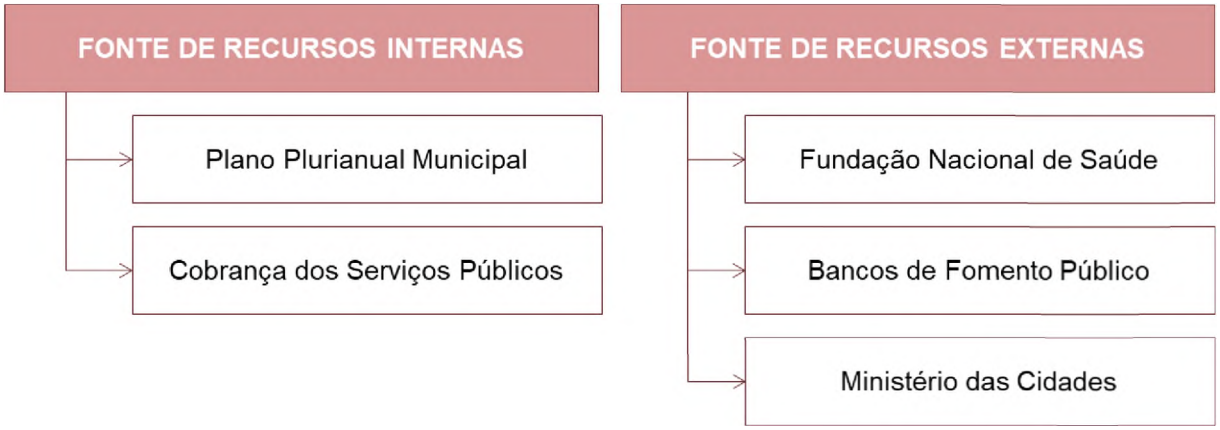


Figura 34 - Fonte de recursos e de financiamento.

6.6.1. *Fontes de Recursos Internas*

Dentre as fontes de recursos para a universalização do saneamento básico, encontram-se como fonte de recursos internas o Plano Plurianual do município de Irati e a arrecadação de investimentos em drenagem urbana por meio de taxas e tributos (Figura). Ambas as fontes de recursos internas são detalhadas a seguir.

Plano Plurianual

O Plano Plurianual (PPA) é um planejamento em longo prazo dos recursos técnicos e econômicos da administração pública municipal, onde são identificadas as ações e programas a serem realizados no prazo de quatro anos a fim de suprir as necessidades do município e garantir o desenvolvimento técnico, econômico e social. Nele podem ser

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

programados os investimentos futuros para as medidas de intervenção adotadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

Em Irati, a Lei nº 4.435 de 22 de dezembro de 2017 dispõe sobre o PPA do quadriênio 2018/2021. Dentro deste planejamento, a Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo é o órgão responsável pelo "Programa Irati mais Participativa". Este é descrito no PPA de Irati com investimentos programados para os anos de 2018 a 2021 (Tabela 31). Neste programas foram estabelecidos metas de investimento conforme a descrição de cada atividade do programa. A Tabela 31 apresenta de forma geral os investimentos estabelecidos para o período e ano a ano. Ainda, a Figura 35 apresenta graficamente estas metas de investimento do PPA de Irati para atividades da Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo no período de 2018 a 2021.

Tabela 31 - "Programa Irati Mais Participativa" no Plano Plurianual 2018-2021.

PROGRAMA IRATI MAIS PARTICIPATIVA				
ÓRGÃO:	Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo			
OBJETIVO:	Estudar, elaborar, coordenar, fiscalizar e aprovar projetos técnicos de arquitetura, engenharia e urbanismo, em consonância com as legislações pertinentes. Manter ações relacionadas a planejamento urbano, fiscalização de posturas e ocupação do solo e demais ações voltadas ao oferecimento de boas condições de vida a população urbana.			
PÚBLICO ALVO:	População em geral			
JUSTIFICATIVA:	A expansão da cidade, bem como o crescimento e valorização dos bairros, aliado ao surgimento de novos loteamentos, demanda maiores atendimentos quanto a elaboração, aprovação de projetos e fiscalização de obras.			
INVESTIMENTOS				
META 2018	**META 2019**	**META 2020**	**META 2021**	**META TOTAL**
R$ 2.613.300,00	R$ 2.900.299,60	R$ 3.162.093,00	R$ 3.478.302,30	R$ 12.153.994,90

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

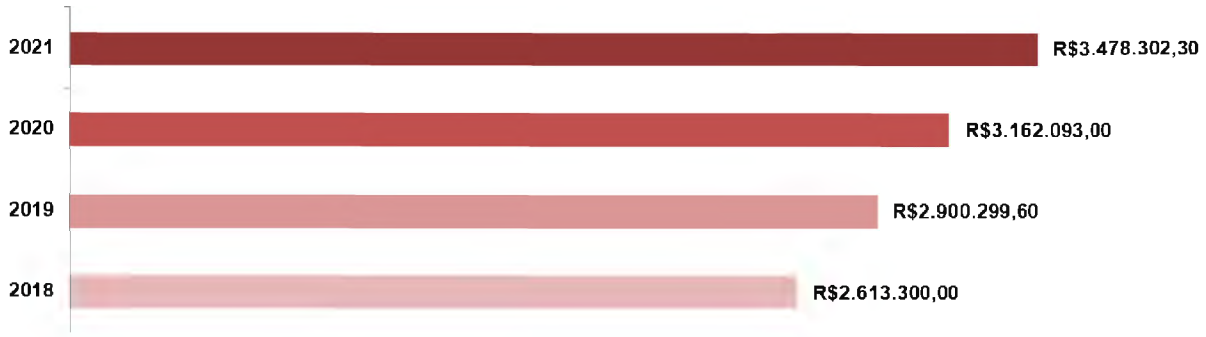


Figura 35 – Investimentos no "Programa Irati Mais Participativa" do Plano Plurianual 2018-2021.

Neste contexto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati vem como um complemento aos investimentos já estabelecidos para planejamento e obras de infraestrutura urbana no município. A Secretaria de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo poderá utilizar algumas ações estabelecidas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana – desde que dentro das metas de investimentos do PPA – como um plano de aplicação dos recursos reservados para tal programa do PPA. Desta forma, o PPA torna-se uma fonte de recursos interna para a realização das ações estabelecidas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

Taxa de Drenagem Urbana

Além do Plano Plurianual, é considerada fonte de recurso interno a arrecadação de investimentos no manejo de águas pluviais e drenagem urbana por meio de taxas ou tributos. A base legal para tal cobrança foi apresentada no item 5.5. Segundo Tucci (2002), a taxa de drenagem urbana pode ser calculada pelo rateio dos custos de operação e manutenção de rede e pelo rateio dos custos para implantação das obras do Plano de Drenagem. A metodologia dos cálculos, proposta por Tucci (2002), será apresentado a seguir.

- **Rateio dos Cursos de Operação e Manutenção de Rede**

O custo unitário (custo por metro quadrado) pode ser calculado por:

$$Cu = \frac{Ct}{Ab}$$

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Onde:

Cu = Custo unitário (R$/m²);

Ct = Custo total de operação e manutenção de rede (R$ em milhões); e

Ab = Área da bacia (km²).

Além disso, a área da bacia pode ser subdividida em:

$$100 = Ap + Ai$$

Onde:

Ap = Parcelas de áreas permeáveis (%); e

Ai = Parcelas de áreas impermeáveis (%).

Quanto se trata de área urbana, as áreas impermeáveis podem ser representadas da seguinte forma:

$$Ai = \alpha i_m + \beta i_1$$

Onde:

α = Parcela da área com arruamentos e logradouros públicos, como parques e praças;

i_m = Parcela impermeável desta área (%);

β = Parcela de área ocupada pelos lotes urbanos; e

i_1 = Parcela de impermeabilização do lote (%).

Como $\beta = 1 - \alpha$, a equação pode ser apresentada da seguinte forma:

$$Ai = \alpha i_m + (1 - \alpha) i_1$$

A taxa de cobrança da operação e manutenção da drenagem urbana tem como princípio a sua proporção com o volume de escoamento superficial gerado (TUCCI, 2002). Para o cálculo, considera-se o coeficiente de escoamento de áreas impermeáveis (Ci) e o coeficiente de escoamento de áreas permeáveis (Cp). Desta forma, o custo unitário de uma área permeável fica:

$$Cup = \frac{Cp}{Ci} Cui$$

Onde:

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Cup = Custo unitário de área permeável;

Cui = Custo unitário de área impermeável;

Cp = Coeficiente de escoamento de áreas permeáveis; e

Ci = Coeficiente de escoamento de áreas impermeáveis.

Assim, o custo total de manutenção e operação é:

$$Ct = \frac{Ab}{100}((Cup \times Ap) + (Cui \times Ai))$$

Substituindo as fórmulas anteriormente apresentadas, é possível estabelecer o valor do custo unitário da área impermeável.

$$Cui = \frac{100 \times Ct}{Ab \times (\left(\frac{Cp}{Ci} \times (100 - Ai)\right) + Ai)}$$

No cálculo, o valor de Cui é fixado para a bacia ou para a área total em questão. Assim, conhecidos os valores de Ct, Ab e Ai é possível fixar o custo unitário da área impermeável. Calculado este custo, é possível estimar a taxa de drenagem urbana (Tx) a ser paga por propriedade, em função da parcela de impermeabilização do lote (i_1). A taxa é calculada por:

$$Tx = \frac{A}{100}((Cui \times Ai) + (Cup \times Ap))$$

Onde:

Tx = Taxa de drenagem urbana;

A = Área total;

Cui = Custo unitário da área impermeável;

Ai = Parcela de área impermeável;

Cup = Custo unitário da área permeável; e

Cp = Parcela de área permeável.

Esta também pode ser representada da seguinte forma:

$$Tx = \frac{A \times Cui}{100}\left(Ai + \left(\frac{Cp}{Ci} \times (100 - Ai)\right)\right), \text{ onde } Ai = \alpha i_m + (1 - \alpha) i_1$$

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Rateio dos Cursos para Implementação das Obras do Plano de Drenagem**

Para o caso do cálculo do rateio dos custos para implementação das obras do Plano de Drenagem Urbana, é distribuída apenas para as propriedades com áreas impermeabilizadas que aumentaram a vazão acima das condições naturais (TUCCI, 2002). Neste caso:

$$Cupi = \frac{Ctp \times 100}{Ab \times Ai}$$

Onde:

$Cupi$ = Custo unitário de implementação do plano em áreas impermeáveis;

Ctp = Custo total de implementação do Plano;

Ab = Área da bacia (km²); e

Ai = Distribuição das áreas impermeáveis de cada área.

Além disso, o custo para cada área de lote urbanizado, em relação à parcela de impermeabilização do lote (i_1), é dado pela expressão:

$$Txp = \frac{Ai \times Cupi \times A}{100}, \text{ onde } Ai = \alpha i_m + (1-\alpha) i_1$$

Neste contexto, a taxa de drenagem urbana em relação aos custos para implementação de obras do Plano de Drenagem pode ser dada por:

$$Tx = (\alpha i_m + (1-\alpha) i_1) \frac{Ctp \times Ai}{Ab \times Ai}$$

Onde:

Ai = Àrea impermeável de toda a bacia (%);

A = Área do terreno (m²);

Ab = Área da bacia (km²);

Ctp = Custo total de implementação do Plano (R$ milhões); e

i_1 = Área impermeável do lote (%);

α = Parcela da área com arruamentos e logradouros públicos, como parques e praças; e

i_m = Parcela impermeável de α (%).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Para um lote sem a existência de áreas impermeáveis, o proprietário fica sujeito à contribuição tarifária referente a parcela das ruas (TUCCI, 2002). Desta maneira, o cálculo fica:

$$Tx = \alpha i_m \frac{Ctp \times Ai}{Ab \times Ai}$$

6.6.2. *Fontes de Recursos Externas*

Muitos órgãos estaduais e federais possuem programas e ações para o financiamento de infraestrutura técnica e econômica para a realização dos projetos municipais propostos. Alguns dos órgãos e bancos de fomento públicos nacionais designados como possíveis fontes de recursos para as medidas de intervenção apresentadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati são:

- Fundação Nacional de Saúde (FUNASA);
- Bancos de Fomento Público; e
- Ministério das Cidades (MCIDADES).

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) é um órgão do Ministério da Saúde que tem como missão promover a saúde pública e a inclusão social por meio de ações de saneamento e saúde ambiental. O Departamento de Engenharia de Saúde Pública (DENSP) – departamento da FUNASA – foi criado com o objetivo de fomentar soluções de saneamento para prevenção e controle de doenças no território nacional (FUNASA, 2018). O DENSP busca a redução de riscos à saúde financiando projetos de universalização dos sistemas de saneamento básico. O Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento – realizado por intervenção do DENSP – tem financiado pesquisas que buscam a redução dos agravos causados pela falta de saneamento básico adequado nos municípios brasileiros. Além deste Programa, por meio de parcerias com outros órgãos, entidades públicas e entidades privadas, a FUNASA presta assistência técnica e/ou financeira para o desenvolvimento das ações que visam a universalização do saneamento básico. É responsabilidade da FUNASA – na esfera federal – alocar os recursos não onerosos para os sistemas de saneamento básico. Dentre das ações da FUNASA, o

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

atendimento a municípios com população inferior a 50 mil habitantes, em comunidades quilombolas e assentamentos é prioridade do órgão público.

O Ministério das Cidades (MCIDADES) foi criado com o objetivo de "melhorar as cidades, tornando-as mais humanas, social e economicamente justas e ambientalmente sustentáveis, por meio de gestão democrática e integração das políticas públicas de planejamento urbano, habitação, saneamento, mobilidade urbana, acessibilidade e trânsito de forma articulada com os entes federados e a sociedade" (MCIDADES, 2015). Assim:

> *Art. 25. Constitui área de competência do Ministério das Cidades:*
>
> *I - política de desenvolvimento urbano;*
>
> *II - políticas setoriais de habitação, saneamento ambiental, transporte urbano e trânsito;*
>
> *III - promoção, em articulação com as diversas esferas de governo, com o setor privado e com as organizações não governamentais, de ações e programas de urbanização, habitação, saneamentos básico e ambiental, transporte urbano, trânsito e desenvolvimento urbano;*
>
> *IV - política de subsídio à habitação popular, saneamento e transporte urbano;*
>
> *V - planejamento, regulação, normatização e gestão da aplicação de recursos em políticas de desenvolvimento urbano, urbanização, habitação, saneamentos básico e ambiental, transporte urbano e trânsito; e*
>
> *VI - participação na formulação das diretrizes gerais para conservação dos sistemas urbanos de água e para a adoção de bacias hidrográficas como unidades básicas do planejamento e gestão do saneamento.*

Dentre os programas estabelecidos pelo MCIDADES, o Programa Avançar Cidades – Saneamento busca promover a melhoria do saneamento básico brasileiro por meio do financiamento das ações previstas dentre os serviços de saneamento básico. Além disso, o Ministério também promove o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com ações e programas prevendo a contenção de encostas, melhoria das condições de habitação, serviços de saneamento básico, além do desenvolvimento institucional e operacional e outras atividades.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Bancos de fomento público também são fontes de recursos externas. A Caixa Econômica Federal (CEF), o Banco do Brasil (BB) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) são algumas das entidades classificadas como bancos ou agências de fomento público dentro do território nacional. O objetivo principal de bancos de fomento público é financiar capital fixo e capital de giro para projetos que tinham como meta programas de desenvolvimento no ambiente e na econômica do local do projeto – unidade de Federação sediada. Projetos de infraestrutura, agronegócio e indústria são algumas das áreas que podem ser fomentadas.

6.7. Avaliação dos Benefícios Esperados

Uma das atividades mais complexas de um Plano Diretor de Drenagem é a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação das obras previstas (medidas estruturais) e da regulação (medidas não estruturais), pois a sua perceptibilidade é restrita.

Cruz e Tucci (2007) analisaram a drenagem de Porto Alegre existente e mostraram que o custo do controle futuro dos impactos é três vezes superior que a gestão preventiva na drenagem urbana. Em Porto Alegre, a regulação implementada em 2000 resultou depois de sete anos em uma redução de perdas futuras em R$ 7 milhões/ano (CARMONA, 2008).

A alternativa mais utilizada de é quantificar os danos evitados a bens e propriedades, prejuízos no comercio e serviços, entre outros. De acordo com Barth (1997), os danos decorrentes das inundações podem ser classificados como:

- **Diretos:** são as perdas de bens e serviços que podem ocorrer como consequência do contato direto com a inundação. Sua avaliação é feita pelo custo de reposição, reparo e recuperação da área atingida. São estimados a partir de dados históricos levantados na área inundada em estudo ou por meio de formas empíricas definidas para situações de inundação similares; e
- **Indiretos:** ocorrem na área inundada ou por ela influenciada, como, por exemplo, na paralisação de atividades econômicas e de serviços públicos, na perda de horas de trabalho daqueles que residem na área, no custo

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

adicional de transporte para desviar áreas inundadas e nos gastos com atendimento de emergência e desabrigados etc.

6.7.1. *Custos e benefícios intangíveis*

Os custos e benefícios intangíveis são aqueles que não se pode atribuir valor monetário. A Tabela 32 apresenta os custos e benefícios intangíveis para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

Tabela 32 - Custos e Benefícios Intangíveis.

Dano	Custos Intangíveis	
	Privado	**Público**
Direto	Vidas Humanas Saúde Pública Meio Ambiente Estresse causado pelas inundações	Interrupção das atividades nas comunitárias
Indireto	Estresse causado pela expectativa de inundações futuras	Perda de receita de impostos pela desmobilização de atividades
Benefício	**Benefícios Intangíveis**	
	Privado	**Público**
Direto	Melhoria da qualidade de vida Melhoria da saúde pública Melhoria do meio ambiente Valorização dos imóveis	Continuidade das atividades comunitárias
Indireto	Segurança à população para habitar áreas sem risco de inundação Favorecimento das atividades comerciais, industriais e de serviços em áreas sem risco de inundação.	Segurança para a instalação de indústrias, comércios e serviços nas áreas sem risco de inundação. Arrecadação de impostos

6.7.2. *Benefícios Anuais de evitar os danos diretos*

Os danos das áreas afetadas podem ser estimados a partir de dados históricos de danos da inundação ou por meio de fórmulas empíricas. Já os danos indiretos são estimados como um percentual do dano direto, definido em levantamentos realizados em eventos de inundação no Brasil, que segundo Vieira (1970) são da ordem de 20% dos

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

danos diretos totais. O DAEE apresenta a estimativa dos danos indiretos sobre danos diretos de acordo com o tipo de ocupação, como mostra a Tabela 33.

Tabela 33 - Percentual dos danos indiretos sobre danos diretos

OCUPAÇÃO	% DE DANOS INDIRETOS SOBRE DANOS DIRETOS
Área residencial	15
Área comercial	37
Industrial	45
Serviços	10
Propriedades Públicas	34
Agricultura	10
Auto Estradas	25
Ferrovias	23

Fonte: DAEE, 1990.

Para a definição dos danos diretos, a forma mais prática é equação do dano agregado, desenvolvida por James e Lee, 1971, citada por Tucci,1994 e Canholi,1995.

$$C_d = K_d \times M_e \times h \times A \times U$$

Onde:

C_d = Dano Direto - o custo indireto usado comumente no Brasil é de 20%, então C_d x 1,2 será o custo direto com o custo indireto;

K_d = 0,15/m - fator determinado pela análise dos danos de inundações ocorridas ou seja dos dados históricos JAMES e LEE (1971). O valor de K_d é obtido pela relação entre os danos marginais em relação à profundidade h (Canholi,1995).

M_e = valor de mercado das edificações por unidade de área.

h = profundidade média da inundação.

U = proporção entre a área de ocupação da área de ocupação desenvolvida e a área total inundada;

A = área inundada.

A Tabela 34 apresenta a estimativa dos benefícios anuais (danos evitados) por sub-bacia da área urbana de Irati.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 34 - Estimativa dos benefícios anuais (danos evitados).

Sub-bacia	U	Área Inundada A (m²)	Altura média da inundação h (m)	Custo Direto + Custo Indireto (Cd x 1,2) (R$)	Benefício Anual Área Inundada 1 vez ao ano (R$)	Benefício Anual Área Inundada 2 vezes ao ano (R$)	Benefício Anual Área Inundada 1 vez a cada 10 anos (R$)
Rio Bonito	0,20	27.527	0,5	R$ 4.954.932,00	R$ 4.954.932,00	R$ 9.909.864,00	R$ 495.493,20
Rio do Meio	0,50	277.461	0,5	R$ 49.942.890,00	R$ 49.942.890,00	R$ 99.885.780,00	R$ 4.994.289,00
Alto Antas	0,50	335.144	0,5	R$ 60.325.830,00	R$ 60.325.830,00	R$ 120.651.660,00	R$ 6.032.583,00
Arroio dos Pereiras	0,73	258.808	0,5	R$ 46.585.373,40	R$ 46.585.373,40	R$ 93.170.746,80	R$ 4.658.537,34
Médio Antas	0,60	412.495	0,5	R$ 74.249.028,00	R$ 74.249.028,00	R$ 148.498.056,00	R$ 7.424.902,80
Nhadapinhazal	0,25	22.548	0,5	R$ 4.058.640,00	R$ 4.058.640,00	R$ 8.117.280,00	R$ 405.864,00
Riozinho	0,34	62.189	0,5	R$ 11.194.030,80	R$ 11.194.030,80	R$ 22.388.061,60	R$ 1.119.403,08
				Total	**R$ 251.310.724,20**	**R$ 502.621.448,40**	**R$ 25.131.072,42**

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.8. Indicadores

Para medir a evolução de um planejamento é necessário o estabelecimento de indicadores que consigam apontar qual é a situação real de evolução do sistema em suas particularidades, para assim ter informações suficientes para a tomada de decisão, identificar pontos fortes e fracos, bem como o que deve ou não ser alterado na prestação dos serviços (CAMPOS, 2013).

Na sequência, aborda-se a construção dos indicadores para cada um dos programas, atendendo aos objetivos específicos e as atividades-chave do planejamento.

6.8.1. *Concepção do Sistema de Monitoramento do Plano*

Por sistema de monitoramento compreende-se o desenvolvimento de metodologia e critérios para que se realize o acompanhamento e a avaliação da implantação e também da eficiência do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. É assim denominado uma vez que por sistema compreende-se metodologia e critérios delineados de forma sistemática e por monitoramento compreende-se o acompanhamento e avaliação do planejado de forma pré-definida, periódica e sistematizada.

O desenvolvimento de um sistema de monitoramento representa avanço necessário à melhora da governança pública, pois implica em ferramental de gestão para a implementação do PDDU. O sistema de monitoramento te o objetivo de garantir o controle da qualidade para o planejamento público, haja vista que, ao se realizar o monitoramento do Plano ao longo de sua execução, pode-se obter uma visão completa de seu status antes de se chegar ao estágio final.

Incentiva-se assim a tomada de decisões com base nos acontecimentos para que as ações corretivas possam ser iniciadas em tempo hábil e planos de alocação de recursos - tanto humanos quanto materiais - possam ser alterados de acordo. A aprendizagem resultante do monitoramento e acompanhamento pode melhorar a qualidade global de futuros programas municipais ou até mesmo intermunicipais.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

6.8.2. *Responsabilidade pelo Sistema de Monitoramento*

Ao se constituir em ferramental fundamental quanto à supervisão da implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, a responsabilidade institucional por sua execução recai sobre a Secretaria Municipal de Arquitetura, Engenharia e Urbanismo e Secretaria de Meio Ambiente. Como órgão de administração direta do Município de Irati, as Secretarias devem primar pela qualidade ambiental do município e seu planejamento, em conjunto com a preservação do interesse dos munícipes quanto usuários dos sistemas de saneamento básico.

Na ausência de um ente regulador, compete às Secretarias a promoção da avaliação dos níveis de serviços executados de forma direta - manejo de águas pluviais e limpeza urbana para que se dê o devido atendimento ao interesse público na prestação dos serviços.

No exercício destas funções, devem ser realizadas pela Secretaria, dentre outras, a: i) realização de estudos econômicos e tarifários; ii) fiscalização de execução dos serviços prestados por administração direta; e iii) monitoramento da qualidade dos serviços prestados por administração direta.

6.8.3. *Definição de Prazos, Revisões e Publicações*

Como instrumento de planejamento de longo prazo, as ações e intervenções propostas não são mensuradas dentro de marcos temporais rigorosamente definidos. As intervenções estruturais se caracterizam como obras de engenharia de volume e complexidade significativos, não importando dentro do âmbito do planejado o cumprimento à risca de um determinado cronograma vislumbrado na atual etapa, de planejamento - diferentemente de obras contratadas, que sem dúvida deverão seguir seus cronogramas físico-financeiros.

Para fins de monitoramento do planejamento, entretanto, considerar-se-ão as bandas temporais abrangentes dentro dos quais as intervenções deverão ocorrer (imediato – 2009 a 2020; curto prazo - 2021 a 2023; médio prazo - 2024-2033; longo prazo - 2034 a 2048).

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Há necessidade de que o planejamento seja revisto com periodicidade de quatro anos, em conformidade com a Lei Federal nº 11.445 de 2007. A implementação do sistema de monitoramento tem como finalidade a verificação permanente da execução do PDDU, e como tal permitirá:

- Prestação de contas sobre a execução do Plano aos munícipes, às empresas prestadoras de serviços e a eventuais agentes financiadores;
- Retroalimentação dos processos para a tomada de decisão dos executores do Plano para a obtenção de resultados de acordo com o planejado, assegurando a aplicação dos devidos instrumentos, adaptações eventuais que se façam necessárias e a melhoria contínua; e
- Sistematizar as boas práticas e as lições aprendidas do Plano, informação que permitira a avaliação final do mesmo e que resulta em aprendizado institucional e elevação da governança pública.

Sugere-se, assim sendo, que na mesma periodicidade em que se revise o Plano Diretor de Drenagem Urbana, que se publiquem abertamente os resultados do sistema de monitoramento, assim como se publiquem e divulguem relatórios analíticos de relevância.

6.8.4. *Alcance do Sistema de Monitoramento*

O Plano deve contar com recursos adequados para gerir, organizar, gerar e analisar informações de sua execução de forma sistemática, de modo a embasar a tomada de decisões das ações futuras do planejamento ao longo da execução do mesmo, visando a produção dos resultados positivos esperados e dentro da eficiência e eficácia desejadas.

Tanto a evolução dos objetivos do Plano Diretor de Drenagem Urbana bem como os eventuais desvios na realização dos mesmos devido à aproximação com a realidade municipal, devem ser devidamente apontados para permitir as ações cabíveis em tempo hábil. O sistema como tal, deve gerar informações oportunas e confiáveis sobre uma base consolidada para a elaboração de relatórios gerenciais para facilitar a decisão correta em momentos apropriados.

O alcance do sistema de monitoramento é vinculado à sua capacidade de monitorar os componentes do planejamento vinculados ao seu sucesso, em particular o

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

conjunto de indicadores do mesmo que reflitam o atendimento aos objetivos de cada um dos quatro componentes do saneamento.

Definem-se assim a metodologia para obtenção da informação necessária, a maneira de cálculo dos indicadores, da sua interpretação e análise comparativa numa perspectiva de comparação do desempenho e de produção de relatórios síntese sobre o PDDU a cada quatro anos, período indicado para a revisão de seu andamento.

6.8.5. *Detalhamento do Sistema de Monitoramento*

A fase de planejamento deve ser seguida implantação, revisão e avaliação. Uma vez que a operacionalização do Plano Diretor de Drenagem Urbana se dá por meio do desenvolvimento das atividades apresentadas no Item Programas, Projetos e Ações - seu acompanhamento deve se dar baseado em dados e informações que traduzam, de maneira resumida por indicadores, a evolução de tais atividades.

As atividades agrupam-se em objetivos específicos. Estes objetivos específicos foram delineados como forma de endereçar o cenário atual com um cenário futuro desejável. Já os Programas foram delineados como sintetizadores de objetivos específicos para endereçar os macro objetivos. Mediante tal estrutura hierárquica, os indicadores síntese para monitorar o Plano estão agrupados pelos programas.

Uma vez que a concepção das atividades é oriunda da etapa de planejamento, se esta tiver ocorrido a contento, traduzirá os objetivos específicos que refletem as expectativas traduzidas pelos programas de alcançar significativa melhoria das condições de vida da população por meio de uma gestão e manejo de águas pluviais adequadas à realidade municipal e as ferramentas legais pertinentes.

6.8.6. *Definição de Indicadores*

O sistema de monitoramento se dá a partir do acompanhamento de indicadores chave. Tais indicadores são definidos como reflexo direto do cumprimento das atividades que devem resultar da implementação do PDDU. Os indicadores, portanto, devem ser

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

reflexo fiel das atividades de forma que suas próprias mudanças indiquem o grau de cumprimento dos objetivos específicos do planejamento.

A definição de um indicador deve garantir que ele seja confiável e estável, mantendo-se assim o nexo de causalidade ao longo do tempo. Os indicadores devem ser estáveis no sentido de que devem manter uma relação de causalidade e confiáveis por ser capturado sem a interferência do ambiente, isso é, isolando-se a desempenho do Plano em questão.

Os indicadores podem ser diretos ou indiretos e podem ser medidas quantitativas ou qualitativas. Indicadores diretos, como o nome sugere, mantém de forma mais explícita a relação de causalidade e podem ser medidos em menor quantidade para uma mesma variável. O oposto ocorre com indicadores indiretos, que devem ser coletados em maior quantidade para auferirem o mesmo grau de confiabilidade. Para que os indicadores se tornem medidas fiéis de desempenho da implementação do PDDU do Município de Irati, é necessário compará-los a indicadores de base, ou linha de base.

Adicionalmente, faz-se notar que os indicadores ideais são, em determinadas situações, substituídos por outros mais simples devido ao grau de exequibilidade de sua mensuração. Considera-se como ideal aquele indicador que seja disponível e confiável em termos de mensuração, para além das características acima descritas de confiabilidade e estabilidade.

As fichas operativas detalham cada um dos indicadores e trazem os seguintes detalhamentos, agrupados por programas:

- **Justificativa:** estabelece a relação de causalidade do indicador;
- **Linha de base**: estabelece a linha de base, que pode ser tanto trabalhada de forma absoluta como relativa. Essa última característica ocorre dado a existência de parâmetros que devem ser mantidos ao longo dos anos do planejamento ao mesmo tempo em que a população cresce e adensa diferentes áreas;
- **Unidade referencial**: estabelece a unidade de medida do indicador, que pode ser um índice de 0,00 a 1,00 ou ainda um volume específico como a capacidade de reservação em metros cúbicos;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

- **Medida do indicador**: estabelece a maneira com a qual se calcula o indicador, geralmente oriundo da divisão entre um dado coletado e o estado esperado para aquele dado em situação ideal. Quando pertinente, há referência aos indicadores-padrão do SNIS;
- **Periodicidade**: estabelece a periodicidade com a qual o indicador deve ser produzido. De maneira geral, todos os indicadores pertinentes ao Plano são anuais, porém alguns são frutos de um dado pontual, máximo ou mínimo, ocorrido ao longo de um determinado ano e outros são resultados da somatória de todos os dados coletados ao longo do determinado ano;
- **Variação esperada**: estabelece a meta para cada indicador ao longo de quatro macro referências temporais (imediato, curto, médio e longo prazos). As metas delineadas pelas fichas operativas são passíveis de revisões e eventuais ajustes quando da revisão do Plano; e
- **Fonte do dado**: estabelece a origem do dado a ser utilizado para o cálculo do indicador.

Ressalta-se também que o indicador em si não exibe a causa do problema, mas sim apresenta o reflexo da situação. Dessa forma, determinar os resultados dos indicadores como instrumentos de cobrança e exigência de melhoria não traz o efeito desejado no curto prazo, devendo, ao invés disso, criar um espaço de diálogo com as partes interessadas envolvidas e avaliar os motivos do resultado do indicador.

Ademais, citam-se também alguns pontos de reflexão, listados por CAMPOS (2013):

- Os dados devem ser coletados nas mesmas condições, para evitar alterações e comparações equivocadas dos resultados;
- A criação de uma série histórica dos indicadores serve de insumo para analisar a efetiva variação dos resultados ao longo do tempo e o reflexo disso na sociedade; e
- A comparação com outros municípios, de realidades semelhantes, auxilia no balizamento dos parâmetros de referência e, consequentemente na qualidade e fidelidade da informação existente no município.

A Tabela 35 apresenta os indicadores síntese de cada um dos programas, enquanto que nos subcapítulos apresentam-se as fichas operativas de cada um deles, com os detalhamentos necessários para sua implantação como ferramental municipal de acompanhamento e monitoramento do Plano.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 35 - Indicadores síntese do sistema de drenagem urbana.

PROGRAMA		INDICADOR-SÍNTESE	
1.	Programa de Limpeza e Desassoreamento de Rios e Córregos	**1.1**	Total de rios e córregos limpos em relação ao total
2.	Programas de Canalização Arroio dos Pereiras	**2.1**	Extensão canalizada em relação ao total a ser canalizado
3.	Programa de implantação de bacias de detenção	**3.1**	Total de bacias implantadas e relação as bacias propostas
4.	Programa de realocação e monitoramento de interferências	**4.1**	Total de interferências cadastradas
		4.2	Total de interferências realocadas em relação ao total cadastrado
5.	Programa de Regulamentação	**5.1**	Existência de regulamentação para drenagem
6.	Programa de vazão de pré-urbanização	**6.1**	Número de lotes que atendem a vazão de pré-urbanização em relação ao total de lotes
7.	Programa de compatibilização do zoneamento	**7.1**	Área da sub-bacia que possui o coeficiente proposto em relação a área total.
8.	Programa de retiradas de moradores em área de risco	**8.**	Área com ocupação irregular por sub-bacia em relação a área total da sub-bacia
9.	Programa de monitoramento, fiscalização e alerta	**9.1**	Eventos de chuva monitorados em relação aos eventos de chuva do período
10.	Programa de manutenção	**10.1**	Número de bocas de lobo limpas em relação ao total de bocas de lobo
		10.2	Número de bocas de lobo substituídas em relação ao total de bocas de lobo
		10.3	Extensão de rede cadastrada em relação a rede de drenagem total
11.	Programa de educação ambiental	**11.1**	Total de eventos de educação ambiental no município

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE LIMPEZA E DESASSOREAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS				
Indicador 1				
Indicador:	Total de rios e córregos limpos em relação ao total			
Justificativa:	O município não realiza a limpeza periódica dos rios e córregos o que acarreta obstrução nos corpos d'água favorecendo enchentes e inundações.			
Linha de Base:	Percentual de rios que receberam a limpos em relação ao total. É dinâmica, devendo ser recalculada a cada mês.			
Unidade Referencial:	Taxa que representa a quantidade de rios e/ou córregos limpos em relação ao total.			
Medida do Indicador:	Divisão entre a quantidade de rios e/ou córregos limpos e o total de rios e córregos. $$\% = 100 \times \frac{Total\ de\ rios\ e\ córregos\ limpos}{Total\ de\ rios\ e\ córregos}$$			
Periodicidade:	Mensal			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo (Revisão)	Longo prazo
	75%	100%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável pela limpeza			

PROGRAMA DE CANALIZAÇÃO DO ARROIO DOS PEREIRAS				
Indicador 1				
Indicador:	Extensão canalizada em relação ao total a ser canalizado			
Justificativa:	O trecho final do Arroio dos Pereiras terá que ser canalizado para evitar enchentes a montante.			
Linha de Base:	Percentual do trecho canalizado em relação a ser canalizado. (Etapa da obra)			
Unidade Referencial:	Taxa que representa a extensão já canalizada em relação ao total.			
Medida do Indicador:	Divisão entre extensão já canalizada e a extensão a ser canalizada. $$\% = 100 \times \frac{Extensão\ canalizada}{Total\ a\ canalizar}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	-	50%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável obra.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO				
Indicador 1				
Indicador:	Total de bacias implantadas e relação as bacias propostas			
Justificativa:	As bacias de detenção reservam e controlam a vazão durante eventos de chuva.			
Linha de Base:	Percentual de bacias implantadas em relação ao total de bacias propostas			
Unidade Referencial:	Taxa que representa o total de bacias implantadas em relação ao total			
Medida do Indicador:	Divisão entre o total de bacias implantadas pelo total de bacias propostas $$\% = 100 \times \frac{Bacias\ implantadas}{Total\ a\ implantar}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	-	60%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável pela obra.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE REALOCAÇÃO E MONITORAMENTO DE INTERFERÊNCIAS

Indicador 1

Indicador:	Total de interferências cadastradas			
Justificativa:	Para um monitoramento efetivo é necessário o conhecimento do total de interferências existentes no município.			
Linha de Base:	Total de interferências nos rios e córregos no município.			
Unidade Referencial:	Quantidade de interferências			
Medida do Indicador:	Quantidade de interferências cadastradas			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo (Revisão)	Longo prazo
	-	50%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável pelo levantamento			

Indicador 2

Indicador:	Total de interferências realocadas em relação ao total.			
Justificativa:	Para um monitoramento efetivo é necessário o conhecimento do total de interferências existentes no município.			
Linha de Base:	Percentual de interferências retiradas ou realocadas em relação ao total cadastrado			
Unidade Referencial:	Taxa que representa o total de interferências retiradas ou realocadas em relação ao total cadastrado.			
Medida do Indicador:	Divisão entre o total de interferências retiradas ou realocadas pelo total cadastrado. $$\% = 100 \times \frac{Interferências\ retiradas\ ou\ realocadas}{Total\ de\ interferências\ cadastradas}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo (Revisão)	Longo prazo
	-	50%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável pelo levantamento			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE REGULAMENTAÇÃO				
Indicador 1				
Indicador:	Existência de regulamentação para drenagem			
Justificativa:	A ausência de regulamentação favorece a ocupação de áreas irregulares e de risco.			
Linha de Base:	Não há linha de base, pois o indicador será comparado ao próprio indicador de períodos anteriores.			
Unidade Referencial:	Existência do Plano			
Medida do Indicador:	Existência do Plano			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	1	1	1	1
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

PROGRAMA DE VAZÃO DE PRÉ-URBANIZAÇÃO				
Indicador 1				
Indicador:	Número de lotes que atendem a vazão de pré-urbanização em relação ao total de lotes			
Justificativa:	A vazão de pré-urbanização deverá ser mantida para não haver sobrecarga da rede de drenagem.			
Linha de Base:	Percentual de lotes que atendem a vazão de pré-urbanização em relação ao total de lotes.			
Unidade Referencial:	Taxa que representa o total de loteamentos que atendem a vazão de pré-urbanização em relação ao total de lotes.			
Medida do Indicador:	Divisão entre o total de lotes que atendem a vazão de pré-urbanização pelo total de lotes, por sub-bacia. $$\% = 100 \times \frac{Loteamentos\ que\ atendem\ a\ vazão}{Total\ de\ loteamentos}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	20%	50%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE COMPATIBILIZAÇÃO DO ZONEAMENTO				
Indicador 1				
Indicador:	Área da sub-bacia que possui o coeficiente proposto em relação a área total.			
Justificativa:	Para uma gestão eficaz por sub-bacia é necessário que o coeficiente de permeabilidade seja o mesmo para toda a sub-bacia.			
Linha de Base:	Percentual da área da sub-bacia com o coeficiente correto.			
Unidade Referencial:	Taxa que representa a área da sub-bacia que atende o coeficiente em relação a área total da sub-bacia.			
Medida do Indicador:	Divisão entre a área que possui o coeficiente proposto pela área total da sub-bacia. $$\% = 100 \times \frac{área\ com\ o\ coeficiente\ proposto}{Área\ da\ sub-bacia}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	30%	50%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

PROGRAMA DE RETIRADA DE MORADORES EM ÁREA DE RISCO				
Indicador 1				
Indicador:	Área com ocupação em área de risco por sub-bacia em relação a área total da sub-bacia			
Justificativa:	As ocupações em área de risco são mais propensas a sofrer com enchentes e inundações.			
Linha de Base:	Percentual da área da sub-bacia com ocupações em área de risco.			
Unidade Referencial:	Taxa que representa a área da sub-bacia que possui ocupações em área de risco em relação à área total da sub-bacia.			
Medida do Indicador:	Divisão entre a área risco pela área total da sub-bacia. $$\% = 100 \times \frac{área\ de\ risco}{Área\ da\ sub-bacia}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	-	50%	30%	0%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE MONITORAMENTO, FISCALIZAÇÃO E ALERTA				
Indicador 1				
Indicador:	Eventos de chuva monitorados em relação aos eventos de chuva do período.			
Justificativa:	O município precisa ter o controle dos eventos de chuva ocorridos e o monitoramento das manchas e cotas de inundação			
Linha de Base:	Percentual de eventos monitorados relação ao total de eventos de chuva.			
Unidade Referencial:	Taxa que representa o total de eventos monitorados em relação ao total. a área da sub-bacia que possui ocupações em área de risco em relação			
Medida do Indicador:	Divisão entre o total de eventos monitorados e o total de eventos de chuva. $$\% = 100 \times \frac{eventos\ monitorados}{eventos\ de\ chuva}$$			
Periodicidade:	A cada evento de chuva			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	100%	100%	100%	100%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

Indicador 1

Indicador:	Número de bocas de lobo limpas em relação ao total de bocas de lobo			
Justificativa:	Para que o sistema de drenagem funcione de forma eficaz é necessária uma manutenção preventiva para evitar a obstrução das galerias.			
Linha de Base:	A manutenção das bocas de lobo tem total relação com a eficiência do sistema, sendo assim a manutenção preventiva garante que o sistema funcionará durante as chuvas intensas.			
Unidade Referencial:	Índice que representa a quantidade de bocas de lobo limpas em relação ao total de bocas de lobo			
Medida do Indicador:	Divisão entre a quantidade de bocas de lobo limpas em relação ao total de bocas de lobo $$\% = 100 \times \frac{Bocas\ de\ lobo\ limpas}{Total\ de\ bocas\ de\ lobo}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Imediato	Imediato	Imediato
	70%	70%	70%	70%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

Indicador 2

Indicador:	Número de bocas de lobo substituídas em relação ao total de bocas de lobo danificadas			
Justificativa:	Para que o sistema de drenagem funcione de forma eficaz é necessária uma manutenção corretiva quando necessário para evitar a obstrução das galerias.			
Linha de Base:	A manutenção das bocas de lobo tem total relação com a eficiência do sistema, sendo assim a manutenção corretiva garante que o sistema funcionará durante as chuvas intensas.			
Unidade Referencial:	Quantidade de bocas de lobo substituídas em relação as bocas de lobo danificadas			
Medida do Indicador:	Divisão entre as bocas de lobo substituídas em relação as bocas de lobo danificadas $$\% = 100 \times \frac{Bocas\ de\ lobo\ substituídas}{Total\ de\ bocas\ de\ lobo\ danificadas}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Imediato	Imediato	Imediato
	70%	70%	70%	70%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO				
Indicador 3				
Indicador:	Extensão de rede cadastrada em relação a rede de drenagem total			
Justificativa:	O cadastro de drenagem visa a manter atualizadas as informações para em caso de novas obras e projetos, facilitar a manutenção da rede e agilizar a execução de novos projetos.			
Linha de Base:	As redes de drenagem devem ser cadastradas logo após a apresentação dos projetos			
Unidade Referencial:	Extensão da rede cadastrada em relação a rede de drenagem total			
Medida do Indicador:	Divisão extensão da rede cadastrada em metros em relação a rede de drenagem total $$\% = 100 \times \frac{Rede\ cadastrada}{Rede\ de\ drenagem\ total}$$			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Imediato	Imediato	Imediato
	50%	50%	50%	50%
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL				
Indicador 1				
Indicador:	Total de eventos de educação ambiental no município			
Justificativa:	Os eventos de Educação Ambiental são de extrema importância para o entendimento da população em relação a drenagem urbana.			
Linha de Base:	Não há linha de base, pois o indicador será comparado ao próprio indicador de períodos anteriores.			
Unidade Referencial:	Existência de Eventos de Educação Ambiental			
Medida do Indicador:	Existência de Eventos de Educação Ambiental			
Periodicidade:	Anual			
Variação Esperada:	Imediato	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
	1	1	1	1
Fonte do Dado:	Secretaria responsável.			

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Além dos indicadores para a avaliação do PDDU, é necessário avaliar alguns indicadores complementares. Os indicadores complementares dizem respeito aos aspectos de infraestrutura, econômico-financeiros e de recursos humanos e qualidade selecionados para os serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana, bem como o método do cálculo, período de coleta, responsável e abrangência.

Tabela 36 - Indicadores complementares de infraestrutura.

ICI1	**Quantidade de pontos de alagamento e/ou inundações por ano (UD)**		
Fórmula	$Quantidade\ de\ pontos\ de\ alagamento\ e/ou\ inundações\ por\ ano\ (UD)$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICI2	**Quantidade de eventos de alagamento e/ou inundações por ano (UD)**		
Fórmula	$Quantidade\ de\ eventos\ de\ alagamento\ e/ou\ inundações\ por\ ano\ (UD)$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICI3	**Quantidade de pessoas atingidas por alagamento e/ou inundação por ano (UD)**		
Fórmula	$Quantidade\ de\ pessoas\ atingidas\ por\ alagamento\ e/ou\ inundação\ por\ ano\ (UD)$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICI4	**Percentual de vias pavimentadas na sede municipal (%)**		
Fórmula	$\frac{Extensão\ de\ vias\ pavimentadas}{Extensão\ de\ vias\ da\ sede\ municipal} \times 100$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICI5	**Rede de drenagem existente (%)**		
Fórmula	$\frac{Extensão\ de\ rede\ de\ drenagem}{Extensão\ de\ vias\ pavimentadas} \times 100$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICI6	**Área urbanizada (%)**		
Fórmula	$\frac{Área\ urbana\ total,\ incluíndo\ áreas\ urbanas\ isoladas}{Área\ territorial\ total\ do\ município} \times 100$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICI7	**Densidade demográfica na área urbana (habitantes/hectare)**		
Fórmula	$\frac{População\ urbana\ residente\ no\ município}{Área\ urbana\ total,\ incluíndo\ áreas\ urbanas\ isoladas} \times 100$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Tabela 37 - Indicadores econômico-financeiros.

ICE1	**Total gasto com reparação de danos causados por eventos de alagamento e/ou inundação por ano (R$)**		
Fórmula	$\boldsymbol{Total\ gasto\ com\ reparação\ de\ danos\ causados\ por\ eventos\ de\ alagamento\ e/ou\ inundação\ por\ ano\ (R\$)}$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
Abrangência	Área urbana		
ICE2	**Participação da despesa total dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais na despesa total do município (%)**		
Fórmula	$\frac{\boldsymbol{Despesa\ total\ com\ serviços\ de\ drenagem\ e\ manejo\ de\ águas\ pluviais}}{\boldsymbol{Despesa\ total\ do\ município}} \times \mathbf{100}$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
ICE2	**Despesa *per capita* com serviços de drenagem e manejo das águas pluviais (R$/habitante.ano)**		
Fórmula	$\frac{\boldsymbol{Despesa\ total\ com\ serviços\ de\ drenagem\ e\ manejo\ de\ águas\ pluviais}}{\boldsymbol{População\ urbana\ residente\ no\ município}}$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir

Tabela 38 – Indicadores de recursos humanos e de qualidade.

IRH1	**Quantidade de reclamações ou solicitações em geral de atendimento de serviços (UD)**		
Fórmula	$\boldsymbol{Quantidade\ de\ reclamações\ ou\ solicitações\ em\ geral\ de\ atendimento\ de\ serviços\ (UD)}$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir
IRH2	**Índice de solicitações atendidas (%)**		
Fórmula	$\frac{\boldsymbol{Quantidade\ total\ de\ solicitações\ realizadas\ pela\ população\ atendidas}}{\boldsymbol{Quantidade\ total\ de\ solicitações\ realizadas\ pela\ população}} \times \mathbf{100}$		
Período de coleta	Anual	**Responsável**	A definir

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

7. REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Projeto Técnico: Parques Lineares como Medidas de Manejo de Águas Pluviais**. 2013. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Parques%20Lineares_Web.pdf>. Acesso em 26 fev. 2019.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2015.

BARTH, R. T. (1997). **Planos Diretores em Drenagem Urbana: Proposição de Medidas para a sua Implementação**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRASIL. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. **Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios**. 1966. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L5172.htm>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979, 8.036 de 11 de maio de 1990, 8.666 de 21 de junho de 1993, 8.897 de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528 de 11 de maio de 1978; e dá outras providências**. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências**. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 19 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 11 fev. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.** 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em 01 fev. 2019.

CAMPOS, H. K. T. **Plano Municipal de Saneamento Básico: processos e conteúdos**. Fundação Vale, 2013.

CARMONA, M.. **Gestão da drenagem Urbana em Porto Alegre**. Monografia do Programa de Gestão de Águas e Resíduos na cidade em Cooperação com Itália. Brasília: Ministério das Cidades, 2008.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 302 de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.** 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CRUZ, M.; TUCCI, C. E. M. **Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana: Porto Alegre.** RBRH, v. 2, n. 2, 2007.

CUCIO, M. S. **Seminário Taxa de Drenagem Urbana – O que é? Como Cobrar?.** 2009. Departamento de Engenharia Hídrica e Sanitária, Escola Politécnica – Universidade de São Paulo.

DAEE- **Departamento de Água e Energia Elétrica. Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê**, São Paulo: dezembro 1998. -DAEE- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA

DEFESA CIVIL. **Plano de Contingência Municipal de Proteção e Defesa Civil – Irati-PR.** 2019.

Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/>. Acesso em: 21 fev. 2019.

IRATI. Decreto nº 091 de 23 de fevereiro de 2015. **Dispõe sobre os critérios para a implantação dos mecanismos de contenção de cheias**. 2015.

IRATI. Lei nº 2.436 de 12 de julho de 2006. **Dispõe sobre a criação do Conselho Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências**. 2006. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/leis/legislacao-municipal-1>. Acesso em: 01 fev. 2019.

IRATI. Lei nº 2.829 de 22 de janeiro de 2009. **Altera os incisos I e VI do art. 1º, art. 15, art. 16, art. 17, art. 18, art. 23, inciso VIII art. 24 e art. 42, e cria a Secretaria Municipal de Viação e Serviços Rurais da lei municipal 2176/2004 que dispõe sobre a Estrutura Administrativa da Prefeitura Municipal de Irati – Paraná, e dá**

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

outras providências. 2009. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/leis/legislacao-municipal-1>. Acesso em: 01 fev. 2019.

IRATI. Lei nº 3.773 de 19 de dezembro de 2013. **Altera a lei municipal 2176/2004 que dispõe sobre a Estrutura Administrativa da Prefeitura Municipal de Irati – Paraná, e dá outras providências**. 2013. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/leis/legislacao-municipal-1>. Acesso em 01 fev. 2019.

IRATI. Lei nº 4.026 de 01 de setembro de 2015. **Institui a Semana Municipal de Conscientização e Prevenção contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana no município de Irati, e dá outras providências.** 2015. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/leis/legislacao-municipal-1>. Acesso em 01 fev. 2019.

IRATI. Lei nº 4.231 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano e rural no município de Irati e dá outras providências**. 2016.

IRATI. Lei nº 4.234 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no município de Irati e dá outras providências**. 2016. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 09 jan. 2019.

IRATI. Lei nº 4.235 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre as edificações e obras no município de Irati e dá outras providências**. 2016. Disponível em: <http://irati.pr.gov.br/uploads/pagina/arquivos/LEI-N%C2%BA-4235--edificacoes-e-obras.pdf>. Acesso em 23 jan. 2019.

IRATI. Lei nº 4.435 de 22 de dezembro de 2017. **Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período 2018/2021.** 2017. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/leis/legislacao-municipal-1>. Acesso em: 01 fev. 2019.

MARQUES, C. E. B. **Proposta de método para a formulação de Planos Diretores de Drenagem Urbana**. 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília/DF.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PANASOLO, A., PETERS, E. L., NUNES, M. S. **Áreas Verdes Urbanas – À Luz da Nova Legislação Florestal: Proteção, Intervenção, Hipóteses de Uso e Regularização Fundiária.** Curitiba: Ambiente Juris, 2016. 292 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI. **Organograma**. Disponível em: <http://transparencia.irati.pr.gov.br:8086/portaltransparencia-api/api/files/arquivo/19542>. Acesso em 28 jan. 2019.

PORTO ALEGRE. **Departamento de Esgoto Pluvial**. Prefeitura de Porto Alegre, RS, 2019. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php>. Acesso em: 17 jan. 2019.

RHAMA; ECOPRIME; SCHETTINI. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande**. Rhama Ecoprime, Schettini Prefeitura Municipal de Campo Grande. Vol 8. Campo Grande, 2009.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5 - 27, jan/mar 2002.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Drenagem Urbana - Texto para Discussão CEPAL-IPEA, 48**. CEPAL, Escritório do Brasil/IPEA, Brasília-DF, 2012.

ZANOTTI, B. H., SILVA, C. A., MUELLER, G. S., GONTOW, M., TATEOKA, S. S. **Parque Linear como Medida de Manejo de Águas Pluviais – Estudo de Caso Córrego Ponte Alta – Taboão da Serra**. 2014. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambienta, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

APÊNDICE I – MINUTA DE REGULAMENTO DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS E DRENAGEM URBANA

REGULAMENTO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO MUNICÍPIO DE IRATI/PR

Estabelece as diretrizes e parâmetros para a prestação dos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana no município de Irati-PR

A CÂMARA MUNICIPAL de Irati, estado do Paraná, aprovou o Plano e o Manual de Drenagem Urbana, e eu, Prefeito Municipal, sanciono a seguinte lei:

TITULO I

INTRODUÇÃO

Art. 1º A regulamentação do serviço de drenagem urbana e manejo de águas pluviais têm como principal objetivo estabelecer diretrizes e parâmetros para garantir que o direcionamento das águas no território urbano ocorra sem causar prejuízo ao patrimônio público e privado, assim como às pessoas e ao meio ambiente.

§1° O serviço de drenagem urbana e manejo de águas pluviais é de responsabilidade do município, que poderá delegar a prestação do serviço a terceiros na forma da lei.

§2° Os convênios, contratos e outros instrumentos que deleguem a responsabilidade pela prestação do serviço deverão observas as disposições deste Regulamento e da agência reguladora estadual, sob pena de nulidade da concessão.

§3° Este Regulamento deve ser interpretado de acordo com as disposições da Política Federal de Recursos Hídricos, das políticas federal e municipal de saneamento básico e suas normas complementares, assim como do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Art. 2° O glossário com as definições dos termos técnicos utilizados neste Regulamento encontra-se no Anexo I.

TÍTULO II

FONTES E PROPRIETÁRIOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

Art. 3º São águas públicas de uso comum as correntes, canais, lagos e lagoas navegáveis ou flutuáveis, as fontes e reservatórios públicos e as nascentes perenes.

Art. 4º São águas comuns as correntes não navegáveis ou flutuáveis.

Art. 5° São águas particulares aquelas localizadas em terrenos particulares quando não enquadradas nas categorias de águas públicas.

Art. 6° As águas subterrâneas poderão ser apropriadas pelos donos do através de poços e galerias, desde que não prejudique aproveitamentos existentes, nem derive ou desvie de seu curso natural.

Art. 7° As águas pluviais pertencem ao dono da habitação ou ao empreendimento onde caírem diretamente, devendo seu uso estar compatibilizado com as necessidades da vizinhança e da comunidade.

Parágrafo Único. As águas pluviais que caírem em terrenos públicos serão consideradas de uso comum.

CAPÍTULO I

PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Art. 8° A preservação dos recursos hídricos deve ser incentivada pelo município e pela comunidade, sendo expressamente vedado:

I - Utilizar a rede de drenagem pluvial para transporte de esgoto sanitário e vice-versa;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

II - Descartar resíduos sólidos de quaisquer espécies nas vias públicas e dispositivos de drenagem pluvial;

III - Construir aterros sanitários e fossas sépticas próximos a aquíferos superficiais e subterrâneos sem que haja tratamento prévio;

IV - Proceder ao escoamento da água pluvial proveniente de telhados por meio de escoamento no beiral ou por goteiras ou diretamente na calçada, ou sobre o imóvel vizinho, salvo em casos onde não houver possibilidade de proceder à ligação sob a calçada. Nesse último caso, a ligação poderá ser feita por meio de dutos fechados e com lançamento para a calçada em altura não superior a 20 (vinte) cm do pavimento;

V - Proceder à introdução nas redes de drenagem pública urbana dos seguintes elementos:

a) lodo proveniente de fossas sépticas, gorduras ou óleos oriundos de caixas de gordura ou retenção ou qualquer outro dispositivo semelhante e que necessitem de manutenção;

b) entulho, resíduos plásticos, material particulado de quaisquer naturezas (ex: areias, lama, cimento, entre outros);

c) materiais/substâncias explosivas ou inflamáveis;

d) substâncias oleaginosas de quaisquer naturezas;

e) águas servidas ou de qualquer outra natureza que não a proveniente da água de chuva;

f) qualquer outro material/substância que por sua natureza/origem possa vir a comprometer o sistema de drenagem pluvial urbana, retardando ou paralisando o fluxo da água pluvial.

VI - Apenas as áreas de recuo frontal mantidas como área verde poderão ser drenadas diretamente para o sistema público de drenagem pluvial.

TÍTULO III

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

DRENAGEM URBANA

Art. 9° Toda ocupação que resulte em superfície impermeável deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de acordo com o especificado no Manual de Drenagem Urbana por sub-bacia.

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

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

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

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

Art. 10. A comprovação da manutenção das condições de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo deve ser apresentada ao órgão competente.

§1º Para terrenos com área inferior a 100 (cem) hectares, quando o controle adotado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório deve ser determinado através da equação especificada no Manual de Drenagem Urbana.

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

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

I - Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 50% (cinquenta por cento) a área que utiliza estes pavimentos;

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

II - Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% (quarenta por cento) a área de telhado drenada, ou seja, nos locais onde existe rede de drenagem, 60% da água que cai sobre o telhado deve ser encaminhada para a rede de drenagem, e os 40% restantes devem ir para as áreas permeáveis do terreno;

III - Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% (oitenta por cento) a área de telhado drenada, ou seja, nos locais que locais onde não existe rede drenagem, 80% do volume de água deve permanecer na área permeável do terreno, e os 20% restantes devem seguir para os corpos d'água;

IV - Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% (oitenta por cento) as áreas drenadas para as trincheiras.

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

Art. 11. Após a aprovação do projeto de drenagem pluvial da edificação ou do parcelamento por parte do órgão gestor é vedada qualquer impermeabilização adicional de superfície.

Parágrafo Único. A impermeabilização poderá ser realizada se houver retenção do volume adicional gerado de acordo com a equação do §1° do art. 10.

Art. 12. Os proprietários de edificações ou de parcelamentos do solo já instalados ou em instalação na data da publicação da presente Lei sem análise prévia do controle da drenagem urbana poderão, a critério do órgão gestor, ser convocados para regularizar sua atividade em caráter corretivo, mediante a comprovação do efetivo controle da drenagem urbana.

TÍTULO IV

SANÇÕES INFRAÇÕES E PENALIDADES

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

Art. 13. O município será responsável pela fiscalização das disposições deste Regulamento e demais normas aplicáveis, podendo desenvolver a atividade em cooperação com a prestadora do serviço, devendo manter canal de comunicação com a comunidade para o recebimento de denúncias.

Art. 14. Além dos deveres e comportamentos já indicados neste Regulamento, será considerada infração sujeita a multa a descarga incorreta de efluentes sanitários na via pública ou na rede de drenagem pluvial pública e a céu aberto;

Art. 15. O pagamento da multa não modifica a situação de irregularidade, assim posto, fica o infrator obrigado a proceder a regularização do problema objeto de autuação, ou a reparação dos danos causados e em desacordo com as disposições aqui contidas.

Art. 16. O município deverá definir critérios e valores para a aplicação das penalidades, relacionadas às infrações previstas neste Regulamento.

CAPÍTULO I

TAXAS DE SERVIÇO

Art. 17. As taxas deverão ser cobradas de acordo com a área impermeável do lote/volume de água pluvial que é lançada nos corpos d'água de acordo com o art. 12, Inciso III da Lei Federal nº 9.433/1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos e regulamentadas em lei municipal específica.

TÍTULO V

DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 18. Os casos omissos e as dúvidas suscitadas na aplicação deste Regulamento serão resolvidos entre o município, o agente regulador e a prestadora do serviço.

ANEXO I

GLOSSÁRIO DE DEFINIÇÕES

I - Águas Pluviais: são aquelas que procedem imediatamente das águas de chuva.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

II - Bacia de Drenagem: é a área de contribuição de águas pluviais para a área onde se pretende proceder à implantação de redes ou dispositivos de drenagem.

III - Bacia de Detenção: são bacias construídas com a finalidade de reter a água pluvial de determinada área, no intuito de liberá-la lentamente na rede ou em córregos e rios, minimizando possíveis fenômenos de inundações.

IV - Bacia Hidrográfica: é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

V - Bocas de Lobo: são estruturas que recebem a água pluvial coletada e direcionada pelas sarjetas e vias públicas e que procedem à sua condução até a tubulação pertencente à microdrenagem. Situam-se normalmente sob a calçada ou a sarjeta.

VI - Caixas de Ligação: são caixas subterrâneas construídas com o intuito de reunir condutos de ligação e os ligar à galeria principal.

VII - Caixa de Retenção: são caixas subterrâneas construídas com o intuito de armazenar temporariamente o volume de água pluvial proveniente de telhados e das áreas descobertas presentes em terrenos particulares e liberá-la lentamente na rede ou na via pública, de forma a minimizar os impactos advindos dos períodos de intenso índice pluviométrico que promovem os fenômenos de inundação em determinadas áreas suscetíveis a eles.

VIII - Dissipadores: estruturas construídas e dispostas em pontos específicos com o objetivo de reduzir a velocidade da água pluvial, de forma a minimizar os efeitos causados pela ação dessa água sobre o solo muitas vezes desprotegido, como por exemplo, processos erosivos em terrenos situados na margem de rios e córregos.

IX - Drenagem: é o conjunto de dispositivos destinados ao escoamento da água pluvial, sendo compostos principalmente pelas estruturas de macro e microdrenagem.

X - *Greide*: é o perfil do eixo longitudinal da superfície livre da via pública onde se pretende propor rede de água pluvial.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

XI - Guia: é o meio fio da rua ou a faixa longitudinal de separação entre a rua propriamente dita e a calçada, sendo que seu ponto mais alto está no mesmo nível da calçada, recoberta na maioria das vezes por asfalto, calçamento ou concreto.

XII - Microdrenagem: constitui-se no conjunto de dispositivos dimensionados com o objetivo de captar o escoamento superficial da água pluvial proveniente da superfície, podendo ser sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, entre outros.

XIII - Macrodrenagem: é o conjunto de canais naturais ou não e de galerias cujo objetivo é receber a água pluvial captada pela microdrenagem e direcioná-los para os rios principais da bacia hidrográfica.

XIV - Manejo da Águas Pluviais: é o conjunto de atividades e infraestruturas voltadas à coleta, transporte, detenção ou retenção da água pluvial com o intuito de amortecer as cheias provenientes de eventos pluviométricos intensos, tratamento e reaproveitamento dessas águas. Insere-se nessa atividade o lançamento dessas águas nos rios principais da bacia hidrográfica.

XV - Plano Municipal de Recursos Hídricos: são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação de uma Politica Municipal de Recursos Hídricos e o gerenciamento desses recursos. São planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e tem, como conteúdo mínimo, o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos no município de estudo, a análise das alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificação dos padrões de ocupação do solo, das disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade com identificação dos conflitos potenciais, metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e qualidade dos recursos disponíveis, entre outras, definidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

XVI - Poços de Visita: câmaras situadas em pontos específicos da rede de drenagem construídos com o objetivo de facilitar a inspeção da rede e proceder à sua manutenção.

XVII - Rede Pluvial: condutos construídos com um diâmetro mínimo de 400 (quatrocentos) mm, destinados à condução da água pluvial coletada pelas bocas de lobo e ligações

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

provenientes de habitações e empreendimentos e transportá-la até rios, córregos ou pontos de lançamento.

XVIII - Sarjeta: é o canal longitudinal de seção transversal triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, construída com o objetivo de captar e direcionar a água pluvial para os dispositivos componentes da microdrenagem.

XIX - Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos: é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão.

Ferma Engenharia Ltda | CNPJ 76.703.404/0001-03
Rua Doutor Jorge Meyer Filho, 93 – Jardim Botânico | CEP 80.210-190 | Curitiba – PR
Tel: (41)3053-3487| ferma@fermaengenharia.com.br | http://fermaengenharia.com.br/

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DE IRATI

MANUAL DE DRENAGEM E PLANO DE AÇÕES
RELATÓRIO DE RECOMENDAÇÕES



PREFEITURA MUNICIPAL DE
IRATI

FERMA
ENGENHARIA

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DE IRATI

MANUAL DE DRENAGEM E PLANO DE AÇÕES
RELATÓRIO DE RECOMENDAÇÕES

Contrato nº 026/2018
Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa

Irati/PR
Março/2019

PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI

FERMA ENGENHARIA

EQUIPE TÉCNICA

André Luciano Malheiros	*Engenheiro Civil, Dr. (Coordenador Geral)*
Helder Rafael Nocko	*Engenheiro Ambiental, Ms.*
Nilo Aihara	*Engenheiro Civil*
Sanda Mayumi	*Arquiteta e Urbanista*

EQUIPE COMPLEMENTAR

Bruno Gomes Camargo	*Eng. Ambiental e Sanitarista, Esp.*
Cinthya Hoppen	*Eng. Química*
Evelin Steffen Albanski	*Acadêmica de Eng. Cartográfica*
Guadalupe Garcia	*Eng. Ambiental*
Larissa dos Santos Silva	*Geógrafa*
Paulo Henrique Costa	*Geógrafo*
Romildo Macário	*Administrador*
Vanessa Tres	*Eng. Ambiental*

PREFEITURA MUNICIPAL DE
IRATI

FERMA
ENGENHARIA

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO 8
2. INTRODUÇÃO 11
2.1. Drenagem Urbana 11
2.2. Impactos da Urbanização nos Sistemas de Drenagem 11
2.3. Planejamento em Drenagem Urbana 12
2.4. Sistemas de Macrodrenagem e Microdrenagem 13
2.5. Medidas de Controle na Drenagem Urbana 13
2.6. Terminologia 15
3. CARACTERIZAÇÃO MUNICIPAL 16
4. VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS 24
4.1. Precipitações de Projeto 24
4.2. Tempo de Retorno 25
4.3. Tempo de Concentração 25
4.4. Vazão de Cheias 26
5. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA O PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONTROLE 30
5.1. Canalização 30
5.2. Travessias 38
5.3. Vazão de Pré-Urbanização 43
5.4. Volume Específico de Controle 44
5.5. Poço de Infiltração 45
5.6. Microreservatório 51
5.7. Bacias de Detenção 63
5.8. Bacias de Retenção 68
5.9. Telhados Armazenadores 69
5.10. Medidas de Controle na Fonte Sugeridas 71
6. CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO SOBRE O SISTEMA DE DRENAGEM 73
6.1. Concepção do Sistema de Monitoramento do Plano 73

PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI

FERMA ENGENHARIA

SUMÁRIO

6.2. Definição de Prazos, Revisões e Publicações 74
6.3. Definição de Indicadores 75
7. CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL 77
7.1. Qualidade da Água Pluvial Antes de Atingir o Solo 78
7.2. Qualidade da Água Pluvial Após se Precipitar sobre o Telhado ou Área Impermeabilizada 78
7.3. Qualidade da Água Pluvial em Reservatórios 78
7.4. Etapas da Melhoria da Qualidade das Águas Pluviais 80
8. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO ASSOCIADA 81
9. TAXA DE DRENAGEM URBANA 83
10. SÍNTESE DOS PLANOS ELABORADOS PARA CADA SUB-BACIA 87
10.1. Planos de Medidas de Controle Não-Estruturais 87
10.2. Planos de Medidas de Controle Estruturais 98
10.3. Avaliação dos Benefícios Esperados 103
10.3.1. Custos e Benefícios Intangíveis 104
10.3.2. Benefícios Anuais de Evitar os Danos Diretos 105
11. MATERIAL DE CONSULTA 107
12. REFERÊNCIAS 108

PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI

FERMA ENGENHARIA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases e produtos previstos para o PDDU de Irati. 9
Figura 2. Medidas não estruturais do Plano Diretor de Drenagem Urbana. 14
Figura 3. Pluviosidade, umidade relativa do ar média, e temperatura mensal (mínima, média e máxima) em Irati. 17
Figura 4. Formação geológica e tipos de solos em Irati. 19
Figura 5. Distribuição dos intervalos altimétricos em Irati. 20
Figura 6. Hidrografia do município de Irati. 21
Figura 7. Sede municipal e sub-bacias. 22
Figura 8. Sub-bacias hidrográficas urbanas e suas características. 23
Figura 9. Comparação entre os hidrogramas de cheia. 27
Figura 10. Metodologia para a obtenção da vazão de cheia. 29
Figura 11. Poço de infiltração preenchido com brita. 47
Figura 12. Esquema de corte de reservatório. 52
Figura 13. Croqui de funcionamento de um microrreservatório enterrado. 54
Figura 14. Bacia de Detenção. 65
Figura 15. Bacia de Infiltração. 66
Figura 16. Bacia de Infiltração em campo de futebol. 67
Figura 17. Bacia de Retenção. 68
Figura 18. Telhado plano, telhado inclinado e telhado com cascalho. 71
Figura 19. Etapas da captação da água de chuva. 80
Figura 20. Formas de controle de vazão de pré-desenvolvimento em loteamentos. 89
Figura 21. Composição das sub-bacias, conforme o zoneamento urbano. 93

PREFEITURA MUNICIPAL DE
IRATI

FERMA
ENGENHARIA

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Períodos de retorno em função da ocupação da área. 25
Tabela 2. Valores do coeficiente de escoamento (c) considerados. 28
Tabela 3. Coeficientes de escoamento "C" para os diferentes cenários. 28
Tabela 4. Velocidades limites, em função do material das paredes do canal. 34
Tabela 5. Coeficiente de rugosidade de Manning diferentes canais. 34
Tabela 6. Vazão específica de pré e pós-urbanização para cada sub-baica. 43
Tabela 7. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia Alto Antas. 55
Tabela 8. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Rio Bonito 56
Tabela 9. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Rio Cascata 57
Tabela 10. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Rio Do Meio 58
Tabela 11. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Arroio dos Pereiras 58
Tabela 12. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Médio Antas 59
Tabela 13. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia Rio Nhapindazal 60
Tabela 14. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Baixo Antas 61
Tabela 15. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Riozinho 62
Tabela 7. Medidas de controle e na fonte 72
Tabela 8. Indicadores síntese do sistema de drenagem urbana. 76
Tabela 9. Custos e prazo de investimento da atividade 3 do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção. 102
Tabela 10. Custos e Benefícios Intangíveis. 104
Tabela 11. Percentual dos danos indiretos sobre danos diretos. 105
Tabela 12. Estimativa dos benefícios anuais (danos evitados) .. 106

PREFEITURA MUNICIPAL DE
IRATI

FERMA
ENGENHARIA

1. APRESENTAÇÃO

No processo de planejamento da cidade, o Plano Diretor de Drenagem Urbana é fundamental para auxiliar o município a promover melhorias estruturais e não estruturais, visando reduzir os impactos negativos da ocorrência de chuvas intensas ou prolongadas. Em Irati, a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (com base no Termo de Referência da Tomada de Preços nº 016/2017) foi efetivada a partir do Contrato de Obra e Serviço de Engenharia nº 026/2018, Contrato de Repasse nº 3683/1031966/2016/MCIDADES/Caixa. O trabalho em elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana trata da gestão das águas pluviais devidamente planejada, considerando os componentes básicos previstos no Termo de Referência, quais sejam: a Política de Águas Pluviais; as medidas não estruturais e estruturais; os produtos gerados nos estudos; os programas propostos e as informações coletadas, organizadas e sistematizadas.

Para elaboração de um Plano de Drenagem são realizados levantamentos a partir do cadastro da rede pluvial; bacias hidrográficas e suas características físicas; dados hidrológicos: precipitação, vazão e sedimentos; Plano Diretor Urbano, Plano Municipal de Resíduos Sólidos; Plano Municipal de Saneamento Básico e Sistema de Gestão Urbana. A política do Plano deve se basear-se em princípios e objetivos do controle das águas pluviais; em estratégias de desenvolvimento do plano como a compatibilidade entre os Planos preparados para a cidade; e a definição de cenários de desenvolvimento urbano e riscos para as inundações.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionando com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, e a melhorar as condições de saúde e do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Em Irati, o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati foi elaborado em cinco relatórios. Estes, são o Plano de Trabalho Consolidado e quatro relatórios distribuídos em quatro fases de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati, conforme ilustra a Figura 1.

FASE 1 – Relatório de Diagnóstico da Drenagem Urbana	Dados e Informações Coletadas e Definição da Base Cartográfica
	Formulação de Cenários, Diagnósticos e Prognóstico das Inundações
	Estudo de Alternativas e Medidas de Controle Estruturas e Medidas de Controle Não-Estruturais
FASE 2 – Relatório de Análise da Drenagem Urbana	Levantamentos Complementares de Campo
	Anteprojeto das Medidas de Controle Estruturais
	Análise Benefício-Custo
FASE 3 – Relatório do Prognóstico da Drenagem Urbana	Programa Municipal de Drenagem
	Definição das fontes de recursos e de financiamento
	Etapas de implantação das medidas de controle
	Cronograma Físico-Financeiro; Avaliação dos Benefícios Esperados
	Programas Complementares de Médio e Longo Prazo
	Complementação do Cadastro da Rede de Drenagem; Monitoramento
FASE 4 – Relatório de Recomendações e Produto Final	Plano e Manual de Drenagem Urbana
	Planejamento e Projetos de Drenagem Urbana; Planejamento e Controle do Uso do Solo
	Projeto, análise e aprovação de novos empreendimentos

Figura 1. Fases e produtos previstos para o PDDU de Irati.

O **Produto 1 – Plano de Trabalho Consolidado** teve como objetivo orientar a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. Este foi desenvolvido com base no Termo de Referência (TR) da Tomada de Preços (TP) nº 016/2017. Este contempla as etapas dos trabalhos, produtos e conteúdo de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

O **Produto 2 – Relatório do Diagnóstico da Drenagem Urbana** trata principalmente da descrição dos trabalhos iniciais, os quais envolvem a obtenção e tratamento dos dados secundários para o desenvolvimento do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. Esta etapa conta com: a delimitação das bacias hidrográficas do município; descrição fisiográficas e cálculo de vazões para as bacias; análise dos cenários de ocupação e sua expansão (temporal e espacial); e análise histórica e tendencial de vazões de cheias nas bacias.

Em seguida, o **Produto 3 – Relatório de Análise da Drenagem Urbana** apresenta a análise das obras hidráulicas existentes para cada sub-bacia. Assim, foram visitados os principais pontos de interesse para a proposição de medidas de controle estruturais e não estruturais. Uma vez

calculadas as possíveis vazões de projeto para os diferentes cenários, foi verificado se as estruturas atuais e projetadas atendem a demanda. Além disso, foram apresentados os anteprojetos das estruturas necessárias como medidas de controle (as quais deverão ser incluídas nas medidas não-estruturais como de uso público prioritário). Também foram elaborados orçamentos estimativos que servirão de referência para o planejamento da implantação dessas medidas.

O **Produto 4 – Relatório do Prognóstico da Drenagem Urbana** teve como base os conteúdos abordados nos produtos anteriores para a elaboração do Programa Municipal de Drenagem. Este é instrumento de planejamento para a implantação das medidas propostas no Plano de Drenagem Urbana de Irati; parte fundamental para a implantação do Plano e obtenção de recursos. O **Produto 4** apresenta o cenário normativo utilizado para as medidas propostas; criado com base nas demandas de medidas estruturais, medidas não-estruturais e escoamento superficial para os próximos 30 anos. Ainda, foram estabelecidas metas e indicadores, propostas de regulamentações, e programas e ações para as ações corretivas e preventivas para a drenagem urbana do município.

Por fim, o **Produto 5 – Manual de Drenagem e Plano de Ações – Relatório de Recomendações** tem como objetivo principal auxiliar nas áreas de: planejamento e projetos de drenagem urbana, planejamento e controle do uso do solo, além de projetos, análise e aprovação de novos empreendimentos. Este estabelece critérios de planejamento, controle e projeto, abordando:

- *Variáveis hidrológicas regionalizadas para projetos de drenagem urbana;*
- *Elementos hidráulicos para o projeto de estruturas de controle;*
- *Critérios para a avaliação e controle dos impactos do desenvolvimento urbano sobre o sistema de drenagem;*
- *Controle da qualidade da água pluvial;*
- *Legislação e regulamentação associada; e*
- *Síntese dos planos elaborados para cada sub-bacia.*

Destaca-se que a utilização deste documento é para consulta como suporte técnico, e não como norma rígida. Sendo assim, é de competência do projetista orientar os projetos de acordo com o conhecimento existente sobre o assunto abordado onde este documento é apenas uma parte integrante. Como normas rígidas devem ser observadas as imposições da legislação pertinente.

2. INTRODUÇÃO

2.1. Drenagem Urbana

Segundo a legislação, o tema é tratado como "drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas", definido como: *"conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas" (Lei 11.445/2007, art. 3º, inciso I-d).*

Neste contexto, o Plano Diretor de Drenagem Urbana auxiliará também o município no cumprimento do seguinte princípio fundamental: *"disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado" [...] (Lei 11.445/2007, art. 2º, Inciso IV).*

2.2. Impactos da Urbanização nos Sistemas de Drenagem

O intenso processo de urbanização das últimas décadas e o rápido crescimento das cidades, muitas vezes sem o adequado planejamento urbano, têm gerado muitos problemas de infraestrutura urbana, especialmente em relação à drenagem de águas pluviais. O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana junto como as redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de lazer, entre outros. O principal diferencial do sistema de drenagem em relação aos demais é que o escoamento das águas das chuvas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado, sendo que a qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores.

A causa dos problemas de drenagem está ligada a vários fatores como a impermeabilização do solo, a remoção da vegetação, a ocupação de várzeas, a estruturação do sistema viário em vias de fundo de vale, a atividade agrícola sem controle ambiental, a configuração física-ambiental do

sítio urbano que pode ser ou não favorável ao desencadeamento de processos erosivos como o transporte e deposição de sedimentos, a disposição inadequada de resíduos sólidos, a retificação de rios, a ausência de planos urbanísticos integrados, entre outros. Tais problemas afetam diretamente a população, causando perdas materiais, físicas e financeiras além de contribuir para a piora na qualidade de vida dos munícipes.

Nesse sentido, os sistemas de drenagem urbana vêm a contribuir para a minimização e solução desses problemas, provendo ao município, uma série de orientações e diretrizes que, considerando as especificidades do município, apresente soluções e medidas, sejam essas higienistas, compensatórias, estruturais e não estruturais, que em conjunto com o poder público, iniciativa privada e população local, desenvolvam políticas, programas, práticas e ações voltadas para a conservação do meio ambiente e consequente redução dos impactos causados pela chuva.

2.3. Planejamento em Drenagem Urbana

Do ponto de vista legal, a Política Nacional de Saneamento Básico, Lei Federal 11.445 de 05 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, e juntamente com seu Decreto Regulamentador nº 7.217 de 21 de junho de 2010, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. A Lei nº 13.308 de 6 de julho de 2016, complementa e altera a Política Nacional do Saneamento Básico.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionando com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, e a melhorar as condições de saúde e do meio ambiente da cidade, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Para elaboração de um Plano de Drenagem são realizados levantamentos a partir do cadastro da rede pluvial; bacias hidrográficas e suas características físicas; dados hidrológicos: precipitação, vazão e sedimentos; Plano Diretor Urbano, Plano Municipal de Resíduos Sólidos; Plano Municipal de Saneamento Básico e Sistema de Gestão Urbana. A política do Plano deve se basear-se em princípios e objetivos do controle das águas pluviais; em estratégias de desenvolvimento do plano como a compatibilidade entre os Planos preparados para a cidade; e a definição de cenários de desenvolvimento urbano e riscos para as inundações.

O Plano de Drenagem Urbana da cidade de Irati vai dar subsídios técnicos e institucionais à Prefeitura Municipal, a fim de reduzir os impactos das inundações no meio ambiente do quadro urbano e criar as condições para uma gestão sustentável da drenagem urbana.

2.4. Sistemas de Macrodrenagem e Microdrenagem

De modo geral o sistema tradicional de drenagem urbana é composto por dois sistemas distintos que devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados sendo esses: o sistema de microdrenagem e o sistema de macrodrenagem. Além desses, existem os sistemas higienistas que se baseiam no rápido escoamento do excesso pluvial contribuindo para o aumento nos volumes e vazões de água com redução no tempo de escoamento e os sistemas compensatórios, que visam compensar as consequências da urbanização de forma qualitativa e quantitativa de forma integrada e com menor impacto ao meio ambiente. O sistema inicial de drenagem, ou de microdrenagem, é aquele composto por estruturas mais localizadas como o pavimento das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões. Esse sistema tipicamente é dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Quando bem projetado e com manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas, que advém das inundações e das interferências das enxurradas.

Já o sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica. A implantação da macrodrenagem nos centros urbanos também evita o aumento de sedimentos lançados sobre os cursos d' água, contribuindo para o atraso no assoreamento de seus leitos e retardo na perda da capacidade vazante da calha.

2.5. Medidas de Controle na Drenagem Urbana

Dentre as medidas de controle na drenagem urbana, são apresentadas as medidas estruturais e não estruturais. Dentre as medidas não estruturais, estão a legislação e regulamentação sobre o aumento da vazão devido à urbanização e ocupação da área de risco de áreas ribeirinhas, e a gestão dos serviços urbanos relacionados com as águas pluviais (Figura 2).

Regulamentação da Drenagem Urbana	Uso de regulamentação para controle da drenagem urbana para os locais a serem desenvolvidos, não apenas para os novos loteamentos, mas também na densificação da ocupação urbana. A regulamentação também é necessária para subsidiar projetos e aprovação de obras em áreas já loteadas.
Regulamentação das Áreas Ribeirinhas e Áreas de Relevo Acentuado	Este componente trata da definição das zonas de passagem da inundação e das zonas de regulamentação. Aplicam-se neste componente as áreas de relevo acentuado, presentes sobre boa parte da paisagem urbana de Irati.
Gestão da Drenagem urbana	A gestão trata das instituições dentro do município que deverão implementar o Plano nos seus diferentes aspectos. Esta implementação envolve: desenvolvimento do Plano de Ações, fiscalização dos serviços, avaliação e fiscalização da implementação de loteamentos, e obras relacionadas com a legislação e regulamentação além da implementação dos programas previstos.

Figura 2. Medidas não estruturais do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

As medidas estruturais envolvem as infraestruturas necessárias para cada sub-bacia urbana destacada da sua geografia de fluxo, além de medidas estruturais de proteção contra inundações ribeirinhas, quando for o caso. A definição das bacias urbanas é a primeira ação do Plano quanto às medidas estruturais. Esta definição se baseia numa sub-divisão de rios que escoam para um grande sistema (lago, rio, reservatório ou estuário), os escoa para fora dos limites da cidade. Considerando que para cada sub-bacia será elaborado um Plano, admite-se que as mesmas não deverão exportar impactos, mas representam características de interferências entre si através do escoamento. Uma mesma macro-bacia urbana pode ser subdividida quando isto for necessário em função do seu desenvolvimento e tamanho. São analisados os dados de entrada (características urbanas, hidrologia, topografia, entre outras) e realizado uma caracterização dos sistemas e definições de projetos estruturais de acordo com os cenários de análise, atuais e futuros, risco do projeto e a capacidade do sistema existente. Em seguida, são definidas as alternativas de controle, por meio do seguinte:

- *Identificação em campo dos possíveis locais para reservatórios de detenção;*
- *Avaliação dos volumes disponíveis em função das cotas; e*
- *Trechos que podem ser ampliados e seus condicionantes.*

Para determinar a combinação ótima o planejador poderá verificar as alternativas disponíveis:

- *Redução do escoamento superficial através de medidas na fonte (geralmente para futuros cenários);*

- *Detenções em locais em que existem áreas disponíveis ou mesmo em locais enterrados quando as abertas não forem possíveis; e*
- *Ampliação da capacidade de escoamento do sistema.*

Por fim, as alternativas são avaliadas economicamente. A verificação do projeto poderá se dar com apoio de modelo hidrodinâmico para análise das condições do risco, ou seja, avaliar diferentes tempos de recorrência e os possíveis danos para cada cenário. A avaliação econômica deverá levar em consideração os custos e os benefícios, o que poderá auxiliar na definição das soluções viáveis.

2.6. Terminologia

Bocas de Lobo	Estão localizadas em pontos apropriados nas sarjetas, para captação das águas pluviais.
Condutos Forçados	Estes são destinados para a condução das águas superficiais coletadas, para o seu escoamento de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto.
Drenagem	Retirada de água superficial ou água subterrânea (por bombeamento ou gravidade) de uma determinada área.
Galeria	Canalizações publicas com a finalidade de conduzir as águas pluviais captadas pelas bocas de lobo e por ligações privadas.
Poço de visita	Permitem a inspeção e limpeza da rede.
Meio-fio	Dispositivos de pedra ou concreto alocados entre o passeio (com a face superior de mesmo nível) e a via publica (paralelamente ao seu eixo).
Macrodrenagem	Formada pelo conjunto de obras e infraestruturas que recebem o escoamento dos dispositivos de microdrenagem, adequando a vazão e minimizando impactos de erosão, assoreamento e inundações.
Microdrenagem	Composta pelos dispositivos de drenagem responsáveis pela captação das águas pluviais e por sua condução até o sistema de macrodrenagem.
Sarjeta	Faixas de via publica paralelas e vizinhas ao meio-fio.
Sarjetões	Estão localizados no cruzamento de vias publicas, com o objetivo de orientar o escoamento das aguas sobre as sarjetas.
Trecho	Porção da galeria localizada entre dois poços de visita.
Tubos de Ligação	Tubulações com a finalidade de conduzir as aguas pluviais (captadas nas bocas de lobo) para as galerias ou poços de visita.
Vazão	Volume de líquido que passa por uma superfície, por unidade de tempo.

3. CARACTERIZAÇÃO MUNICIPAL

Localização:
O município de Irati está localizado no Segundo Planalto Paranaense. na Mesorregião "Sudeste Paranaense" e na microrregião de mesmo nome. Faz divisa com os municípios de Prudentópolis e Imbituva ao norte, Fernandes Pinheiros a leste, Rebouças e Rio Azul ao sul e Inácio Martins a oeste. Possui extensão territorial de 999.3 km² e altitude média de 812 metros.

População:
A população do município é de 56.207 habitantes, sendo 43.817 residentes da sede municipal (IBGE, 2010). A taxa de urbanização de Irati é de 80%, índice bastante elevado se comparado aos demais municípios da microrregião. Do mesmo modo, a densidade demográfica é bastante superior, concentrando aproximadamente 56 habitantes por km². Para 2017, estima-se uma população total de 60.425 habitantes.

Clima Regional
Considerando a classificação de Köppen-Geiger, Irati possui clima do tipo Cfb, caracterizado como subtropical, mesotérmico úmido e sem estação seca definida. Os verões são frescos, com maior propensão à ocorrência de chuvas, ao passo que os invernos são frios, com geadas frequentemente severas, sobretudo nos pontos de maior altitude topográfica. As informações referentes à pluviosidade, umidade relativa do ar e temperatura estão representadas na Figura 3.

Pluviosidade: Com relação a pluviosidade, destaca-se o alto índice pluviométrico durante o período de verão. Em contrapartida, o período de inverno é caracterizado por baixas temperaturas e redução dos eventos de pluviosidade.

Umidade Relativa do Ar: A umidade relativa média do ar mensal em Irati apresenta acentuada redução a partir do mês de agosto, registrando seu menor índice no mês de novembro. Os meses da primavera são tidos como os de menor umidade relativa do ar, situação que só se modifica a partir de dezembro.

Temperatura: As temperaturas na região de Irati caracterizam o sistema climatológico do Sul do país, quando no verão são registradas as médias mais elevadas devido ao domínio da MTa e com a gradativa redução das temperaturas no período que compreende a estação de outono, a partir do mês de abril. Durante o inverno, e sob influência da MPa, as temperaturas médias têm registros de valores mais baixos, apresentando progressiva elevação durante a estação de primavera, iniciando no mês de setembro.

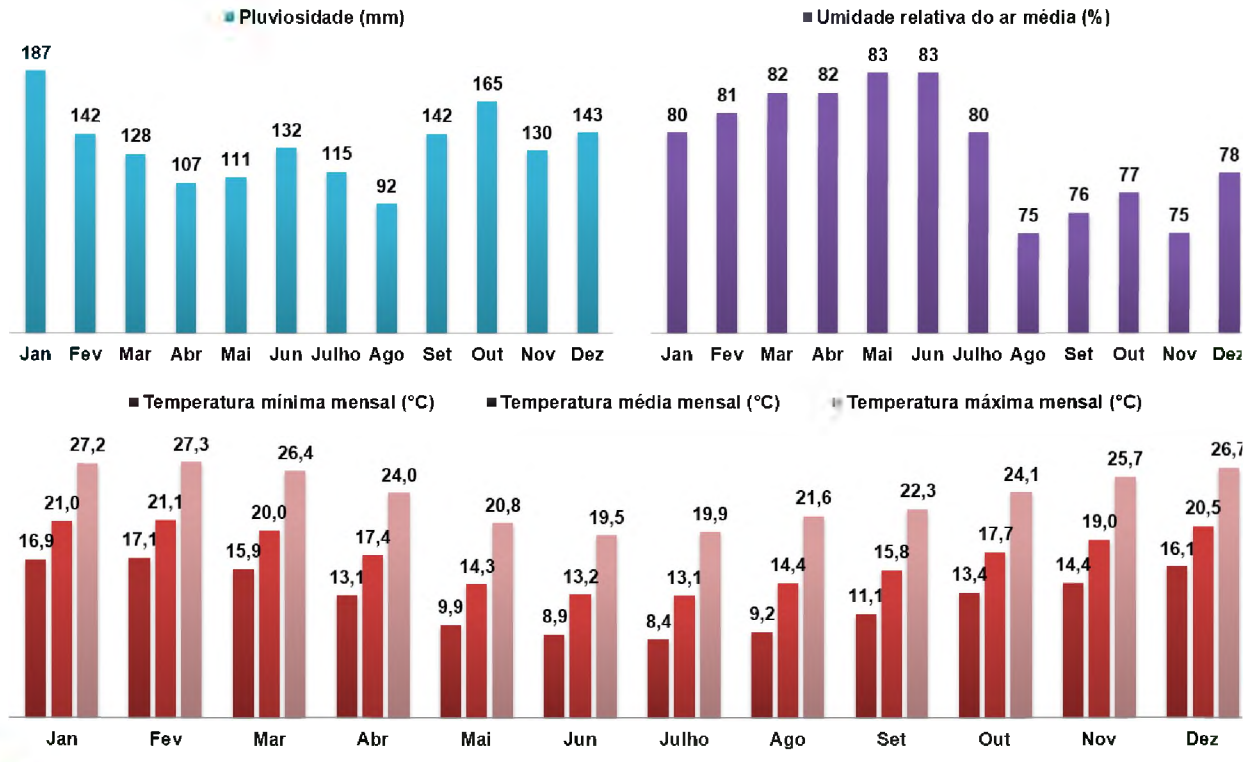


Figura 3. Pluviosidade, umidade relativa do ar média, e temperatura mensal (mínima, média e máxima) em Irati.
Fonte: INMET (2018).

GEOLOGIA E SOLOS

Em relação à geologia (Figura 4), segundo o Plano Diretor de Irati, a formação geológica do município é bastante complexa, reunindo rochas das formações Serra Geral, Botucatu, Rio do Rasto, Teresina, Serra Alta, Irati, Palermo e intrusivas básicas (soleiras de diabásio).

De acordo com a MINEROPAR, é comum que a erosão e a decomposição seletivas das rochas basálticas ressaltem na topografia as unidades de derrames, formando verdadeiras escarpas, representadas por áreas com declividades acima de 20,0%, as quais são delimitadas por quebras de relevo positivas e negativas, aproximadamente coincidentes com os planos de contato entre os derrames. O padrão de fraturas, juntamente com as zonas vesiculares do topo dos derrames, pode funcionar como canal alimentador de aquíferos subterrâneos. Com relação às rochas sedimentares, predominam nessa região arenitos, siltitos e folhelhos com índices médios a altos de vulnerabilidade ao intemperismo e à erosão, requerendo cuidados específicos para uso e ocupação do solo, conforme recomendações da MINEROPAR, a saber:

- *Implantação de sistemas distintos de escoamento de águas pluviais e servidas, integrados aos sistemas a jusante;*
- *Implantação de tubulações em todas as linhas de drenagem ou concentração de fluxo com declividade superior a 2,5%;*
- *Implantação de dispositivos de dissipação de energia nos pontos de lançamento;*
- *Orientação da ocupação através da implantação de lotes com sua maior dimensão paralela às curvas de nível;*
- *Orientação da ocupação com implantação de lotes com sua maior dimensão ortogonal à linha de enchente nos fundos de vale;*
- *Limitação da ocupação urbana através de exigências quanto à drenagem e à terraplenagem prévia, estimulando a preservação permanente de fundos de vale;*

Segundo o mapeamento da MINEROPAR e as considerações da Prefeitura Municipal de Irati, predominam na região do município, os argissolos, cambissolos, latossolos, neossolos e nitossolos (Figura 4). De maneira geral, pode-se concluir que os solos encontrados em Irati são de baixa fertilidade e com suscetibilidade média a alta à erosão, o que, associado ao relevo acidentado que caracteriza a maior parte do território municipal, opõe severas restrições à atividade agrícola, principalmente àquelas culturas que demandam o emprego de mecanização. Ademais, a necessidade de utilização de corretivos e de adoção de cuidados especiais quanto ao manejo, encarece a produção e limita o leque de culturas passíveis de serem desenvolvidas pelos produtores no município.

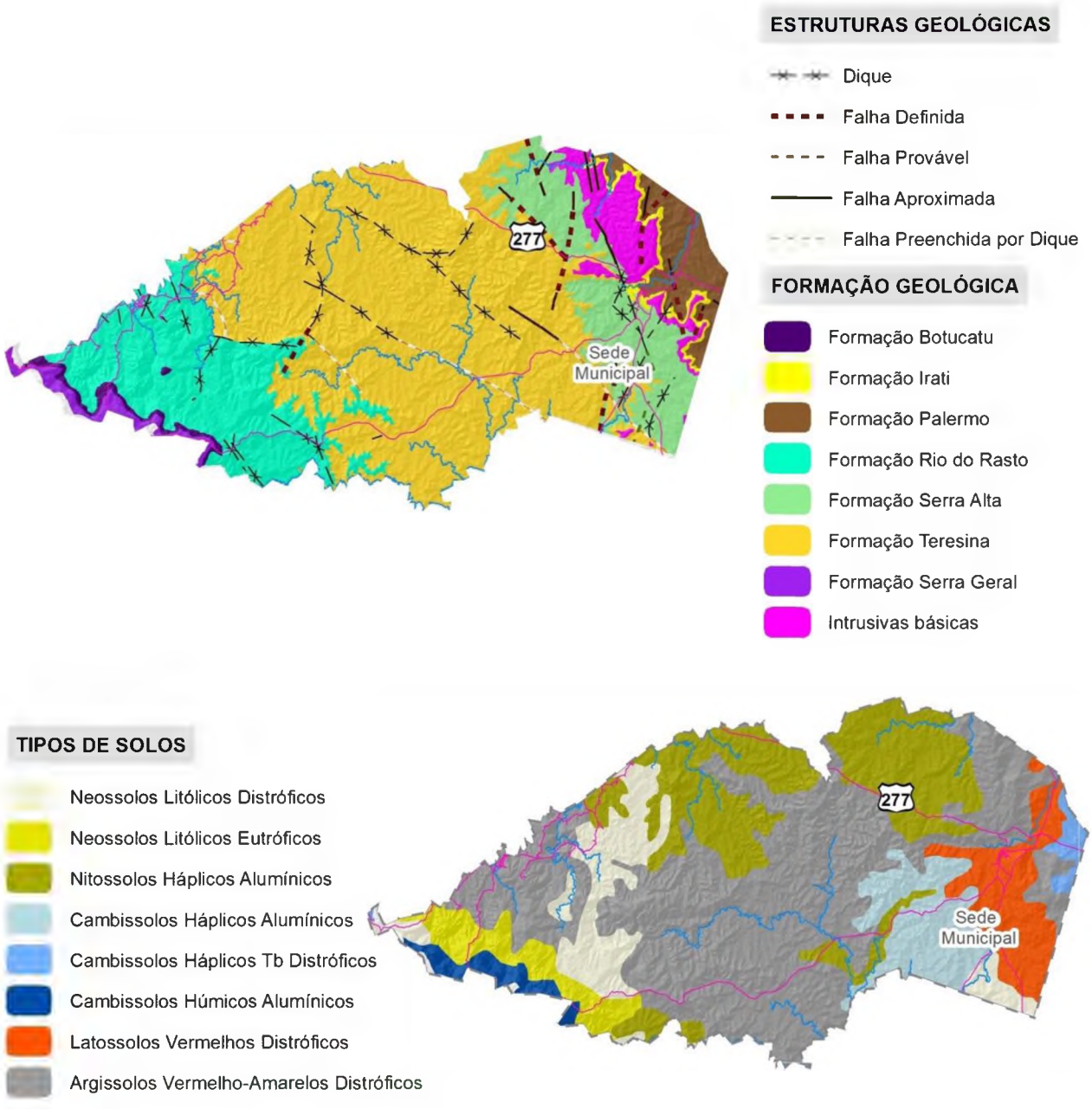


Figura 4. Formação geológica e tipos de solos em Irati.

GEOMORFOLOGIA

Como o município de Irati localiza-se no divisor de águas de importantes bacias do estado do Paraná e próximo a transição do Segundo para o Terceiro Planalto, seu relevo é caracterizado por expressivas variações topográficas. A altitude mínima em Irati é de 865 m, a média é de 865 m e a máxima é de 1292 m em relação ao nível do mar. O gráfico da Figura 5, apresenta a

distribuição das altitudes em intervalos de classe de 50 em 50 metros, no qual nota-se que a maior parte do território municipal encontra-se no intervalo entre 800 a 900 m.

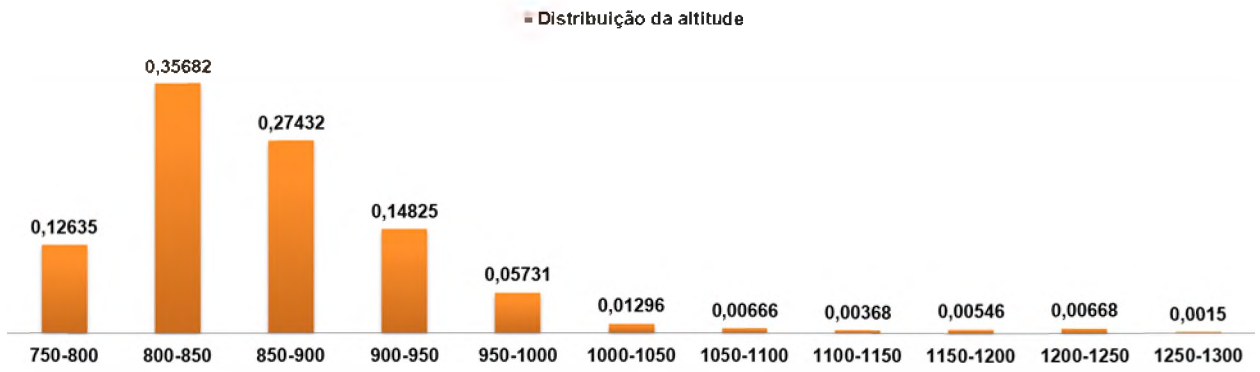


Figura 5. Distribuição dos intervalos altimétricos em Irati.

CARACTERIZAÇÃO DE USO E COBERTURA DO SOLO

Do ponto de vista fitogeográfico o município de Irati situa-se principalmente no domínio da Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária-Mata dos Pinhais) com fragmentos nas porções topográficas mais elevadas de Floresta Ombrófila Mista Alto Montana. Em virtude das transformações ocorridas no último século, a área florestal do município, assim como em todo o Paraná, encontra-se bastante modificada, restando centenas de pequenos fragmentos isolados de cobertura florestal; sendo a atividade agrícola a maior responsável por esta modificação. O município não dispõe de grandes áreas de exploração mineral.

As poucas jazidas existentes são pequenas, fragmentadas e distribuídas por toda a extensão territorial do município, cuja explotação é de minerais não metálicos como areia, basalto e folhelho. Irati também não abriga unidades de conservação, mas em contrapartida, registram-se diversas comunidades Faxinais, cujo estilo de vida caracteriza-se por estilo de vida próprio pautado no uso coletivo da terra para a criação de animais, produção agrícola de base familiar e o extrativismo florestal de baixo impacto. De acordo com os dados do ITCG, não há no município a presença de Terras Indígenas, Sítios Arqueológicos e demais comunidades tradicionais.

HIDROGRAFIA

O território municipal de Irati possui uma extensa e densa rede de drenagem dividida em três grandes bacias hidrográficas, sendo as suas porções oeste e noroeste tributárias da bacia do rio Ivaí; as suas regiões norte, nordeste e leste contribuintes da bacia do rio Tibagi; e a sua parte centro-sul integrante da bacia do rio Iguaçu (Figura 6).

Na bacia do rio Tibagi o curso d'água mais importante é o rio das Antas, que corre para nordeste e deságua no Rio Imbituva – afluente do rio Tibagi. Já na bacia do rio Iguaçu destacam-se os rios Preto, Corrente, Cachoeira e Riozinho, cujas águas se dirigem para o sul e confluem para o rio Potinga, que é tributário do Iguaçu. Os principais cursos de água situados na sede municipal são: rio das Antas, rio Bonito, arroio do Meio, arroio da Cascata; arroio Nhapindazal; arroio Saldanha; córrego Vasiliesvks; arroio dos Coxinhas; arroio Lajeado; arroio Grande; rio Riozinho; arroio Manjolo e rio Campinas. No extremo leste do município, situam-se os mananciais superficiais de abastecimento público da população como os cursos de água do alto Rio Imbituva que drenam para o município de Fernandes Pinheiro e o Arroio Nhapindazal, tributário do Rio das Antas. O ICMS ecológico, conferido ao município desde 1997, contribuiu com mais de R$ 200.000 no ano de 2017 (IAP, 2017), o que reforça a importância da preservação dos cursos do leste iratiense.

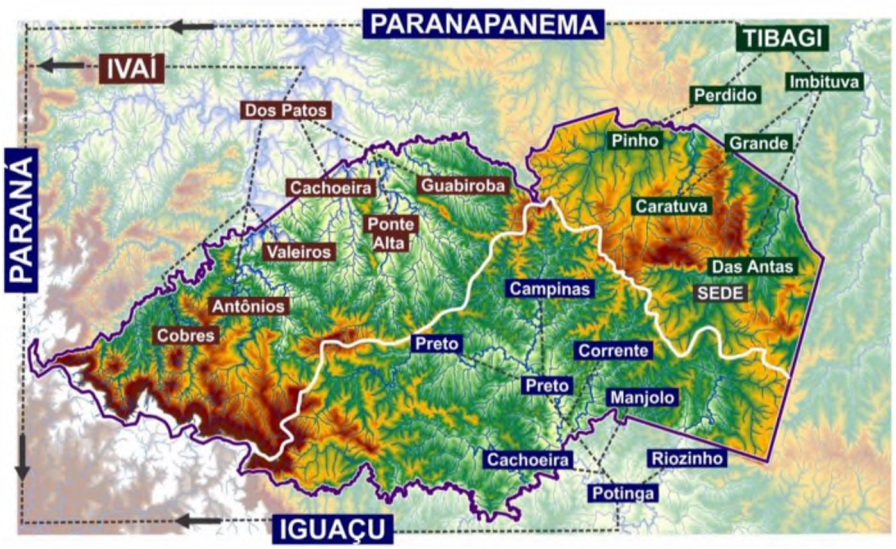


Figura 6. Hidrografia do município de Irati.

SEDE MUNICIPAL E SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A sede municipal de Irati (Figura 7) está situada no extremo leste do município e é constituída por um perímetro urbano de 5.189,47 hectares. Segundo dados da Prefeitura, concentram na sede 16.466 lotes edificados, 6.355 lotes territoriais ativos e 2.400 lotes em produção, distribuídos em mais de 440 quadras. As quadras urbanas situam-se principalmente nas áreas cuja declividade é inferior a 10%, sendo esse aspecto um dos principais limitantes da expansão urbana. Do ponto de vista geográfico, a sede municipal possui relevo variando entre 780 a 1.013 metros de altitude e abriga 9 sub-bacias. A cobertura do solo é basicamente composta por áreas antropizadas e poucas áreas verdes.

Dentre os espaços livres de edificação na cidade, destaca-se as matas ciliares dos afluentes formadores do rio das Antas e do trecho superior do arroio dos Pereiras, o Parque Aquático no bairro Rio Bonito e o grande terreno da fábrica de fósforo, no bairro de mesmo nome. Alguns terrenos reflorestados podem ser avistados nos bairros do sul de Irati, como Lagoa e Jardim Aeroporto. Nesses locais também verifica-se que parcelamentos de solo recentes, incluindo o lançamento de conjuntos residenciais e condomínios, como as casas do Programa Minha Casa Minha Vida, do governo federal. De acordo com o Plano de Saneamento de Irati, a Sede conta com pelo menos 60 km de galerias pluviais, correspondendo a apenas 10% do total de vias urbanas. As sub-bacias que contém a sede municipal são: Sub-bacia do Alto Antas, Baixo Antas e Médio Antas, Sub-bacia do Rio Bonito, Sub-bacia do Rio Cascata, Sub-bacia do Rio do Meio, Sub-bacia do Arroio Nhapindazal, Sub-bacia do Arroio dos Pereiras, e Sub-bacia do Rio Riozinho; sua caracterização geral é apresentada na Figura 8.

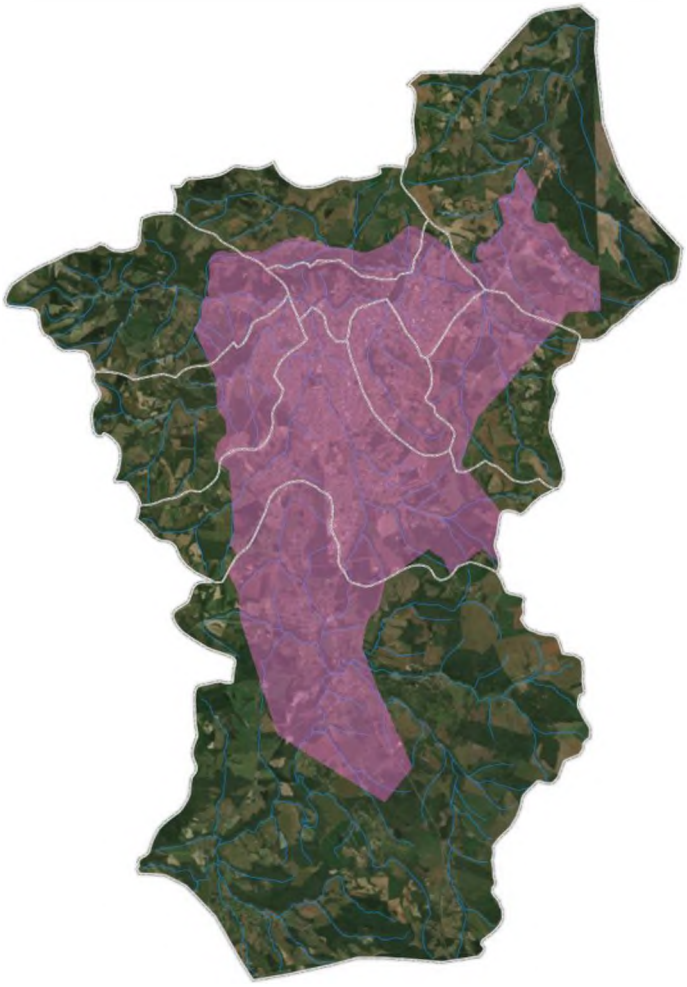
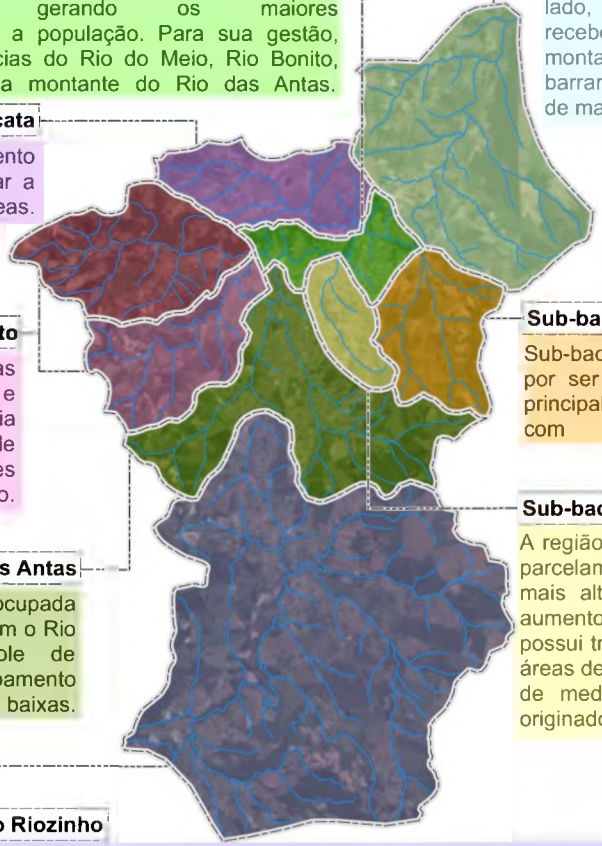


Figura 7. Sede municipal e sub-bacias.



Sub-bacia do Médio Antas

Uma das sub-bacias mais urbanizadas de Irati, com ocorrências de eventos críticos de precipitação e drenagem. Também recebe escoamento superficial das bacias à montante, gerando os maiores casos de eventos críticos que atingem a população. Para sua gestão, serão necessárias medidas nas sub-bacias do Rio do Meio, Rio Bonito, Rio Cascata, Arroio dos Pereiras e na montante do Rio das Antas.

Sub-bacia do Baixo Antas

Na porção com declividades acentuadas, a ocupação urbana é dificultada. Por outro lado, as porções baixas da sub-bacia recebe contribuição das sub-bacias de montante. Conta com pontes, meandros, barramentos artificiais e relativa preservação de mata ciliar, que merecem destaque no planejamento.

Sub-bacia do Rio Cascata

Esta sub-bacia já tem áreas com zoneamento de preservação municipal. Deve-se evitar a ocupação dessas áreas.

Sub-bacia do Rio do Meio e Rio Bonito

Nestas sub-bacias as ocupações urbanas ocorrem nas suas porções mais baixas e planas. O rio do Meio está em área propícia à ocupação urbana. Deve ser objeto de ordenamento, protegendo ocupações futuras e condições de infiltração.

Sub-bacia do Arroio Nhapindazal

Sub-bacia com necessidade de controle e monitoramento, por ser manancial de abastecimento da cidade. É a principal sub-bacia para uma gestão de conservação, com restrição à ocupação urbana.

Sub-bacia do Arroio dos Pereiras

A região está passando por alterações de ocupação por parcelamentos do solo. A impermeabilização nas áreas mais altas pode afetar a parte jusante da bacia, por aumento do escoamento superficial. O Arroio dos Pereiras possui trechos canalizados e retificados com ausência de áreas de preservação permanente. É necessária a adoção de medidas não estruturais, para redução de danos originados por problemas de drenagem.

Sub-bacia do Alto do Rio das Antas

Sub-bacia com maior área urbanizada ocupada e composta por dois tributários que formam o Rio das Antas. É necessário o controle de impermeabilização, visando reduzir o escoamento superficial para as sub-bacias mais baixas.

Sub-bacia do Rio Riozinho

Pouca ocupação urbana (em relação às áreas). Alguns pontos estão em cotas baixas, e sujeitos a enchentes e inundações. É necessário o direcionamento de ocupação urbana para as regiões mais altas, com proteção especial às faixas de fundo de vale.

Figura 8. Sub-bacias hidrográficas urbanas e suas características.

4. VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

O estudo hidrológico de uma região se faz necessário para a prospecção de possíveis mecanismos de controle de escoamento nos pontos de galerias pluviais e nos pontos de lançamento nos córregos e rios. Este capítulo tem por objetivo apresentar os métodos e procedimentos a serem utilizados para o cálculo das vazões de projeto.

4.1. Precipitações de Projeto

Para o dimensionamento dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, é preciso que se calcule, a partir dos valores das intensidades pluviométricas, a vazão que deva ser escoada pelos mesmos. O valor da intensidade da chuva é definido em função dos padrões regionais de chuva, assim como, a duração do evento e a frequência de ocorrência. A determinação dessa relação é feita a partir de dados históricos de postos pluviométricos.

A relação entre Intensidade, Duração e Frequência pode ser presentada graficamente ou através de uma equação que tem como fórmula geral (Fendrich, 1998):

FENDRICH, 1998:

$$i = K \cdot \frac{Tr^a}{(t+b)^c}$$

Onde:
i = intensidade pluviométrica (mm/min);
Tr = período de retorno (anos);
t = duração da chuva (min);
K, a, b, c = parâmetros determinados para a estação pluviométrica.

4.2. Tempo de Retorno

O tempo de recorrência, ou período de retorno, é definido a partir do risco admitido para um projeto. Ou seja, um tempo de recorrência de 10 anos refere-se a um risco de 1/10 (um evento superado, no caso a intensidade da chuva, a cada 10 anos).

Para as obras de drenagem tipicamente se utiliza o tempo de retorno de 100 anos, com base em parâmetros definidos pelo DAEE/CETESBE (Departamento de Águas e energia Elétrica de SP/Companhia Ambiental do Estado de SP) que são estabelecidos de acordo com o tipo de ocupação da área, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Períodos de retorno em função da ocupação da área.

Tipo da Obra	Tipo de Ocupação	Período de Retorno (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de Serviço ao Público	5
Microdrenagem	Aeroportos	25
Microdrenagem	Áreas comerciais e serviço de tráfego	5 - 10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
Macrodrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB (1998).

4.3. Tempo de Concentração

O tempo de concentração (Tc) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção de saída. Tucci (2007) diz que em uma bacia urbana normalmente estão presentes os três tipos de escoamento com maior significado, dependendo das características da bacia. A seguir são apresentadas algumas das fórmulas mais utilizadas (Kibler, 1982). Nas equações o Tc é obtido em minutos.

KIRPICH:

$$tc = 3{,}989\ L^{0{,}77}\ S^{-0{,}385}$$

Onde:

L= comprimento do talvegue em km;

S = declividade do talvegue em m/km.

FEDERAL AVIATION AGENCY:

$$tc = 22{,}73\ (1{,}1 - C)\ L^{0{,}50}\ S^{-0{,}33}$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento do método Racional;

L= comprimento do talvegue em km;

S = declividade do talvegue em m/m

DOOGE:

$$tc = 21{,}88\ A^{0{,}41}\ S^{-0{,}17}$$

Onde:

A = Área da bacia em km²;

S = declividade do talvegue em m/m

4.4. Vazão de Cheias

Um dos fatores mais importantes no cálculo da vazão de projeto pelo Método Racional é a intensidade de chuva utilizada, a qual é função da duração e da frequência do evento de chuva (tempo de recorrência).

Segundo Tucci (2007):

> *"A vazão máxima pode ser estimada com base na precipitação, por métodos que representam os principais processos da transformação da precipitação em vazão e pelo método racional, que engloba todos os processos em apenas um coeficiente." (TUCCI, 2007).*

MÉTODO RACIONAL:

$$Q = 0{,}278.C.i.A$$

Onde:

C = escoamento superficial;

A = área da bacia em km²;

Q = vazão de pico em m³.

Os principais impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico são:

- *Aumento do escoamento superficial e da vazão máxima dos hidrogramas e antecipação dos picos;*
- *Redução da evapotranspiração e do escoamento subterrâneo e rebaixamento do lençol freático;*
- *Aumento da produção de material sólido;*
- *Deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas, quando a drenagem de águas carreia material sólido e lava as superfícies urbanas.*

A Figura 9 apresenta, de forma esquemática, a diferença entre os hidrogramas de cheia em áreas urbanizadas e não-urbanizadas.

É possível observar que os hidrogramas relativos às áreas urbanizadas apresentam maiores vazões máximas, menores tempos relativos à vazão máxima (tempos de pico) e menores tempos de duração (ALESSI F. KOKOT P. J. GOMES, 2006). Foram considerados os valores de coeficiente de escoamento, ou coeficiente de perdas C, apresentados na Tabela 2.

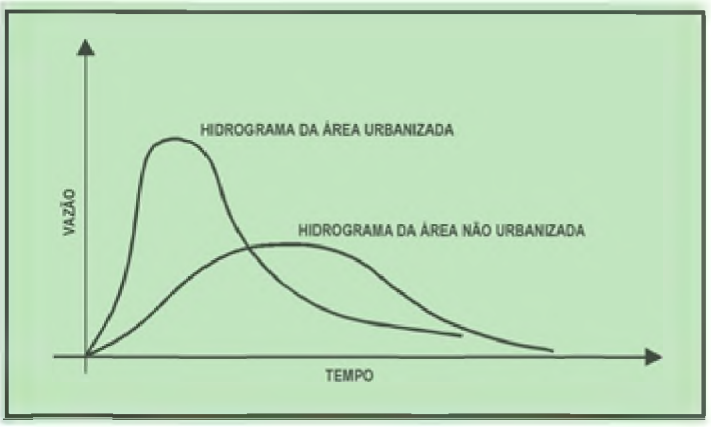


Figura 9. Comparação entre os hidrogramas de cheia.
Fonte: Tucci, 2007.

Tabela 2. Valores do coeficiente de escoamento (c) considerados.

Zonas		C
Edificação muito densa	Partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70-0,95
Edificação não muito densa	Partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentas.	0,60-0,70
Edificação com poucas superfícies livres	Partes residenciais com ruas pavimentadas	0,50-0,60
Subúrbios com alguma edificação.	Partes de subúrbios com pequena densidade de construção.	0,10-0,25
Matas, parques e campos de esporte	Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esporte sem pavimentação	0,05-0,20

Com os valores considerados da Tabela 2 e a proporção de área para cada tipo de solo foi possível obter os coeficientes de escoamento em cada sub-bacia de estudo e determinar a vazão no exutório destas. A Tabela 3 apresenta os coeficientes de escoamento para cada bacia nos diferentes cenários estudados.

Tabela 3. Coeficientes de escoamento "C" para os diferentes cenários.

Sub-Bacia	C para o Cenário Atual	C para o Cenário Tendencial
Alto Antas	0,37	0,42
Bonito	0,24	0,24
Cascata	0,24	0,25
Do Meio	0,29	0,32
Pereiras	0,46	0,53
Médio Antas	0,42	0,46
Nhapindazal	0,24	0,26
Baixo Antas	0,19	0,21
Riozinho	0,22	0,23

A Figura 10 apresenta a metodologia para a obtenção da vazão de cheia.

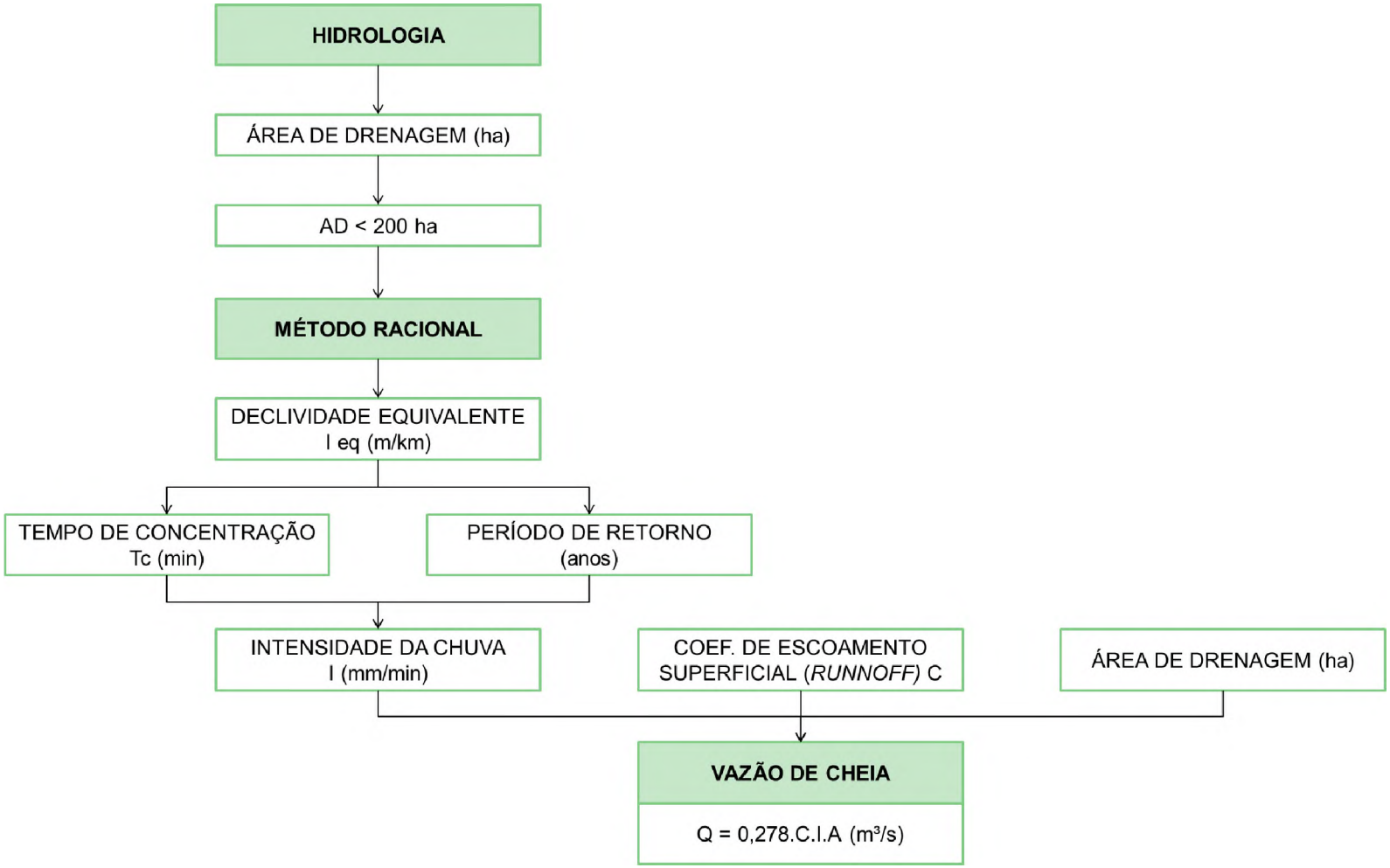


Figura 10. Metodologia para a obtenção da vazão de cheia.

5. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA O PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONTROLE

Neste capítulo serão apresentados de forma prática, os conceitos básicos de hidráulica referentes ao dimensionamento de canais, bacias de detenção e dispositivos de retenção na fonte.

5.1. Canalização

A canalização abrange melhorias e retificações nas calhas dos rios e visando permitir a ocupação das margens e a urbanização dos rios.

Canalizar significa modificar ou alterar a seção e/ou traçado natural de rios e córregos.

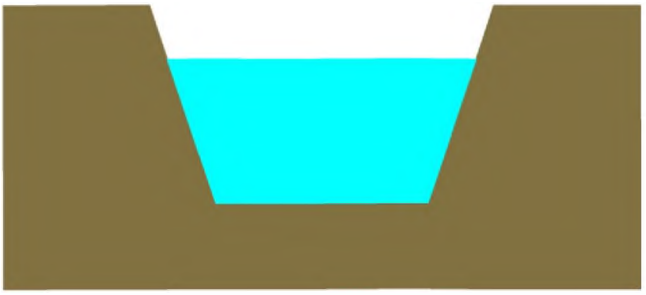
- *Tipos de Canalização: Canal Aberto e Canal Fechado;*
- *Tipos de Seções Geométricas Utilizadas: Trapezoidal, Retangular e Circular;*
- *Tipos de Revestimentos: Terra, Enrocamento, Pedra Argamassada, Concreto, Gabião, e Terra Armada.*

A seguir, são apresentados os tipos de revestimentos mais comuns para canais abertos e fechados, e desenhos esquemáticos para visualização.

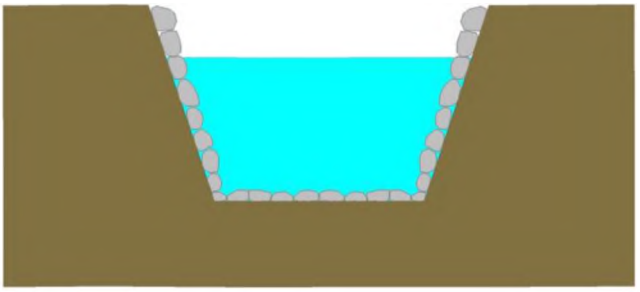


CANAL ABERTO TRAPEZOIDAL

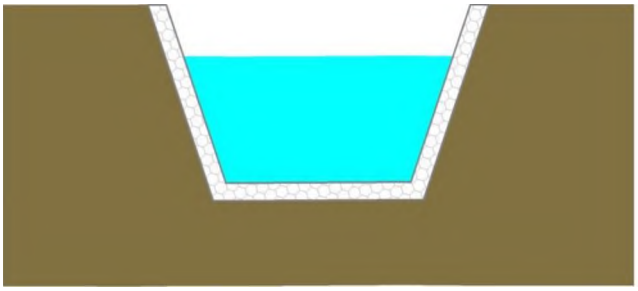
1.1 Terra



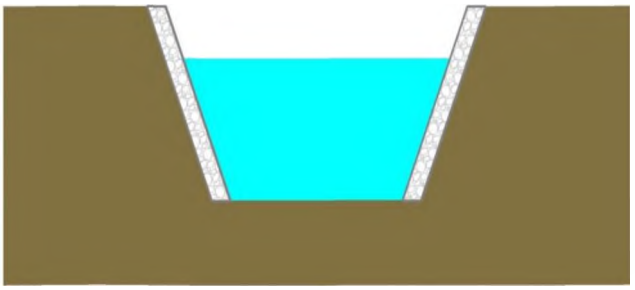
1.2 Enrocamento



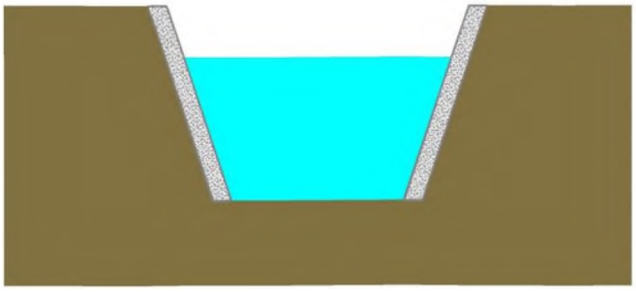
1.3 Gabião



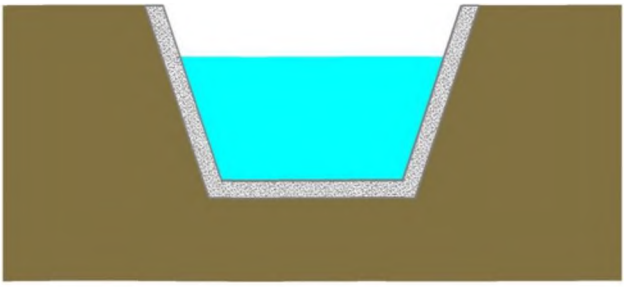
1.4 Pedra Argamassada com Fundo Natural



1.5 Concreto com fundo natural

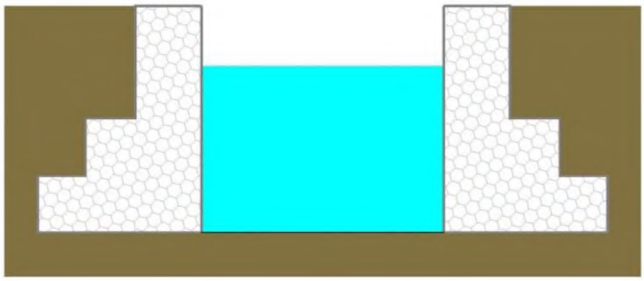


1.6 Concreto

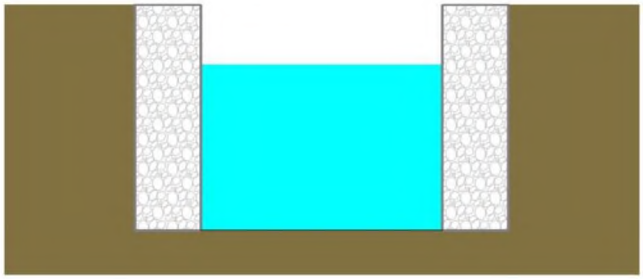


CANAL ABERTO RETANGULAR

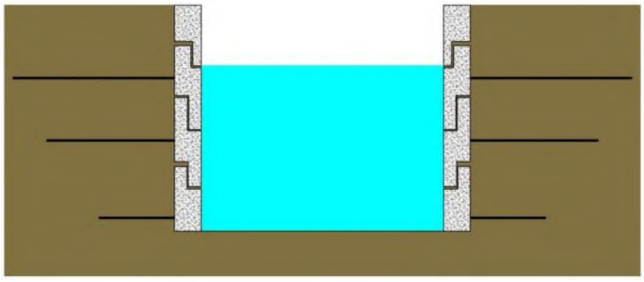
2.1 Gabião



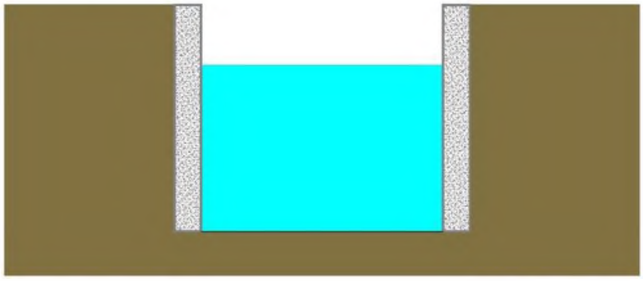
2.2 Pedra Argamassada



2.3 Concreto (Terra armada)

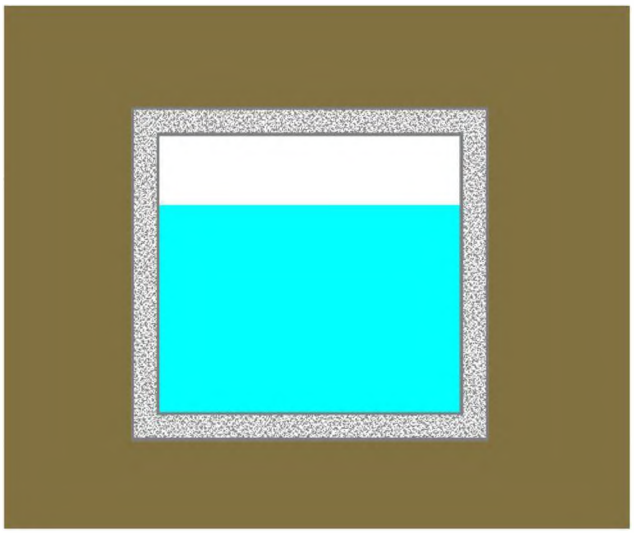


2.4 Concreto

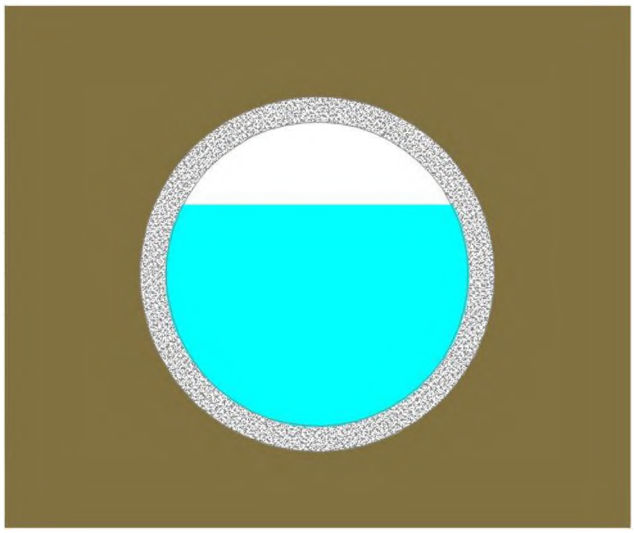


CANAL FECHADO

3.1 Retangular



3.2 Circular



DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Para o dimensionamento de canais foram utilizadas técnicas consagradas empregadas nos projetos de drenagem urbana para apresentar os conceitos básicos de hidráulica de canais.

A metodologia de estudo se baseia no cálculo do nível da água e velocidade do escoamento a partir da equação de Manning. A equação de Manning considera a velocidade média de um escoamento permanente e uniforme, válido quando as características hidráulicas h, Q e V são constantes no tempo (regime permanente) e ao longo do percurso (regime uniforme), em um canal aberto com declividade constante do fundo e da linha da água.

A equação de Manning considera a velocidade média de um escoamento permanente e uniforme em um canal aberto com declividade constante do fundo e da linha da água.

EQUAÇÃO DE MANNING:

$$V = \frac{(Rh)^{\frac{2}{3}}\, S^{1/2}}{n}$$

Sendo:
V = velocidade média, em m/s;
Rh = raio hidráulico, em m;
S = declividade média do conduto, em m/m;
n = coeficiente de rugosidade, tabelado.

O raio hidráulico é a razão entre a área e o perímetro molhado que são dados em função do nível de água (h) e do formato do canal.

$$Rh = \frac{Área\ Molhada}{Perímetro\ Molhado}$$

A seguir, a Tabela 4 apresenta as velocidades limites, em função do material das paredes do canal, e a Tabela 5 apresenta os coeficientes de rugosidade de Manning para diferentes canais.

Tabela 4. Velocidades limites, em função do material das paredes do canal.

Tipo de Canal	Velocidade (m/s)
Canal em areia muito fina	0,20 a 0,30
Canal em areia grossa pouco compactada	0,30 a 0,50
Canal em terreno arenoso comum	0,60 a 0,80
Canal em terreno silico-arenoso	0,70 a 0,80
Canal em terreno argiloso compactado	0,80 a 1,20
Canal em rocha	2,00 a 4,00
Canal de concreto	4,00 a 10,00

Fonte: Carvalho (2000).

Tabela 5. Coeficiente de rugosidade de Manning diferentes canais.

Material	Condição			
Natureza das paredes	Muito boa	Boa	Regular	Má Condição
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espraiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espraiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Mendes *et al.* (2001).

A partir da vazão de projeto e da velocidade limite definida é calculada a área necessária a partir da equação da continuidade:

EQUAÇÃO DE MANNING:

$$Q = A.V$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (m³/s);

A = Área (m²);

V = Velocidade do escoamento (m/s)

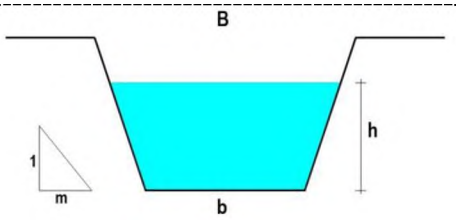
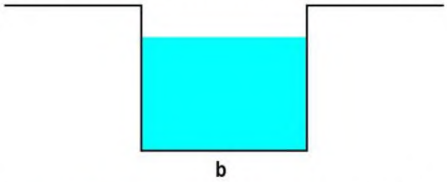
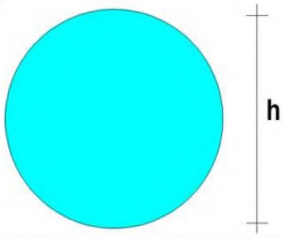
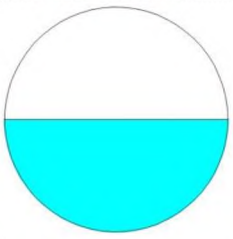
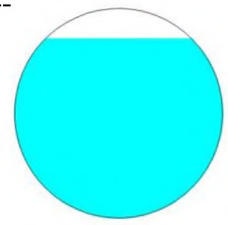
Substituindo V pela Equação de Manning:

$$Q = \frac{(Rh)^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \times A}{n}$$

Borda Livre:

Em canais deve-se manter uma borda livre mínima que corresponda a 10% da altura da lâmina da para a vazão de projeto, mas não inferior a 0,5 m. Para canais fechados > 0,20 m.

Para o dimensionamento de canais foram utilizadas técnicas consagradas empregadas usualmente em projetos de drenagem urbana. Todo o equacionamento apresentado se refere a escoamentos em regime uniforme e permanente, quando o a altura h, a vazão Q e a velocidade V são constantes no tempo, e ao longo do percurso, com o escoamento ocorrendo em condutos livres, nos quais parte do canal fica em contato com a atmosfera, com borda livre.

Geometria da Seção	Área Molhada (A_m)	Perímetro Molhado (P_m)	Raio Hidráulico (R_H)	Largura Superficial (B)
	$(b + mh)h$	$b + 2h\sqrt{1} + m^2$	$\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1} + m^2}$	$b + 2mh$
	$b \times h$	$b + 2h$	$\frac{b \times h}{b + 2h}$	b
	$\frac{\pi D^2}{4}$	πD^2	$\frac{D}{4}$	-
	$\frac{\pi D^2}{8}$	$\frac{\pi D^2}{2}$	$\frac{D}{4}$	-
	$0{,}7662 \times D^2$	$2{,}6467 \times D$	$0{,}2895 \times D$	-

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE CANAIS

- *Para todo projeto de canais deve ser realizada visita ao local da implantação da obra para reconhecimento da área.*
- *Na escolha da seção-tipo de projeto do canal deve-se considerar a disponibilidade de faixa para sua implantação.*
- *É necessário verificar a velocidade limite para o tipo de revestimento a ser empregado.*
- *É necessário verificar a elevação da linha d'água provocada pela perda de carga na jusante do canal.*
- *As obras de canalização devem ser realizadas de jusante para montante para evitar inundações e erosões em casos de precipitação intensa durante a obra.*
- *Na elaboração de um projeto de canalização devem ser analisadas as condições do entorno da obra, para evitar soluções localizadas, verificando os possíveis efeitos provocados pela sua implantação, tanto a montante quanto a jusante do trecho a ser realizado.*
- *Caso o trecho de jusante não tiver capacidade para absorver as vazões de cheias de projeto, deve ser incluída a implantação de bacias de detenção ou retenção.*
- *Deve-se analisar se a velocidade média do escoamento no final da canalização é compatível com canal receptor à jusante. Caso a velocidade seja superior aos limites permissíveis, devem ser previstas proteções do leito e/ou estruturas para dissipação de energia.*
- *O risco admitido no dimensionamento de um canal esta associado ao período de retorno a ser adotado e ao tempo de vida útil prevista para o empreendimento. Na análise de risco deve-se levar em conta não apenas o custo da obra, mas também os custos tangíveis e intangíveis provocados por eventos naturais de período de retorno superior ao utilizado.*

PLANTAS E DESENHOS

Além dos estudos e dimensionamento com memorial de cálculo de hidrologia e hidráulica da obra, devem ser apresentados, como conteúdo mínimo desenhos e plantas:

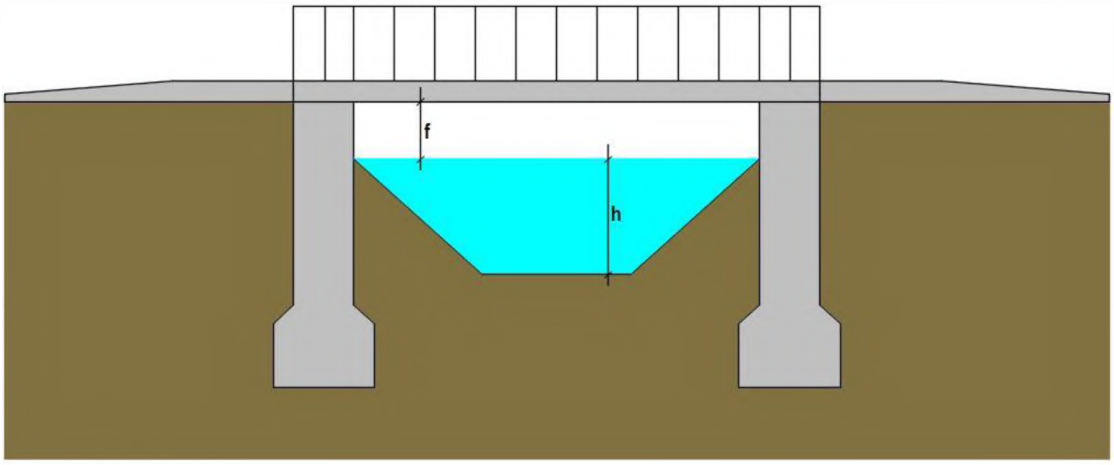
- *Canalização (traçado geométrico);*
- *Seções-tipo do canal*
- *Perfil longitudinal, contendo leito natural, fundo de projeto, margens esquerda e direita e linha d'água projetada.*
- *Detalhes*
- *Seções topobatimétricas do canal, com as seções de projeto.*

5.2. Travessias

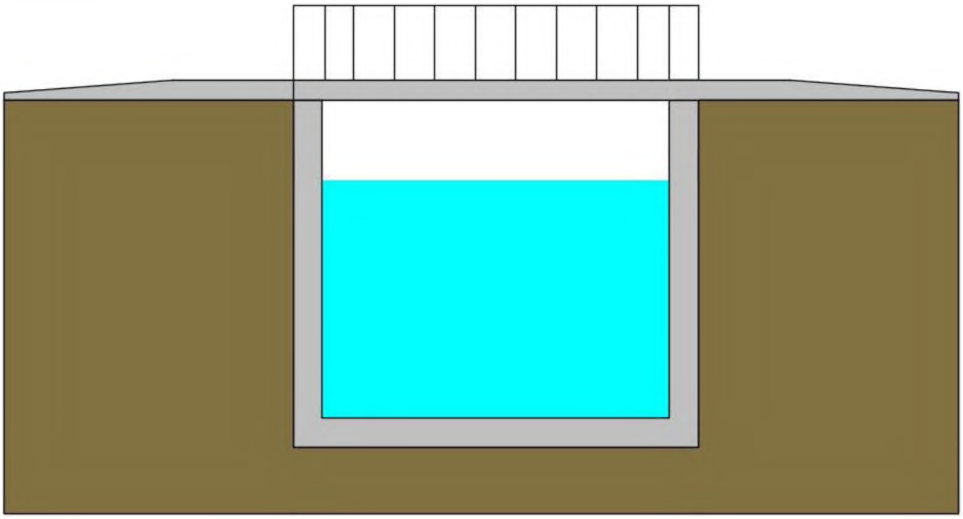
As travessias são estruturas que permitem a passagem de uma margem à outra de um corpo d'água de pessoas, animais, veículos, água, gás, combustíveis, energia elétrica, telecomunicações, por meio de pontes, condutos, túneis etc. As travessias podem ser áreas ou subterrâneas. As travessias áreas são passagens sobre o canal acima do nível d'água da vazão de cheia do projeto, assim como as travessias subterrâneas são passagens abaixo do corpo d'água. Já os bueiros são condutos utilizados para dar passagem às águas pluviais da drenagem superficial de uma rodovia, ou qualquer tipo de aterro.

PONTE E GALERIA

Ponte

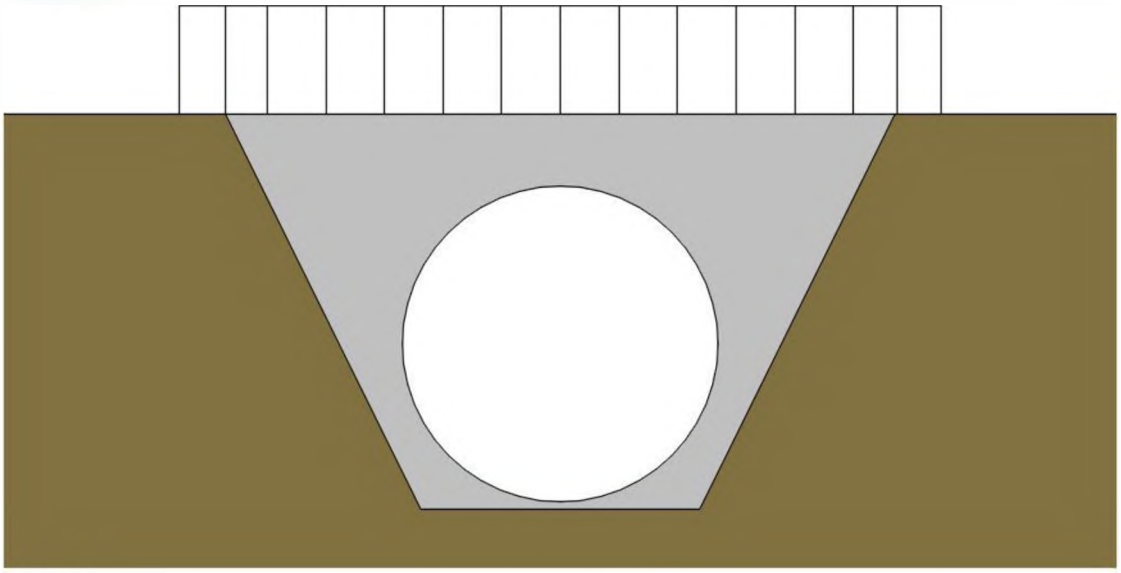


Galeria

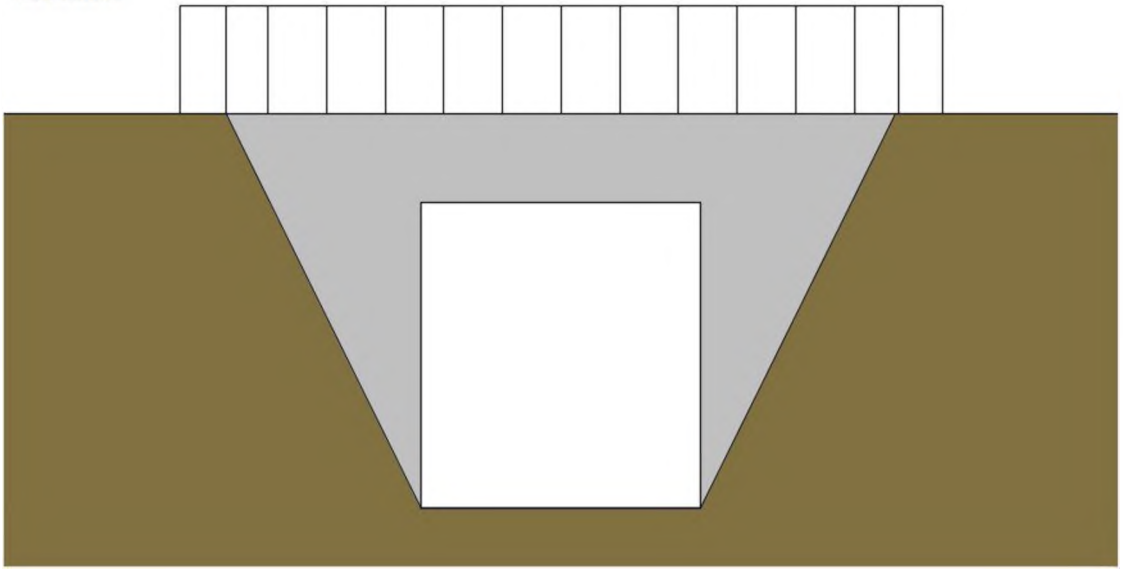


BUEIROS

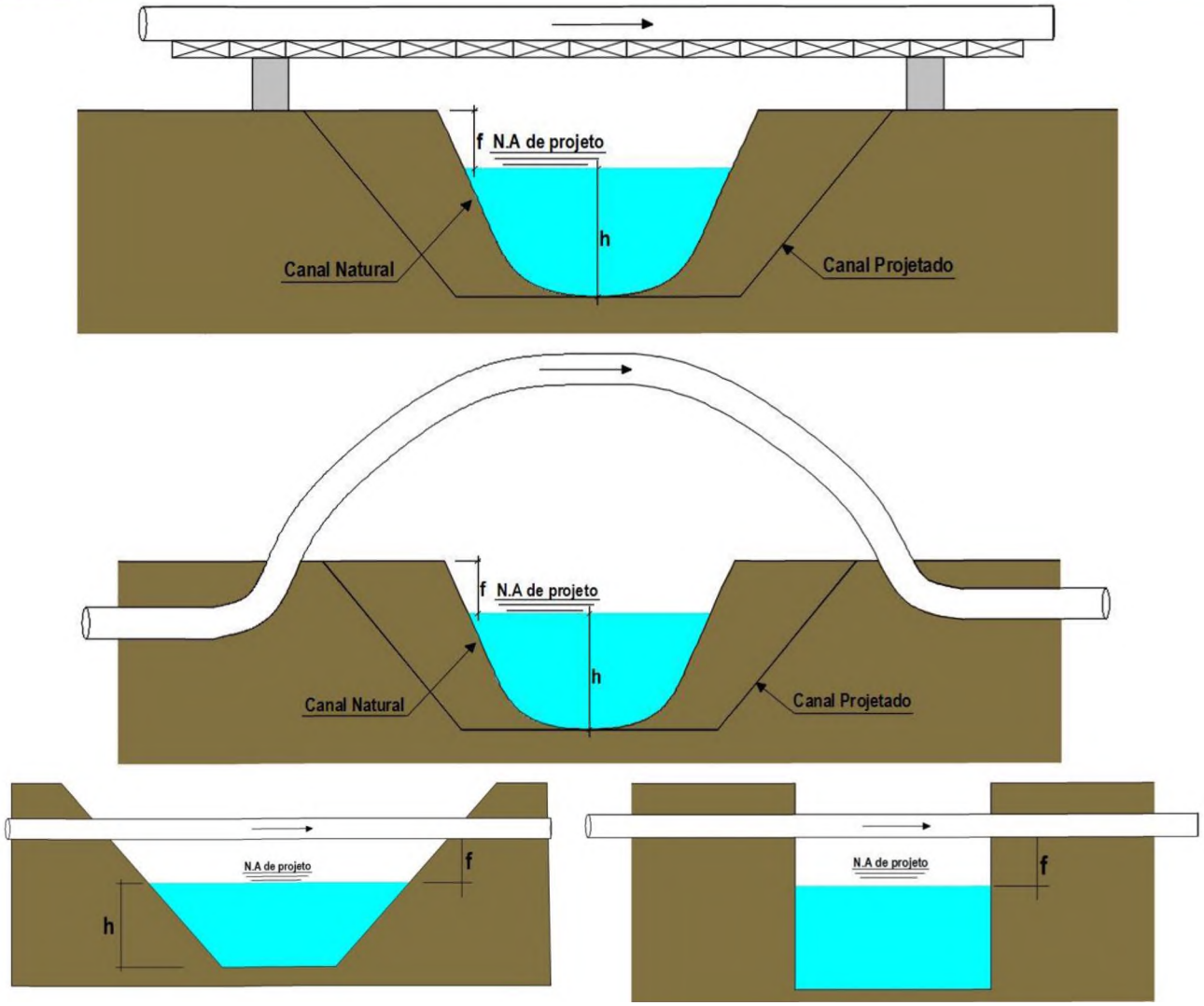
Bueiro



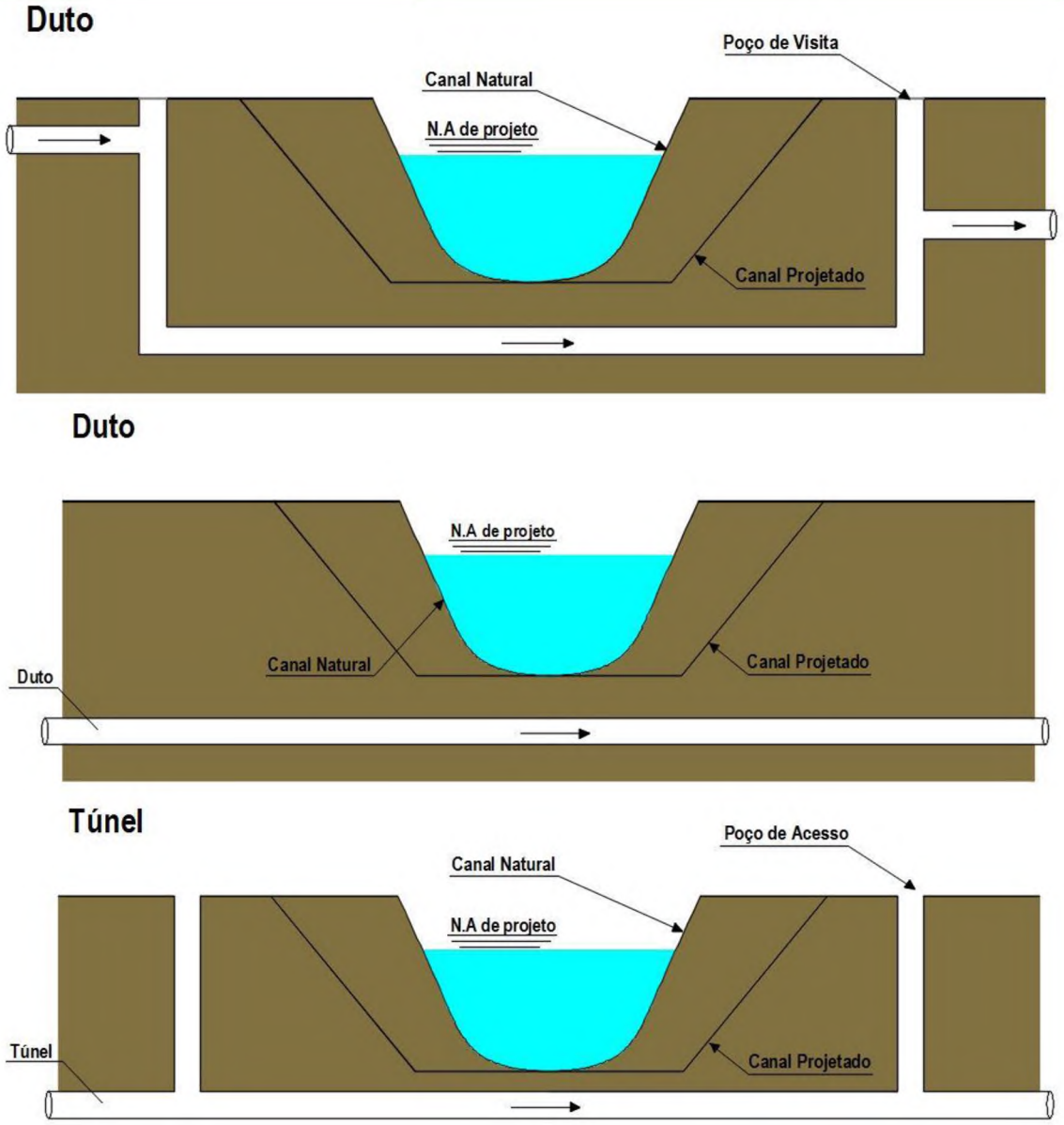
Bueiro



DUTOS


f N.A de projeto
h
Canal Natural
Canal Projetado
f N.A de projeto
h
Canal Natural
Canal Projetado
N.A de projeto
f
h
N.A de projeto
f

TRAVESSIAS SUBTERRANEAS



DIMENSIONAMENTO HIDRAULICO

O dimensionamento hidráulico de travessias deve seguir as mesmas técnicas empregadas no dimensionamento de canais, com análise em regime uniforme e permanente, utilizando as equações de Manning e da Continuidade para determinar a velocidade média e a vazão de projeto. Os coeficientes de rugosidade também devem ser observados, assim, quanto às velocidades máximas admissíveis em função do tipo de revestimento.

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA ANÁLISE HIDRÁULICA DE TRAVESSIAS

- *Em projetos de travessias é fundamental a análise e verificação das influências decorrentes de sua implantação, tanto a montante quanto a jusante da seção de projeto.*
- *Tubulações (adutora de águas e coletores de esgoto) cruzando canais pouco acima de lâmina d'água de vazões normais, que ficam submersas durante as cheias obstruindo e prejudicando o escoamento, não são recomendadas para projetos de canalização.*
- *O nível d'água na travessia na cheia de projeto deve ser compatível com as cotas das margens do canal e da várzea a montante, ou seja, a implantação da travessia não deve provocar inundações a montante.*
- *Os níveis d'água do canal devem ser compatíveis, tanto a montante quando à jusante.*
- *A borda livre (freeboard) mínima deve ser a mesma descrita para o dimensionamento de canais,*
- *Quando a seção da travessia não obedecer à mesma geometria da seção transversal do canal, devem-se prever trechos de transição na canalização à montante e a jusante da travessia.*
- *Os projetos de travessias de qualquer tipo, aéreas ou subterrâneas, devem levar em consideração as possíveis necessidades futuras de ampliação da seção do curso d'água que atravessam.*
- *No caso de pontes, não devem ser projetadas vigas com a face inferior abaixo das margens do canal, em virtude da diminuição da capacidade hidráulica da seção da travessia. Também deve-se evitar a implantação de pilares na calha do curso d´água, deixando a seção do canal totalmente livre para o escoamento.*

PLANTAS E DESENHOS

Além dos estudos e dimensionamento com memorial de cálculo de hidrologia e hidráulica da obra, devem ser apresentados, como conteúdo mínimo desenhos e plantas:

- *Implantação da obra da travessia;*
- *Gabarito da travessia;*
- *Seções-tipo do canal*
- *Perfil longitudinal*
- *Detalhes*
- *Seções topobatimétricas do canal.*

5.3. Vazão de Pré-Urbanização

A implantação empreendimentos e loteamentos poderá causar o aumento de áreas impermeáveis na sub-bacia. Por isso, para novos loteamentos é necessário o cálculo da vazão de pré-desenvolvimento, isto é, a vazão que corresponde às condições mais próximas da situação natural. Um novo empreendimento não deverá gerar vazão maior que a vazão antes da implantação do empreendimento. Desta forma, a vazão máxima de pré-urbanização deverá ser mantida.

VAZÃO ESPECÍFICA DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO:

$$qn = \frac{Q}{A}$$

Onde:

qn = vazão específica de pré-dimensionamento (l/s.ha);

Q = vazão máxima de pré-urbanização (l/s);

A = área da bacia (ha).

Para cada sub-bacia estudada, é apresentada a vazão específica. Sendo assim, toda ocupação que resulte em superfície impermeável na sub-bacia deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de águas pluviais menor que vazão específica da sub-bacia. A vazão específica de cada sub-bacia esta apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Vazão específica de pré e pós-urbanização para cada sub-baica.

Sub-bacia	Pré-urbanização q_n (l/s.ha)	Pós-urbanização q_n (l/s.ha)
Alto Antas	20,85	36,64
Bonito	24,09	25,43
Cascata	22,81	26,23
Do Meio	23,23	29,37
Pereiras	38,82	75,60
Médio Antas	29,92	52,89
Nhapindazal	21,08	40,40
Baixo Antas	13,87	18,22
Riozinho	12,48	17,29

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

A vazão máxima de saída é calculada multiplicando-se a vazão específica pela área do terreno em hectares. As vazões que excederem a vazão máxima de pré-urbanização devem ser armazenadas em reservatórios dimensionados para conter os volumes específicos de controle.

VAZÃO MÁXIMA DE SAÍDA E VAZÃO EXCEDENTE

$$Qmax = qn \times A$$

$$Q_{excedente} = Q_{pós-urbanização} - Q_{pré-urbanização}$$

Onde:
Qmax = Vazão máxima de saída;
qn = vazão específica de pré-dimensionamento (l/s.ha);
A = área da bacia (ha);

O cenário de pré-urbanização é aquele no qual se deve buscar manter as vazões de projeto das bacias urbanas no sentido de evitar que sejam transferidos para jusante os impactos do projeto. Consequentemente, as vazões de pré-urbanização correspondem às máximas vazões de projeto.

5.4. Volume Específico de Controle

O volume de controle específico, ou seja, por unidade de área, pode ser estimado com base na equação:

VOLUME ESPECÍFICO DE CONTROLE:

$$v = \frac{V}{A} = Q \times 60t$$

Onde:
V= é o volume em l/há;
Q = é a vazão resultante estimada no item anterior;
t = duração em minutos.

5.5. Poço de Infiltração

Poços de infiltração são dispositivos que permitem a liberação do escoamento superficial diretamente para o solo. Podem ser construídos com preenchimento com brita, ou com revestimento estrutural.

É uma técnica alternativa de medida de controle na fonte para a redução e amortecimento dos picos de escoamento superficial de uma área, integrando-se às solução urbanísticas. É preciso ter cuidado no dimensionamento pois o poço possui pequena capacidade de armazenamento, mas associa-se muito bem com outras medidas de controle.

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA PROFUNDIDADE DO POÇO DE INFILTRAÇÃO

Para o pré-dimensionamento, fixa-se o diâmetro D do poço para determinar sua profundidade H. A vazão de saída de projeto, por metro linear de poço, é dada pela capacidade de absorção do solo multiplicada pela área interna do poço. A partir da equação IDF de Fendrich e Freitas (1989) uma expressão aproximada do volume máximo de acumulação no poço é dada por:

VOLUME MÁXIMO DE ACUMULAÇÃO NO POÇO:

$$V = (7{,}11\sqrt{\beta}T^{0{,}129} - 0{,}64\sqrt{\gamma}\sqrt{H}\sqrt{q_s})^{2}$$

Onde:
V = volume de acumulação sobre a área em planta do poço (mm);
β = coeficiente adimensional dado pelo coeficiente de escoamento multiplicado pela razão entra a área contribuinte e a área do dispositivo;
T = tempo de retorno (anos);
H = profundidade média, em mm, da camada de armazenamento do dispositivo;
Y = razão entre a área de percolação e a área do dispositivo em planta, dividida por H por mm;
qs = vazão de saída constante do dispositivo (mm.h-1).

O valor a ser encontrado é o de H, ou seja, a profundidade do poço de infiltração. Admite-se como conhecido o diâmetro D do poço.

PARA O POÇO:

$$\beta = \frac{4CA}{\pi\ D^2}$$

Onde:

A = área contribuinte do poço (m²)

C = coeficiente de escoamento da área contribuinte

D = diâmetro do poço (m)

$$\gamma = \frac{4\pi D}{\pi D^2} = \frac{4}{D}$$

Onde:

D = diâmetro do poço (mm).

Para os poços, capacidade de infiltração do solo é o elemento básico de projeto. A vazão de saída q_s, é calculada pelo produto da condutividade hidráulica saturada (*Ksat*) do solo por um coeficiente redutor α devido à colmatação.

PARA A VAZÃO DE SAÍDA:

$$q_s = \alpha\ K_{sat}$$

Onde:

- A condutividade hidráulica saturada Ksat deve ser determinada através de ensaios de infiltração.
- Valores recomendados de α situam-se entre 0,1 e 0,5.

Por fim, para o cálculo da profundidade do poço de infiltração, a equação γ introduzida na equação de V resulta em:

PARA A PROFUNDIDADE DO POÇO DE INFILTRAÇÃO:

$$\eta = (k_1 - k_2\sqrt{H})^2$$

Onde:

ηH = V;

η = porosidade do material de enchimento do poço;

k1 = $7{,}11\beta^{0,5}\ T^{0,129}$;

k2 = $0{,}64Y^{0,5}\ qs^{0,5}$.

Desta forma, a solução, para a profundidade H do poço, em cm, é:

$$H = \frac{1}{10}\left[\frac{k_1\left(k_2 - \sqrt{\eta}\right)}{\eta - K_2{}^2}\right]^2$$

A profundidade H refere-se apenas ao horizonte permeável. A profundidade real do poço pode ser maior pela presença de camada superficial impermeável.

A Figura 11 apresenta um desenho esquemático de um poço de infiltração preenchido com brita. A seguir, são apresentadas as diretrizes orientadoras e recomendações para projeto e dimensionamento de poços de infiltração, além de um exemplo de pré-dimensionamento de um poço com base na metodologia apresentada anteriormente.

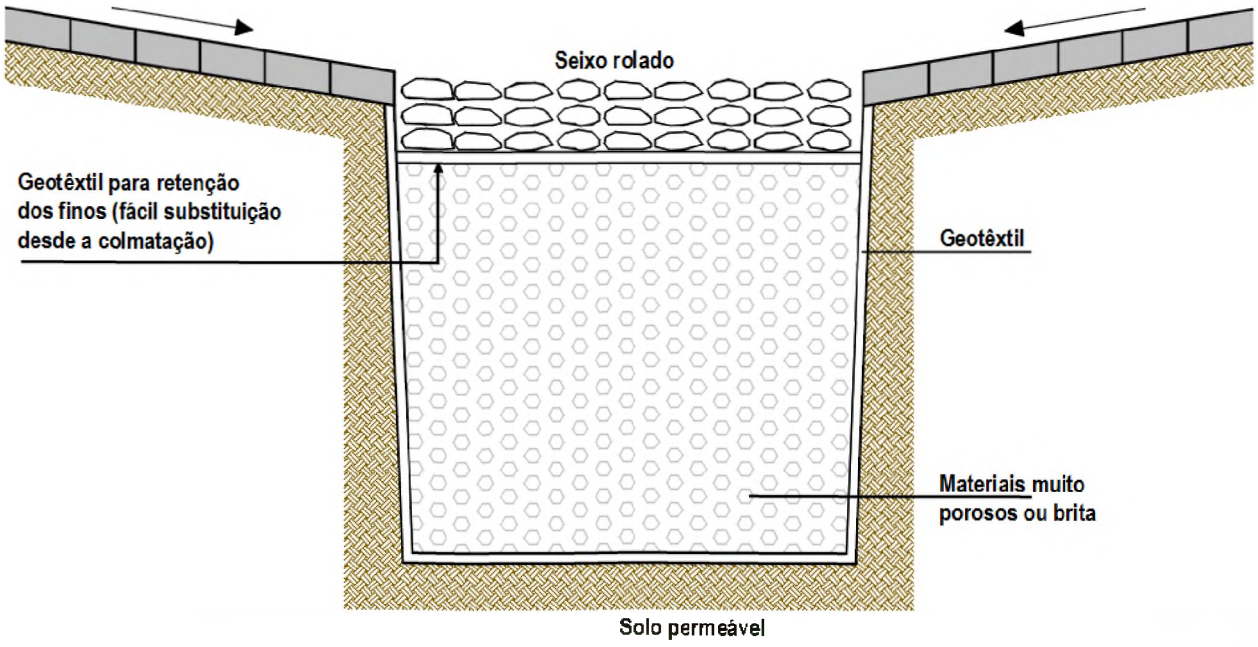


Figura 11. Poço de infiltração preenchido com brita.

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO

A viabilidade de um poço de infiltração depende da capacidade do subsolo de absorver a água da chuva armazenada.

Existem 2 tipos de poços:

- ***Poço de infiltração:*** *situam-se acima do nível freático e esgotam-se por absorção da camada não saturada do solo; e*
- ***Poço de injeção:*** *adentram o freático e esgotam a água armazenada diretamente na zona saturada do solo.*

Para as condições hídricas do subsolo deve ser observado:

- *Se o subsolo tem permeabilidade suficiente*
- *Se o poço não está situado dentro de uma área proibida quanto ao risco de poluição do solo e freático*
- *Se não há risco de poluição crônica ou acidental significativa, caso a área não seja proibida*
- *Se o subsolo suporta a presença de água sem desestruturar-se*
- *Se o aporte de sedimentos finos e poluição não é excessivo*

A violação de qualquer uma das condições acima impede a implantação de um poço de infiltração ou de injeção. Caso todas as condições acima sejam atendidas e ainda o nível freático máximo fique ao menos 1 metro abaixo da base do poço, o dispositivo indicado é o poço de infiltração. Caso contrário, deve-se implantar um poço de injeção, mas desde que água pluvial seja de boa qualidade.

EXEMPLO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE POÇO DE INFILTRAÇÃO

Considerar um poço de infiltração para absorver um escoamento com o tempo de retorno de dois anos gerado em um lote com 500 m² e área impermeabilizada de 40%.

Inicialmente, devem ser realizadas as análises para este tipo de dispositivo de controle na fonte:

- *Permeabilidade do solo compatível;*
- *Nível freático máximo a um metro abaixo da base da base do poço;*
- *Solo e subsolo resistente à desestruturação em presença de água;*
- *Risco inexistente de poluição das águas subterrâneas; e*

- *Aporte não significativo, ou controlado a montante, de sedimentos e poluição ao dispositivo.*

O pré-dimensionamento é feito com a pré-fixação do diâmetro D do poço e o cálculo de sua profundidade H de infiltração (a infiltração pelo fundo é desconsiderada, pela rápida colmatação). A escolha do valor de D feita pelo projetista, mas deve-se evitar poços muito profundos por questões de custo de escavação. Neste exemplo, optou-se por empregar D = 3,0 m.

Se o poço projetado for raso, ou seja, com H pequeno em relação a D, pode-se diminuir D e refazer os cálculos.

Primeiramente devem ser definidos os parâmetros

$$\beta = \frac{4CA}{\pi D^2}$$

Onde:

A = 500 m² (área contribuinte ao poço);

C = coeficiente de escoamento ponderado da área contribuinte;

D = 3,0 m (diâmetro do poço).

No cálculo do coeficiente C de escoamento ponderado da área, considerou-se o valor de 0,95 para a parcela impermeabilizada do lote (200 m²) e 0,20 para a parcela com grama (60% da área, ou seja, 300 m²).

$$C = \frac{0{,}95 \times 200 + 0{,}20 \times 300}{500} = 0{,}50$$

Com os valores acima, obtém-se metro **β = 35,36**. O valor de γ, é dado por:

$$\gamma = \frac{4\pi D}{\pi D^2} = \frac{4}{D}$$

No cálculo de γ o diâmetro D deve estar com a unidade de mm, assim:

$$\gamma = \frac{4}{3000} = \mathbf{0{,}00133\ mm^{-1}}$$

A seguir, define-se qs que é o produto da permeabilidade Ksat do solo e de um fator redutor α devido à colmatação. Para este exemplo, o ensaio de campo indicou uma permeabilidade de 30 mm/h e uma análise das condições locais permitiu usar α = 0,25.

$$q_s = \alpha K_{sat}$$

$$q_s = 0{,}25 \times 30 = 7{,}5\ mm/h$$

Assim, os fatores k1 e k2 são calculados:

$$k_1 = 7{,}11\beta^{0{,}5}T^{0{,}129} = 7{,}11 \times 35{,}36^{0{,}5} \times 2^{0{,}129} = \mathbf{46{,}23}$$

$$k_2 = 0{,}64\gamma^{0{,}5}qs^{0{,}0{,}5} = 0{,}64 \times 0{,}00133^{0{,}5} \times 7{,}5^{0{,}5} = \mathbf{0{,}064}$$

Preenchendo-se o poço de infiltração com brita de porosidade η = 0,30, o valor da altura H, em cm, é dado pela equação:

$$H = \frac{1}{10}\left[\frac{k_1\left(k_2 - \sqrt{\eta}\right)}{\eta - {K_2}^2}\right]^2 = \mathbf{571\ cm}$$

Neste exemplo, a profundidade se mostrou excessiva com mais de 5 metros, desta forma poderia ser aumentado o diâmetro D para 4,0 m e refazer os cálculos.

Para esse diâmetro estão apresentados os resultados dos parâmetros intermediários que se modificam e o novo valor de H.

$$\beta = \mathbf{19{,}89}$$

$$\gamma = \mathbf{0{,}001\ mm^{-1}}$$

$$k_1 = 7{,}11\beta^{0{,}5}T^{0{,}129} = 7{,}11 \times 19{,}89^{0{,}5} \times 2^{0{,}129} = \mathbf{34{,}68}$$

$$k_2 = 0{,}64\gamma^{0{,}5}qs^{0{,}0{,}5} = 0{,}64 \times 0{,}001^{0{,}5} \times 7{,}5^{0{,}5} = \mathbf{0{,}0554}$$

$$\boldsymbol{H = 331\ cm \cong 3{,}3\ m}$$

Este valor é mais razoável, pois o poço não fica nem muito raso nem muito profundo. O fundamental é que a camada de solo na profundidade H tenha a permeabilidade. O volume d'água armazenado é de:

$$V = \eta H \pi \frac{D^2}{4}$$

O poço com **D = 4,0 m** ocuparia uma área de **12,57 m²**, ou seja apenas 2,5% da área do lote, com a vantagem de poder incorporar-se paisagisticamente, sem o sentimento de perda de espaço.

Para chuvas maiores que a chuva de projeto (períodos de retorno maiores), deve-se prever o redirecionamento do excesso que não infiltra no poço para um destino (rede pluvial ou outro dispositivo de controle).

5.6. Microreservatório

O microrreservatório trata-se de um dispositivo de pequeno porte sendo essencialmente uma medida de controle para lotes individuais. São pequenos reservatórios construídos reter a água da chuva em lotes urbanos

Em geral, são estruturas simples na forma de caixas de concreto, alvenaria ou outro material, ou são escavados no solo, preenchidos com brita, e isolados do solo por tecido geotêxtil. Os microrreservatórios podem ser de detenção, tendo um dispositivo de saída tipo que restringe a vazão efluente até um limite, ou de infiltração no solo.

PRÉ-DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

O volume de reservação necessário pode estimado a de duas alternativas de dimensionamento.

PARA O VOLUME DE RESERVAÇÃO:

$$v = \mathrm{Q} \times 60\mathrm{t}$$

Onde:
V= é o volume em l/há;
Q = é a vazão resultante; e
t = duração em minutos.
ou

$$V = 0{,}5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times tb \times 60$$

Onde:

V = Volume do reservatório em m³;

Qpré = vazão de pré-urbanização em m³/s;

Qpós = vazão de pós-urbanização em m³/s;

tc = tempo de concentração (min); e

tb = 3 x tc.

Os microrreservatórios para lotes com menos de 600 m², tiveram maior aplicação na Austrália, com volumes de reservação tipicamente entre 200 e 500 m³ por hectare (Nicholas, 1995).

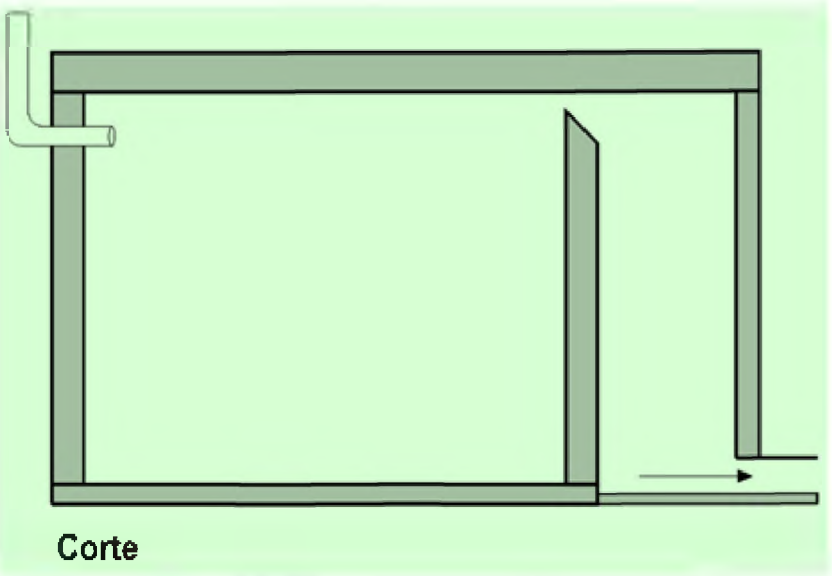


Figura 12. Esquema de corte de reservatório.

ESTRUTURAS DE SAÍDA

As dimensões das estruturas de descarga consistem simplesmente na determinação da área e do número de orifícios (AGRA, 2001). De acordo com Porto Alegre (2005) para o cálculo da seção do orifício de saída:

$$A_C = \frac{0{,}37 \times Q_{pré}}{\sqrt{h_c}}$$

Onde:

$Q_{pré}$ = Vazão de pré-urbanização em m³;

h_c = diferença entre o nível máximo da água e o baricentro da seção de saída em m;

A_C = área da seção transversal do descarregador em m²

O coeficiente de descarga representa as perdas de carga contínuas e localizadas e, a bibliografia clássica recomenda para orifícios em geral o valor médio de Cd de 0,61 e para bocais Cd de 0,82 (DRUMOND, 2012). Além disso, deve ser considerado um vertedor de emergência para extravasar a água em casos de eventos de chuva que superem o volume projetado.

PARA O COMPRIMENTO DA PAREDE DO VERTEDOR

$$L_V = \frac{Q_v}{K \times C_D \times (h_{\max})^{1,5}}$$

Onde:

L_V = Comprimento da crista do vertedor (m);

Q_v = Vazão de descarga do vertedor, determinada na vazão da sub-bacia (m^3);

h_{max} = carga sobre o vertedor (m);

C_D = coeficiente de descarga do vertedor.

A recomendação é que seja usado para paredes espessas coeficiente de descarga Cv = 0,86 e constante K = 1,704; para paredes delgadas é utilizado Cv = 0,64 e K = 2,95.

ANÁLISE DA TOPOGRAFIA

Esta variável não é restritiva à implantação de microrreservatórios nos locais onde o solo apresenta condições favoráveis à infiltração. Os volumes armazenados não necessitariam ser escoados por gravidade para a rede de drenagem do arruamento, portanto os fundos dos microrreservatórios podem estar abaixo do ponto de lançamento das águas pluviais na rede de drenagem publica.

Nos casos em que o solo não apresenta condições favoráveis à infiltração, a topografia não é restritiva apenas se o volume for bombeado, porém essa alternativa elevaria os custos. Apesar disto, é interessante avaliar a restrição topográfica na hipótese de o solo não apresentar boa infiltração.

Neste segundo caso, o dimensionamento dos microrreservatórios tem a rede pública de drenagem pluvial como uma limitação relevante, haja vista que a altura destes dispositivos de controle depende da localização da rede e, portanto, da não necessidade de uma estação elevatória para a drenagem do lote (AGRA, 2001).

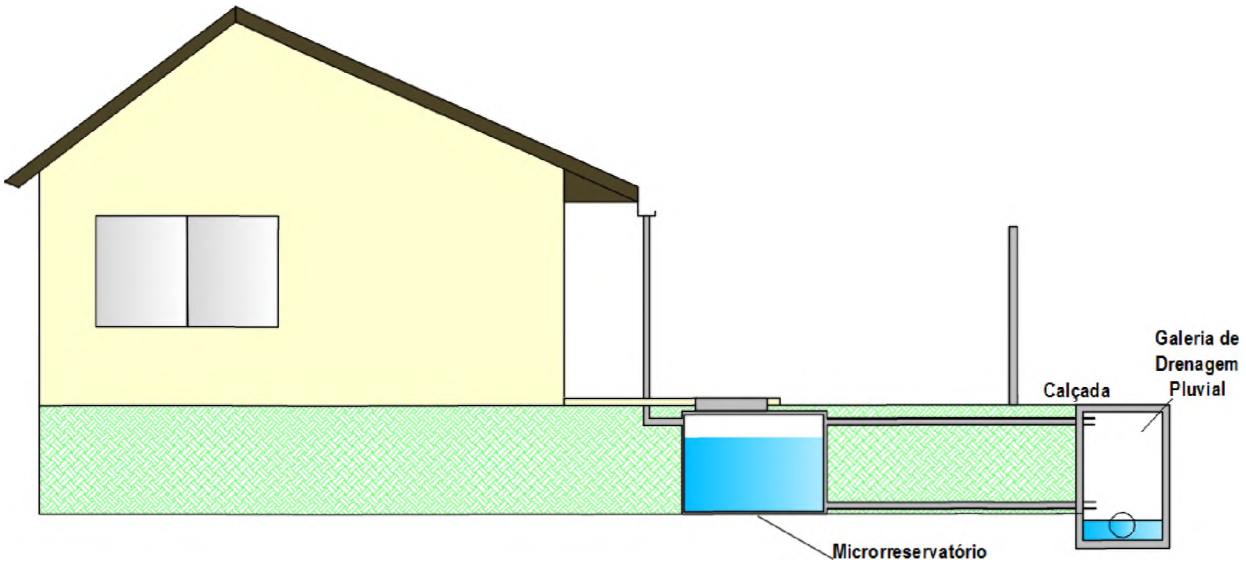


Figura 13. Croqui de funcionamento de um microrreservatório enterrado.

A Legislação Federal garante que o vizinho que mora na região inferior do terreno tem a obrigatoriedade de dar uma servidão para que haja o escoamento da água da chuva até a rua de baixo.

Desde já, ratifica-se o entendimento de que o dono ou o possuidor do prédio inferior é obrigado a receber as águas que correm naturalmente do superior, não podendo aquele realizar obras que embaracem o seu fluxo.

Ressalta-se que a condição natural do terreno inferior também não pode ser agravada por obras realizadas pelo dono do prédio superior, consoante determinação do artigo 1.288 do Código Civil e artigo 69 do Código de Águas.

> *Art. 1.288. Código Civil: O dono ou o possuidor do prédio inferior é obrigado a receber as águas que correm naturalmente do superior, não podendo realizar obras que embaracem o seu fluxo; porém a condição natural e anterior do prédio inferior não pode ser agravada por obras feitas pelo dono ou possuidor do prédio superior.*
>
> *Art. 69. Código de Águas: Os prédios inferiores são obrigados a receber as águas que correm naturalmente dos prédios superiores.*

Neste sentido, é notória a legislação no sentido de coibir que o proprietário do prédio superior ou inferior, onde caem as águas pluviais, altere ou venha a obstar o seu curso natural.

Em termos práticos, nos casos que ocorrerem esta situação, primeiro deverá ser consultado um profissional responsável para orientação e em seguida uma conversa com o vizinho de baixo para solicitar a permissão para utilizar ou fazer dessa servidão a passagem da tubulação. A servidão pode ser feita em comum acordo, se não houver esse consenso o custo para fazer a servidão na tubulação é de quem tem o lote em declive.

Outra situação que pode ocorrer é que o vizinho de baixo construa antes que o vizinho de cima, ou seja, o que está na parte inferior inicie sua obra antes da parte superior. É aconselhável que sabendo que um dia haverá construção acima com a geração um volume de água que deverá passar pelo seu terreno, o ideal é que já seja disponibilizada uma rede passando próxima do seu muro lateral até o muro do fundo. Evitando assim que o seu vizinho de fundos quando construir tenha que quebrar o seu piso para a passagem de tubulação até o meio fio. Isso é uma medida que garante que não haverá problemas entre o vizinho de baixo e o vizinho de cima.

VALORES DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO

A seguir são apresentados valores calculados como exemplo para cada sub-bacia pelos dois métodos de cálculo demonstrados anteriormente.

Tabela 7. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia Alto Antas.

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	2,26	3,39
500	5,65	8,47
1.000	11,30	16,95
1.500	16,95	25,42
2.000	22,60	33,89
3.000	33,89	50,84
4.000	45,19	67,79
5.000	56,49	84,73
10.000	112,98	169,47
15.000	169,47	254,20
16.000	180,76	271,15
17.000	192,06	288,09
18.000	203,36	305,04
19.000	214,66	321,99

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
20.000	225,95	338,93
30.000	338,93	508,40
40.000	451,91	677,86
50.000	564,89	847,33
60.000	677,86	1.016,80
70.000	790,84	1.186,26
80.000	903,82	1.355,73
90.000	1.016,80	1.525,20
100.000	1.129,77	1.694,66

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 8. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Rio Bonito

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	0,15	0,22
500	0,37	0,55
1.000	0,73	1,10
1.500	1,10	1,65
2.000	1,47	2,20
3.000	2,20	3,30
4.000	2,93	4,40
5.000	3,67	5,50
10.000	7,34	11,00
15.000	11,00	16,51
16.000	11,74	17,61
17.000	12,47	18,71
18.000	13,21	19,81
19.000	13,94	20,91
20.000	14,67	22,01
30.000	22,01	33,01
40.000	29,35	44,02
50.000	36,68	55,02
60.000	44,02	66,03

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
70.000	51,36	77,03
80.000	58,69	88,04
90.000	66,03	99,04
100.000	73,37	110,05

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 9. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Rio Cascata

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	0,34	0,51
500	0,84	1,26
1.000	1,68	2,53
1.500	2,53	3,79
2.000	3,37	5,05
3.000	5,05	7,58
4.000	6,73	10,10
5.000	8,42	12,63
10.000	16,83	25,25
15.000	25,25	37,88
16.000	26,94	40,40
17.000	28,62	42,93
18.000	30,30	45,45
19.000	31,99	47,98
20.000	33,67	50,50
30.000	50,50	75,76
40.000	67,34	101,01
50.000	84,17	126,26
60.000	101,01	151,51
70.000	117,84	176,76
80.000	134,68	202,02
90.000	151,51	227,27
100.000	168,35	252,52

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 10. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Rio Do Meio

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	0,64	0,96
500	1,59	2,39
1.000	3,19	4,78
1.500	4,78	7,17
2.000	6,38	9,57
3.000	9,57	14,35
4.000	12,76	19,13
5.000	15,94	23,92
10.000	31,89	47,83
15.000	47,83	71,75
16.000	51,02	76,53
17.000	54,21	81,32
18.000	57,40	86,10
19.000	60,59	90,88
20.000	63,78	95,67
30.000	95,67	143,50
40.000	127,55	191,33
50.000	159,44	239,17
60.000	191,33	287,00
70.000	223,22	334,83
80.000	255,11	382,66
90.000	287,00	430,50
100.000	318,89	478,33

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 11. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Arroio dos Pereiras

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	2,70	4,05
500	6,74	10,11
1.000	13,48	20,23

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
1.500	20,23	30,34
2.000	26,97	40,45
3.000	40,45	60,68
4.000	53,93	80,90
5.000	67,42	101,13
10.000	134,84	202,25
15.000	202,25	303,38
16.000	215,74	323,61
17.000	229,22	343,83
18.000	242,70	364,06
19.000	256,19	384,28
20.000	269,67	404,51
30.000	404,51	606,76
40.000	539,34	809,01
50.000	674,18	1.011,27
60.000	809,01	1.213,52
70.000	943,85	1.415,77
80.000	1.078,68	1.618,03
90.000	1.213,52	1.820,28
100.000	1.348,35	2.022,53

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 12. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Médio Antas

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	1,81	2,72
500	4,53	6,79
1.000	9,06	13,59
1.500	13,59	20,38
2.000	18,12	27,18
3.000	27,18	40,77
4.000	36,24	54,35

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
5.000	45,29	67,94
10.000	90,59	135,88
15.000	135,88	203,83
16.000	144,94	217,41
17.000	154,00	231,00
18.000	163,06	244,59
19.000	172,12	258,18
20.000	181,18	271,77
30.000	271,77	407,65
40.000	362,36	543,53
50.000	452,95	679,42
60.000	543,53	815,30
70.000	634,12	951,19
80.000	724,71	1.087,07
90.000	815,30	1.222,95
100.000	905,89	1.358,84

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 13. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia Rio Nhapindazal

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	1,89	2,83
500	4,72	7,09
1.000	9,45	14,17
1.500	14,17	21,26
2.000	18,90	28,35
3.000	28,35	42,52
4.000	37,80	56,70
5.000	47,25	70,87
10.000	94,50	141,75
15.000	141,75	212,62
16.000	151,20	226,80

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
17.000	160,65	240,97
18.000	170,10	255,14
19.000	179,55	269,32
20.000	189,00	283,49
30.000	283,49	425,24
40.000	377,99	566,99
50.000	472,49	708,73
60.000	566,99	850,48
70.000	661,49	992,23
80.000	755,98	1.133,98
90.000	850,48	1.275,72
100.000	944,98	1.417,47

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 14. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Baixo Antas

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	0,66	1,00
500	1,66	2,49
1.000	3,32	4,98
1.500	4,98	7,46
2.000	6,64	9,95
3.000	9,95	14,93
4.000	13,27	19,91
5.000	16,59	24,88
10.000	33,18	49,76
15.000	49,76	74,65
16.000	53,08	79,62
17.000	56,40	84,60
18.000	59,72	89,57
19.000	63,03	94,55
20.000	66,35	99,53

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
30.000	99,53	149,29
40.000	132,70	199,05
50.000	165,88	248,82
60.000	199,05	298,58
70.000	232,23	348,34
80.000	265,41	398,11
90.000	298,58	447,87
100.000	331,76	497,64

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

Tabela 15. Valores de Pré-dimensionamento para a Sub-bacia do Riozinho

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
200	1,07	1,60
500	2,67	4,01
1.000	5,35	8,02
1.500	8,02	12,03
2.000	10,70	16,04
3.000	16,04	24,07
4.000	21,39	32,09
5.000	26,74	40,11
10.000	53,48	80,22
15.000	80,22	120,33
16.000	85,57	128,35
17.000	90,92	136,38
18.000	96,26	144,40
19.000	101,61	152,42
20.000	106,96	160,44
30.000	160,44	240,66
40.000	213,92	320,88
50.000	267,40	401,10
60.000	320,88	481,32
70.000	374,36	561,54

Área m²	Volume 1 (m³)	Volume 2 (m³)
80.000	427,84	641,77
90.000	481,32	721,99
100.000	534,80	802,21

Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2018).

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE MICRORRESERVATÓRIOS

- *O projeto detalhado de microrreservatórios deve considerar, além do cálculo dos dispositivos hidráulicos de saída, o aspecto sanitário ou de limpeza para evitar acúmulos de água e sujeiras por longo tempo, que poderiam favorecer o desenvolvimento de transmissores de doenças tropicais.*
- *Devem-se evitar aportes, por acidente ou não, de efluentes poluídos (esgoto cloacal, por exemplo) e/ou com muitos sedimentos.*

5.7. Bacias de Detenção

A bacia de detenção é um reservatório mantido seco nas estiagens, destinado a controlar o pico de vazão, liberando mais lentamente os volumes gerados e tem aplicação condomínios privados ou espaços públicos como parques e praças. Em loteamentos, a bacia de detenção tem como objetivo ampliar o controle de geração de escoamento superficial, e aliviar o sistema de macrodrenagem a jusante.

A bacia pode ser escavada ou feita a partir de uma pequena barragem de terra ou de concreto, aproveitando ou não depressões naturais do terreno. Para seu correto funcionamento necessita, a montante, de dispositivos como uma bacia de decantação e gradeamentos, contra a entrada de sedimentos e lixo. Na saída, além das estruturas da tomada d'água e tubulações um extravasor de emergência para verter vazões acima da de projeto.

Bacias de Detenção:

As bacias de detenção que se localizarem junto aos rios objetivam o controle de cheias, inseridas no planejamento de gestão por sub-bacias. Sendo assim, podem exigir estudos de simulação hidráulico-hidrológica mais amplos.

PRE-DIMENSIONAMENTO HIDRAULICO

O volume de reservação necessário para a bacia de detenção pode estimado a partir de três alternativas de dimensionamento. Com a equação IDF de Fendrich e Freitas (1989) uma expressão aproximada do volume máximo de acumulação necessário em uma bacia de detenção pode ser dada por:

VOLUME MÁXIMO DE ACUMULAÇÃO NECESSÁRIO EM UMA BACIA DE DETENÇÃO:

$$V = (22{,}48\sqrt{C}\,T^{0{,}129} - 1{,}21\sqrt{q_s})^2$$

Onde:

V = volume do reservatório em m³/há;

C = coeficiente de escoamento;

T = período de retorno em anos; e

qs = vazão de saída por sub-bacia em L/(s.ha).

Com o volume por unidade de área, pode-se estimar com as informações topográficas e de área da sub-bacia, a área inundada e o volume absoluto necessário. As outras duas alternativas são as mesmas apresentadas para o microrreservatório.

PARA O VOLUME DE RESERVAÇÃO:

$$v = \frac{V}{A} = \mathrm{Q} \times 60\mathrm{t}$$

Onde:

V= é o volume em l/há;

Q = é a vazão resultante; E

t = duração em minutos.

ou

$$V = 0{,}5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times tb \times 60$$

A Figura 14 apresenta um desenho esquemático de uma bacia de detenção. Outra alternativa para as bacias de detenção são as bacias de infiltração. Essas bacias são geralmente implantadas em áreas isoladas de terreno destinadas infiltração no solo das águas pluviais. A diferença dessas bacias é que elas possuem dispositivo de saída para esvaziamento. Por

segurança, devem conter vertedor de emergência e para preservação do fundo, um dreno enterrado no leito. As bacias de infiltração se adequam a locais com solos permeáveis e lençol freático profundo. A Figura 15 apresenta um desenho esquemático de uma bacia de infiltração.

Em áreas de lazer ou esportivas construídas, além das medidas de controle para lotes e edificações, também há a necessidade de medidas para gestão pluvial das quadras de esporte (Figura 16).

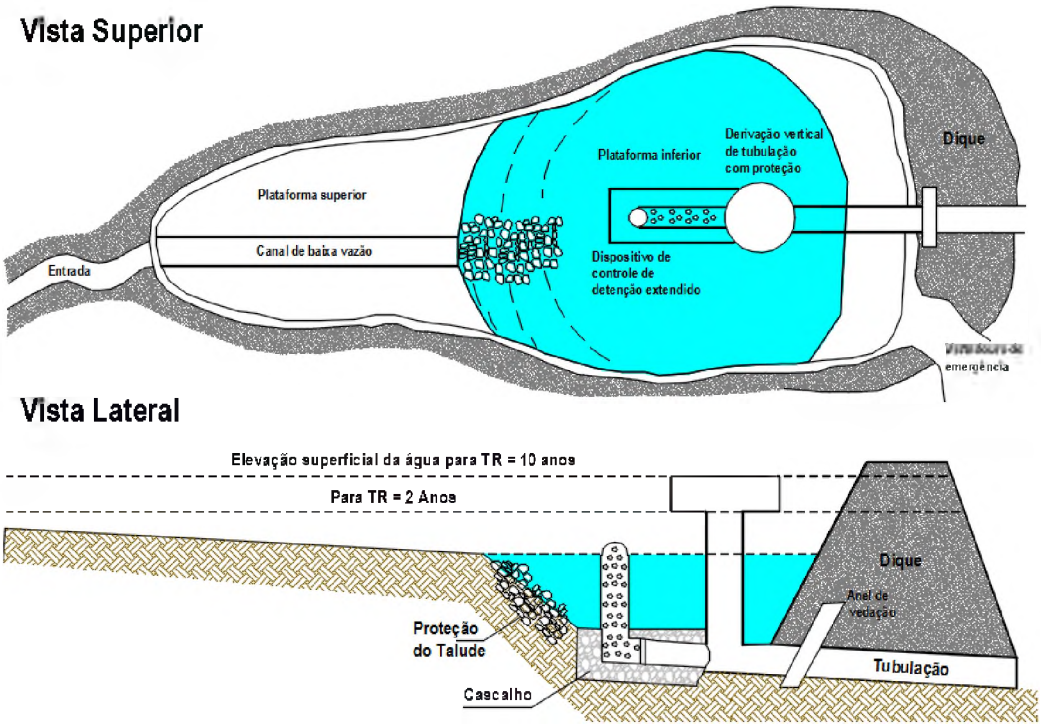


Figura 14. Bacia de Detenção.

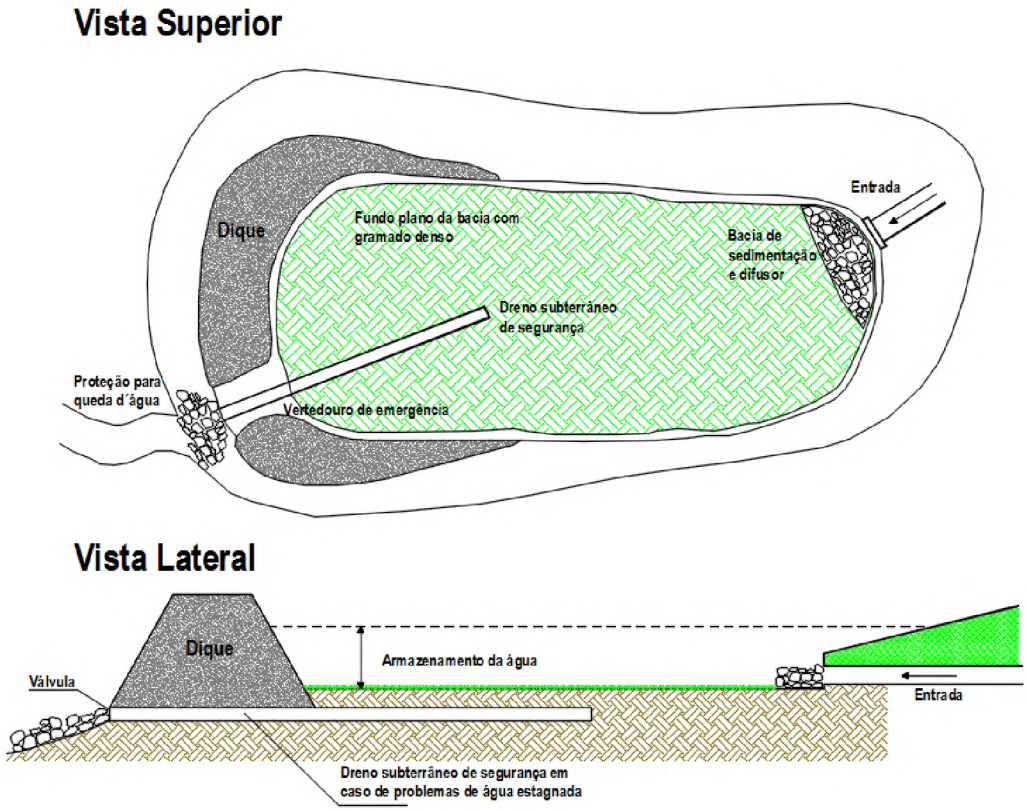
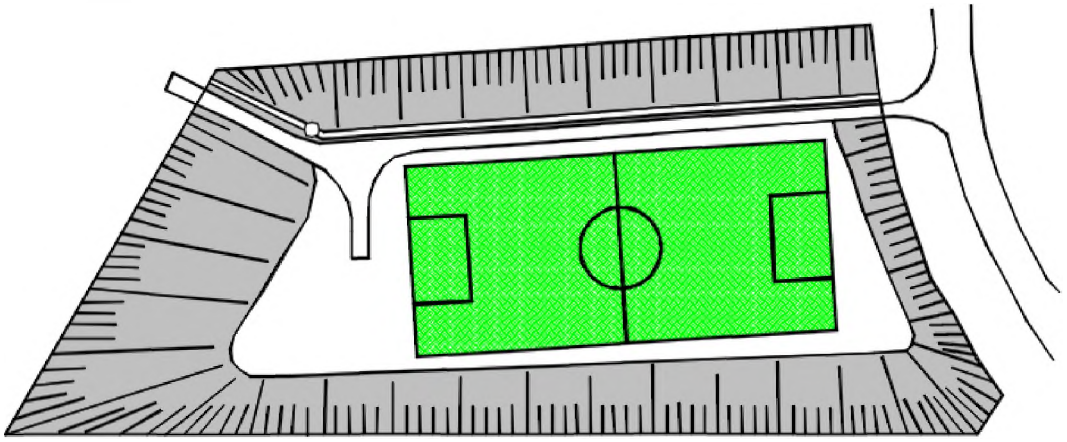


Figura 15. Bacia de Infiltração.

Vista Superior



Vista Lateral

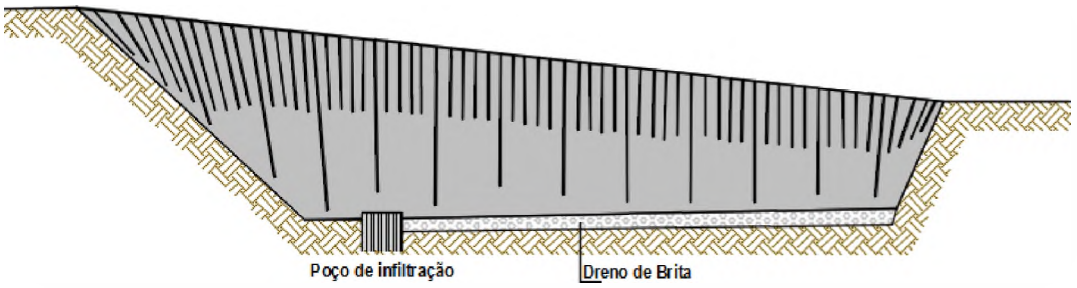


Figura 16. Bacia de Infiltração em campo de futebol.

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE DETENÇÃO

A viabilidade de uma bacia de detenção depende de várias condições:

- *Se não coloca em risco a vida de pedestres na hora de eventos de chuva;*
- *Se possui harmonia urbanística, paisagística e estética;*
- *Se há exutório definido;*
- *Se não há aporte excessivo de sedimentos e resíduos ou esgoto sanitário;*
- *Se não há perigo de veiculação de doenças veiculação hídrica;*
- *Se o solo é propício à presença de água;*
- *Se a bacia de detenção não será situada dentro de uma área proibida quanto ao risco de poluição do solo e freático.*

5.8. Bacias de Retenção

A exemplo da bacia de detenção, a bacia de retenção também tem aplicação em espaços abertos em bairros da cidade ou diretamente junto a cursos d´água urbanos (aplicação na macrodrenagem). É um reservatório construído para não secar entre um evento e outro, retendo a água em uma parcela da bacia. Essas estruturas, além do controle de cheias, servem também para a melhoria da qualidade das águas pluviais.

Na macrodrenagem tem a mesma função da bacia de detenção, mas com o objetivo de ampliar o controle das cheias no planejamento das sub-bacias.

PRÉ-DIMENSIONAMENTO HIDRAULICO

O cálculo do volume necessário é equivalente ao cálculo para as bacias de detenção. A Figura 17 apresenta um desenho esquemático de uma bacia de retenção.

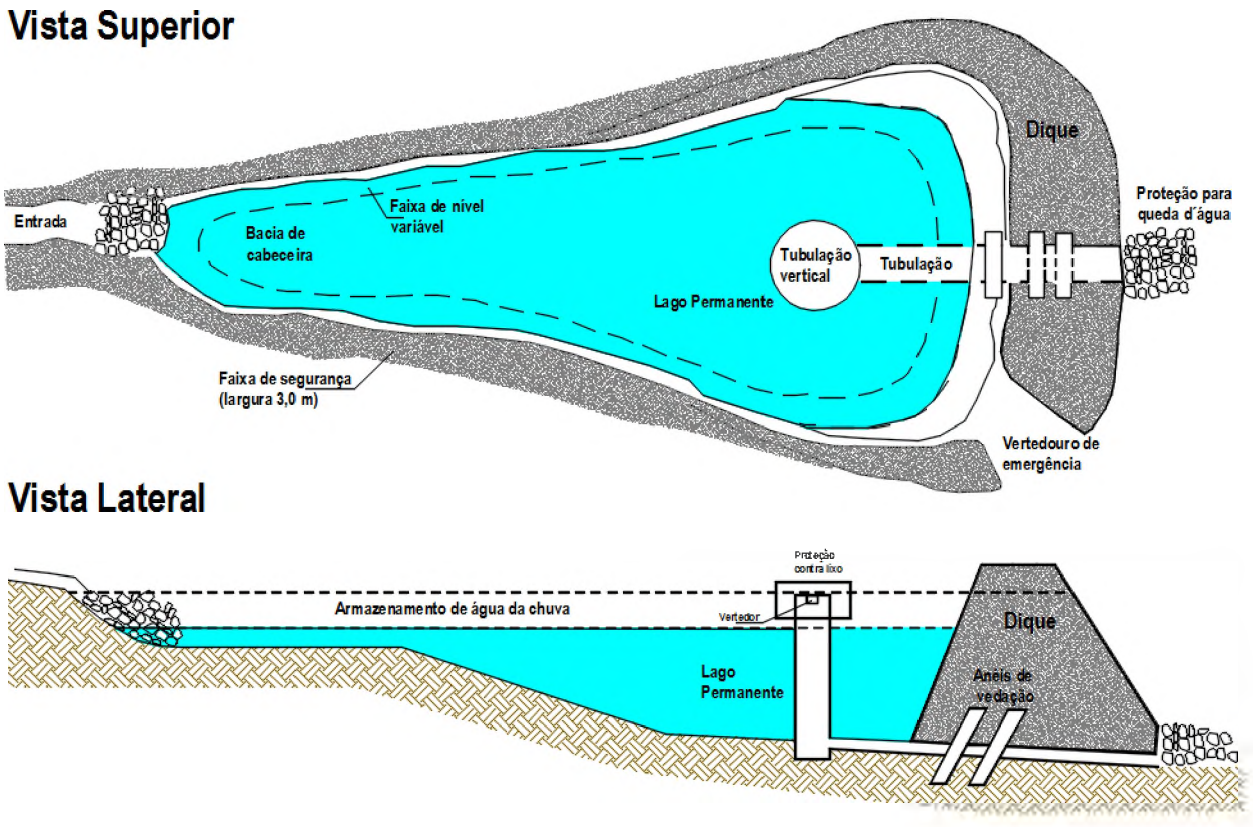


Figura 17. Bacia de Retenção.

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE BACIAS DE RETENÇÃO

A viabilidade de uma bacia de detenção depende de várias condições:

- *Se não coloca em risco a vida de pedestres na hora de eventos de chuva*
- *Se possui harmonia urbanística, paisagística e estética*
- *Se há exutório definido*
- *Se não há aporte excessivo de sedimentos e lixo.*
- *Se não há aporte de esgoto cloacal*
- *Se não há perigo de veiculação de doenças de contato hídrico*
- *Se o solo é propício à presença de água*
- *Se a bacia de detenção não será situada dentro de uma área proibida quanto ao risco de poluição do solo e freático*

O não atendimento de qualquer uma das condições acima desaconselha a implantação de uma bacia de detenção. Entretanto medidas adicionais devem ser implantadas, incluindo formas de proteção da população devido ao risco de inundação da área e formas de remoção de lixo e detritos.

5.9. Telhados Armazenadores

Os telhados armazenadores são medidas de controle compensatórias de edificações com impermeabilização inevitável. Funciona como um reservatório que armazena temporariamente a água das chuvas e a libera gradualmente para a rede pluvial, através de um dispositivo de regulação específico. Os telhados planos (na verdade, com pouca inclinação) são mais apropriados a este tipo de medida de controle, mas também há alternativas para telhados inclinados.

EXEMPLO DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM TELHADO ARMAZENADO

O pré-dimensionamento de um telhado reservatório é análogo ao do microrreservatório, mas como capta somente a chuva caída sobre o próprio telhado. Os dispositivos de saída (orifícios, tubos de queda) devem ser dimensionados para a vazão máxima de pré-desenvolvimento da sub-bacia. O volume estimado é somente da chuva caída sobre o próprio telhado, desta forma, pode-se usar:

PARA O VOLUME:

$$V = 0{,}05 \times P \times A$$

Onde:
V= é o volume em litros;
P = é a precipitação anual em mm; e
A = área do telhado em m².

Para efeito prático sugere-se, em nível de pré-dimensionamento, coincidir a base do ladrão à altura da lâmina de regulação mais 5 cm (esta folga pode ser calculada com mais precisão no detalhamento do projeto, por simulação hidráulica). A sobrecarga exercida pela água no telhado vai indicar a necessidade de reforço estrutural. Azzout et al. (1994) afirmam que não se considera sobrecarga mecânica no dimensionamento estrutural do telhado se a pressão da água for inferior a 100 N/m², valor normalmente previsto como sobrecarga para manutenção. A Figura 18 apresenta um desenho esquemático de telhado plano, telhado inclinado e telhado com cascalho.

DIRETRIZES ORIENTADORAS E RECOMENDAÇÕES PARA O PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE TELHADOS ARMAZENADORES

Na implantação de telhados armazenadores deve-se ter a preocupação quanto à capacidade da edificação de suportar o peso adicional decorrente do volume de água armazenado. Se o telhado for dimensionado durante o projeto da edificação ele já contemplará o cálculo do peso adicional. Os telhados armazenadores mais eficientes são aqueles praticamente planos e com saída controlada por orifícios: telhados armazenadores vazios; e telhados armazenadores com brita, para controle térmico, ou ajardinados. As seguintes condições devem ser seguidas para a aplicabilidade de um telhado armazenador:

- *Declividade menor que 5%*
- *Se a construção suporta a carga adicional, e se for vedada a circulação de pessoas ou veículos;*
- *Se a construção puder ser executada com a técnica disponível (afeta principalmente a questão da impermeabilização);*
- *Se não houver acúmulo significativo de resíduos vegetais; e*

Um telhado armazenador só pode ser considerado viável se todas as condições acima forem satisfeitas.

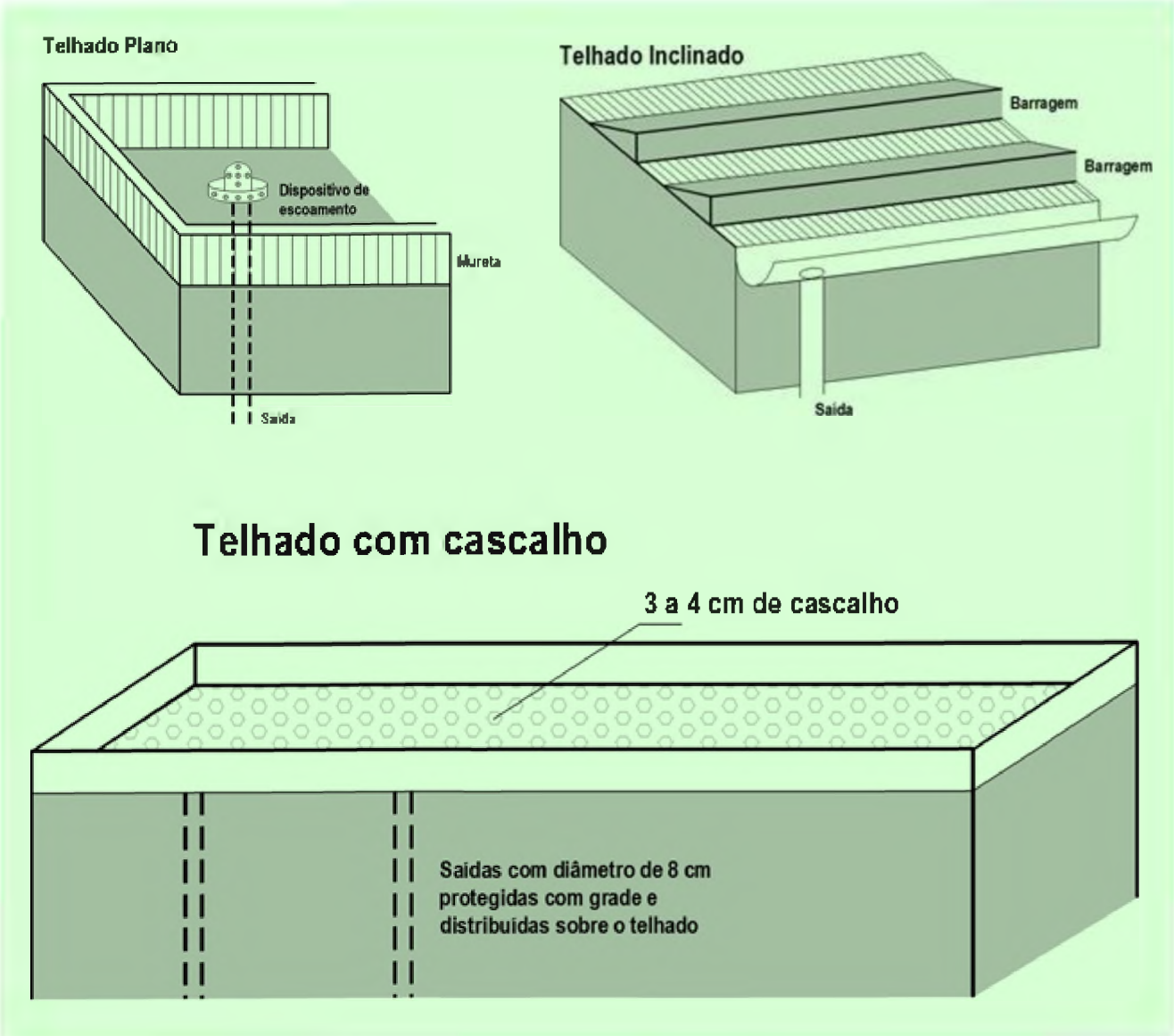


Figura 18. Telhado plano, telhado inclinado e telhado com cascalho.

5.10. Medidas de Controle na Fonte Sugeridas

A Tabela 16 apresenta as Medidas de Controle na fonte sugeridas para o município de Irati.

Tabela 16. Medidas de controle e na fonte.

Medida	Característica	Alternativas	Função	Efeito
Poço de Infiltração	Reservatório vertical e pontual escavado no solo	Poço preenchido com material poroso ou sem preenchimento, revestido.	Infiltração pontual, na camada não saturada e/ou saturada do solo	Retardo e/ou redução do escoamento pluvial gerado na área contribuinte ao poço
Microrreservatório	Reservatório de pequenas dimensões	Vazio ou preenchido com material poroso. Com fundo em solo ou vedado, tipo cisterna	Armazenamento temporário das águas pluviais de áreas impermeabilizadas	Retardo e/ou redução do escoamento superficial de áreas impermeabilizadas
Bacia de detenção	Reservatório vazio (seco)	Reservatório sobre leito natural ou escavado. Com leito em solo permeável ou impermeável, ou com leito revestido	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Bacia de retenção	Reservatório com água permanente	Reservatório com leito permeável	Armazenamento temporário e/ou infiltração no solo do escoamento superficial da área contribuinte	Retardo e/ou redução do escoamento da área contribuinte
Telhado Armazenador	Telhado com função reservatório	Vazio ou preenchido com material poroso	Armazenamento temporário da chuva no telhado da edificação	Retardo do escoamento pluvial da própria edificação

6. CRITÉRIOS PARA A AVALIAÇÃO E CONTROLE DOS IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO SOBRE O SISTEMA DE DRENAGEM

Para medir a evolução de um planejamento é necessário o estabelecimento de indicadores que consigam apontar qual é a situação real de evolução do sistema em suas particularidades, para assim ter informações suficientes para a tomada de decisão, identificar pontos fortes e fracos, bem como o que deve ou não ser alterado na prestação dos serviços (CAMPOS, 2013).

6.1. Concepção do Sistema de Monitoramento do Plano

Por sistema de monitoramento compreende-se o desenvolvimento de metodologia e critérios para que se realize o acompanhamento e a avaliação da implantação e também da eficiência do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. É assim denominado uma vez que por sistema compreende-se metodologia e critérios delineados de forma sistemática e por monitoramento compreende-se o acompanhamento e avaliação do planejado de forma pré-definida, periódica e sistematizada.

O desenvolvimento de um sistema de monitoramento representa avanço necessário à melhora da governança pública, pois implica em ferramental de gestão para a implementação do PDDU. O sistema de monitoramento tem o objetivo de garantir o controle da qualidade para o planejamento público, haja vista que, ao se realizar o monitoramento do Plano ao longo de sua execução, pode-se obter uma visão completa de seu status antes de se chegar ao estágio final.

Incentiva-se assim a tomada de decisões com base nos acontecimentos para que as ações corretivas possam ser iniciadas em tempo hábil e planos de alocação de recursos - tanto humanos quanto materiais - possam ser alterados de acordo. A aprendizagem resultante do monitoramento e acompanhamento pode melhorar a qualidade global de futuros programas municipais ou até mesmo intermunicipais.

6.2. Definição de Prazos, Revisões e Publicações

Como instrumento de planejamento de longo prazo, as ações e intervenções propostas não são mensuradas dentro de marcos temporais rigorosamente definidos. As intervenções estruturais se caracterizam como obras de engenharia de volume e complexidade significativos, não importando dentro do âmbito do planejado o cumprimento à risca de um determinado cronograma vislumbrado na atual etapa, de planejamento - diferentemente de obras contratadas, que sem dúvida deverão seguir seus cronogramas físico-financeiros.

Para fins de monitoramento do planejamento, entretanto, considerar-se-ão as bandas temporais abrangentes dentro dos quais as intervenções deverão ocorrer (imediato – 2009 a 2020; curto prazo - 2021 a 2023; médio prazo - 2024-2033; longo prazo - 2034 a 2048).

Há necessidade de que o planejamento seja revisto com periodicidade de quatro anos, em conformidade com a Lei Federal nº 11.445 de 2007. A implementação do sistema de monitoramento tem como finalidade a verificação permanente da execução do PDDU, e como tal permitirá:

- *Prestação de contas sobre a execução do Plano aos munícipes, às empresas prestadoras de serviços e a eventuais agentes financiadores;*
- *Retroalimentação dos processos para a tomada de decisão dos executores do Plano para a obtenção de resultados de acordo com o planejado, assegurando a aplicação dos devidos instrumentos, adaptações eventuais que se façam necessárias e a melhoria contínua; e*
- *Sistematizar as boas práticas e as lições aprendidas do Plano, informação que permitira a avaliação final do mesmo e que resulta em aprendizado institucional e elevação da governança pública.*

Sugere-se, assim sendo, que na mesma periodicidade em que se revise o Plano Diretor de Drenagem Urbana, que se publiquem abertamente os resultados do sistema de monitoramento, assim como se publiquem e divulguem relatórios analíticos de relevância.

6.3. Definição de Indicadores

O sistema de monitoramento se dá a partir do acompanhamento de indicadores chave. Tais indicadores são definidos como reflexo direto do cumprimento das atividades que devem resultar da implementação do PDDU. Os indicadores, portanto, devem ser reflexo fiel das atividades de forma que suas próprias mudanças indiquem o grau de cumprimento dos objetivos específicos do planejamento.

> *Nesta era da urbanização, os indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida, podem ser usados como ferramentas cruciais para os gestores municipais, políticos, pesquisadores, líderes empresariais, planejadores, designers e outros profissionais, para ajudar a garantir que sejam colocas em prática, políticas que promovam a habitabilidade, tolerância, inclusão, sustentabilidade e resiliência, tornando as cidades economicamente atrativas e prósperas globalmente. As cidades precisam de indicadores para medir seu desempenho, melhorar a qualidade de vida e promover a sustentabilidade (ABNT, 2017).*

Os indicadores podem ser diretos ou indiretos e podem ser medidas quantitativas ou qualitativas. Indicadores diretos, como o nome sugere, mantém de forma mais explícita a relação de causalidade e podem ser medidos em menor quantidade para uma mesma variável. O oposto ocorre com indicadores indiretos, que devem ser coletados em maior quantidade para auferirem o mesmo grau de confiabilidade. Para que os indicadores se tornem medidas fiéis de desempenho da implementação do PDDU do Município de Irati, é necessário compará-los a indicadores de base, ou linha de base. Ademais, citam-se também alguns pontos de reflexão, listados por CAMPOS (2013):

- *Os dados devem ser coletados nas mesmas condições, para evitar alterações e comparações equivocadas dos resultados;*
- *A criação de uma série histórica dos indicadores serve de insumo para analisar a efetiva variação dos resultados ao longo do tempo e o reflexo disso na sociedade; e*
- *A comparação com outros municípios, de realidades semelhantes, auxilia no balizamento dos parâmetros de referência e, consequentemente na qualidade e fidelidade da informação existente no município.*

A Tabela 17 apresenta os indicadores síntese de cada um dos programas como ferramental municipal de acompanhamento e monitoramento do Plano.

Tabela 17. Indicadores síntese do sistema de drenagem urbana.

Programa		Indicador - Síntese	
1.	Programa de Limpeza e Desassoreamento de Rios e Córregos	**1.1**	Total de rios e córregos limpos em relação ao total
2.	Programas de Canalização Arroio dos Pereiras	**2.1**	Extensão canalizada em relação ao total a ser canalizado
3.	Programa de implantação de bacias de detenção	**3.1**	Total de bacias implantadas e relação as bacias propostas
4.	Programa de realocação e monitoramento de interferências	**4.1**	Total de interferências cadastradas
		4.2	Total de interferências realocadas em relação ao total cadastrado
5.	Programa de Regulamentação	**5.1**	Existência de regulamentação para drenagem
6.	Programa de vazão de pré-urbanização	**6.1**	Número de lotes que atendem a vazão de pré-urbanização em relação ao total de lotes
7.	Programa de compatibilização do zoneamento	**7.1**	Área da sub-bacia que possui o coeficiente proposto em relação a área total.
8.	Programa de Diagnóstico e Relocação de moradores em área de risco	**8.**	Área com ocupação irregular por sub-bacia em relação a área total da sub-bacia
9.	Programa de monitoramento, fiscalização e alerta	**9.1**	Eventos de chuva monitorados em relação aos eventos de chuva do período
10.	Programa de manutenção	**10.1**	Número de bocas de lobo limpas em relação ao total de bocas de lobo
		10.2	Número de bocas de lobo substituídas em relação ao total de bocas de lobo
		10.3	Extensão de rede cadastrada em relação a rede de drenagem total
11.	Programa de educação ambiental	**11.1**	Total de eventos de educação ambiental no município

7. CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

A qualidade da água pluvial muitas vezes está abaixo de um efluente de tratamento secundário, e a quantidade de material em suspensão encontrada na drenagem pluvial é superior às encontradas no esgoto sanitário - a maior parte deste volume está no início dos eventos.

As normas técnicas recomendam que as redes sejam do tipo separador absoluto, ou seja, onde águas pluviais e esgotos sanitários são transportados em redes de condutos separados. Porém no Brasil existem muitos locais, principalmente nos municípios com áreas muito antigas e áreas mais pobres, com sistemas unitários, onde as águas pluviais e esgotos sanitários são transportados nas mesmas redes coletoras.

Esta situação em que os esgotos sanitários são lançados sem qualquer tratamento interfere e prejudica a implantação das bacias de detenção/retenção pois as altas concentrações de esgotos nas águas pluviais nas bacias causam impactos sobre a vizinhança desses dispositivos.

Mesmo as águas pluviais que não recebem lançamentos de esgotos devem ter sua qualidade considerada no planejamento dos sistemas por meio de vários fatores como a limpeza urbana, intensidade das chuvas e o uso do solo na bacia.

A qualidade das águas pluviais pode ser dividida em:

- *Antes de atingir o solo;*
- *Após se precipitar sobre o telhado ou área impermeabilizada;*
- *Quando se armazena em um reservatório ou bacia de detenção e tem sua qualidade alterada e depositam-se sólidos no fundo; e*
- *No ponto de uso, como descarga para em banheiros.*

Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

7.1. Qualidade da Água Pluvial Antes de Atingir o Solo

A localização do ponto de amostragem pode inferir na composição da água pluvial, assim como as condições meteorológicas, presença de vegetação e presença de carga poluidora.

Os elementos que podem estar presentes são partículas de solo que podem conter sílica, alumínio e ferro, por exemplo, e elementos cuja emissão é de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo e enxofre. Em áreas como centros urbanos e industriais, também é possível encontrar alterações nas concentrações naturais da água da chuva devido a poluentes do ar, como o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NOx) ou ainda chumbo, zinco e outros.

7.2. Qualidade da Água Pluvial Após se Precipitar sobre o Telhado ou Área Impermeabilizada

Quando a água da chuva é aproveitada pelos telhados armazenadores, pode se contaminar por fezes de passarinhos, pombas, fezes de ratos e outros animais, bem como poeiras, folhas de árvores, revestimento do telhado, fibrocimento, tintas, etc.

As fezes de animais podem causar contaminações por bactérias e de parasitas gastrointestinais, desta forma é recomendado que a água de lavagem dos telhados, isto é, a primeira água, seja desprezada e jogada fora. Chumbo e arsênio também podem ser encontrados na água de chuva.

De acordo com Howell (2001) os telhados melhores quanto ao aspecto bacteriológico são pela ordem: metálico> plásticos > telhas cerâmicas. Um fato interessante, afirmam o autor, é que todos imaginam que a qualidade da água da chuva melhora com o passar do tempo, o que não é verdade, pois, conforme a precipitação aumenta de intensidade, aumentam as bactérias. Nos centros urbanos e áreas industriais podem apresentar um risco de poluição para o consumo de água de chuva para beber e cozinhar devido a contaminação do ar.

7.3. Qualidade da Água Pluvial em Reservatórios

As águas pluviais podem transportar materiais que estão no ar e que poderão se depositar no fundo dos reservatórios, onde se forma uma camada de lodo. Os microrganismos que vieram do telhado e das redes de drenagem se desenvolverão no reservatório, podendo causar doenças de veiculação hídrica como diarreias se o uso da água da chuva por pra fins potáveis.

Algumas medidas deverão ser tomadas:

- *Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para evitar o crescimento de algas;*
- *Manter a tampa de inspeção hermeticamente fechada;*
- *Gradeamento na saída do extravasor pra evitar a entrada de animais pequenos;*
- *Limpeza com periodicidade mínima anual;*

Ressalta-se que em hipótese alguma a água de chuva deverá ser usada para fins potáveis. Deverá ser usada somente para descargas dos vasos sanitários, irrigação, lavagem de passeios e calçadas. Em casos de uso da água de chuva para fins potáveis, o responsável deverá obedecer a Portaria MS nº 518/2004.

Portaria MS nº 518/2004:

A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde trata dos procedimentos e responsabilidades da qualidade da água para consumo humano e chama de solução alternativa de abastecimento quando é distinta do sistema de abastecimento de água. A norma estabelece que deve ser definido o responsável pelo controle da qualidade da água de solução alternativa. O padrão microbiológico para o consumo humano deve atender dois padrões básicos, a bactéria Escherichia coli e os coliformes totais, sendo que deverá estar ausente em amostra de 100 ml. Estabelece ainda que o padrão de turbidez pós-filtração para filtros lentos deve ser no máximo de 5,0 uT (unidade de turbidez). A norma sugere a desinfecção com cloro com tempo de contato mínimo de 30 min para pH inferior a 8,0 sendo o mínimo de cloro residual de 0,5mg/l e adotando em qualquer ponto o mínimo de 0,2 mg/l. Poderá o cloro ser substituído por outro agente desinfetante desde que seja demonstrado a eficiência de inativação microbiológica equivalente a desinfecção com o cloro. A norma estabelece ainda parâmetros para as substâncias químicas inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, etc. Para o padrão de aceitação a norma estabelece que a cor aparente seja menor que 15 uH (unidade de Hazen) e a Turbidez máxima de 5 uT. A norma estabelece ainda critérios para o plano de amostragem que deverá ser autorizado pela autoridade sanitária.

No fundo dos reservatórios haverá a lama fina que são as partículas sólidas depositadas. Um dispositivo deverá evitar que os sedimentos sejam removidos quando da entrada de água de chuva no reservatório.

7.4. Etapas da Melhoria da Qualidade das Águas Pluviais

De acordo com Boelhouwer (2001), deve ser dada atenção especial para a qualidade da captação da água de chuva. A captação da água de chuva pode ser feita em três etapas:

- *Somente captação;*
- *Captação da água de chuva e pré-filtração; e*
- *Captação da água de chuva, pré-filtração e tratamento.*

A Figura 19 apresenta as etapas de captação de água da chuva, onde a qualidade da água captada aumenta conforme a atribuição de sistemas de tratamento.

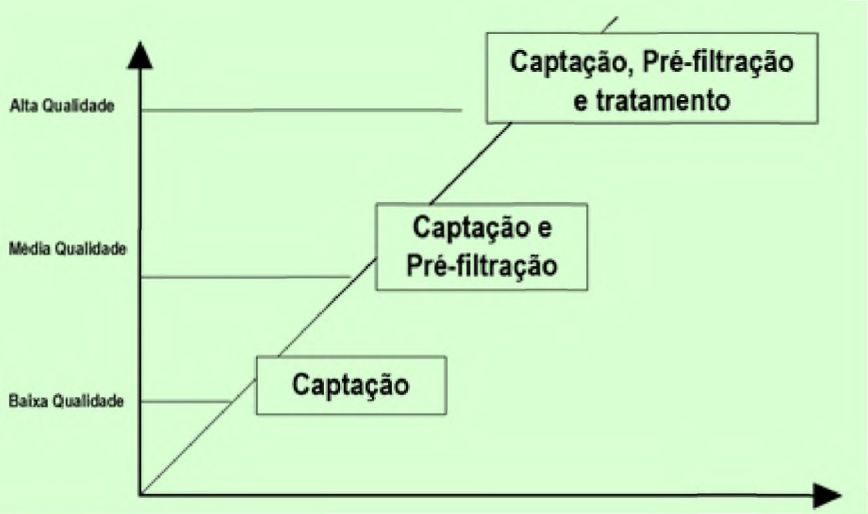


Figura 19. Etapas da captação da água de chuva.
Fonte: Adaptado de Boelhouwer (2001).

8. LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO ASSOCIADA

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

Lei nº 4.228 de 20 de dezembro de 2016	Institui o Plano Diretor Municipal de Irati, estabelece diretrizes para o planejamento do município e dá outras providências.
Lei nº 4.229 de 20 de dezembro de 2016	Dispõe sobre o Código de Posturas do município de Irati.
Lei nº 4.231 de 20 de dezembro de 2016	Dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo Urbano e Rural no município de Irati, e dá outras providências.
Lei nº 4.232 de 20 de dezembro de 2016	Define o perímetro urbano, os bairros do distrito sede do município de Irati, bem como os distritos de Gonçalves, Junior, Guamirim, e Itapará e seus respectivos núcleos urbanos.
Lei nº 4.234 de 20 de dezembro de 2016	Dispõe sobre o Parcelamento do Solo para fins urbanos no município de Irati e dá outras providências.
Lei nº 4.235 de 20 de dezembro de 2016	Dispõe sobre as edificações e obras do município de Irati e dá outras providências.
Lei Orgânica Municipal	Lei Orgânica do Município de Irati.

LEGISLAÇÃO ESTADUAL

Lei nº 12.726 de 26 de novembro de 1999	Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Decreto nº 2.135 de 17 de julho de 2000	Regulamenta o processo de instituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas.
Resolução SEMA nº 52 de 06 de novembro de 2009	Estabelece parâmetros quantitativos para qualificação como insignificantes os usos de recursos hídricos referentes ao lançamento concentrado de águas pluviais em cursos de água.
Decreto nº 9.941 de 23 de janeiro de 2014	Institui o Sistema Paranaense de Informações para a Gestão dos Riscos a Desastres Naturais.
Lei nº 18.519 de 23 de julho de 2015	Instituição da Política Estadual de Proteção e Defesa Civil.
Secretaria de Infraestrutura e Logística	Especificações de Serviços Rodoviários – Departamento de Estradas de Rodagem.

LEGISLAÇÃO FEDERAL

Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos.
Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nosº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010	Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001	Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012	Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

9. TAXA DE DRENAGEM URBANA

Além do Plano Plurianual, é considerada fonte de recurso interno a arrecadação de investimentos no manejo de águas pluviais e drenagem urbana por meio de taxas ou tributos. Segundo Tucci (2002), a taxa de drenagem urbana pode ser calculada pelo rateio dos custos de operação e manutenção de rede e pelo rateio dos custos para implantação das obras do Plano de Drenagem. A metodologia dos cálculos, proposta por Tucci (2002), será apresentado a seguir.

- **Rateio dos Cursos de Operação e Manutenção de Rede**

O custo unitário (custo por metro quadrado) pode ser calculado por:

$$Cu = \frac{Ct}{Ab}$$

Onde:
Cu = Custo unitário (R$/m²);
Ct = Custo total de operação e manutenção de rede (R$ em milhões); e
Ab = Área da bacia (km²).
Além disso, a área da bacia pode ser subdividida em:

$$100 = Ap + Ai$$

Onde:
Ap = Parcelas de áreas permeáveis (%); e
Ai = Parcelas de áreas impermeáveis (%).

Quanto se trata de área urbana, as áreas impermeáveis podem ser representadas da seguinte forma:

$$Ai = \alpha i_m + \beta i_1$$

Onde:
α = Parcela da área com arruamentos e logradouros públicos, como parques e praças;
i_m = Parcela impermeável desta área (%);
β = Parcela de área ocupada pelos lotes urbanos; e
i_1 = Parcela de impermeabilização do lote (%).

Como $\beta = 1 - \alpha$, a equação pode ser apresentada da seguinte forma:

$$Ai = \alpha i_m + (1 - \alpha) i_1$$

A taxa de cobrança da operação e manutenção da drenagem urbana tem como princípio a sua proporção com o volume de escoamento superficial gerado (TUCCI, 2002). Para o cálculo, considera-se o coeficiente de escoamento de áreas impermeáveis (Ci) e o coeficiente de escoamento de áreas permeáveis (Cp). Desta forma, o custo unitário de uma área permeável fica:

$$Cup = \frac{Cp}{Ci} Cui$$

Onde:
Cup = Custo unitário de área permeável;
Cui = Custo unitário de área impermeável;
Cp = Coeficiente de escoamento de áreas permeáveis; e
Ci = Coeficiente de escoamento de áreas impermeáveis.

Assim, o custo total de manutenção e operação é:

$$Ct = \frac{Ab}{100}((Cup \times Ap) + (Cui \times Ai))$$

Substituindo as fórmulas anteriormente apresentadas, é possível estabelecer o valor do custo unitário da área impermeável.

$$Cui = \frac{100 \times Ct}{Ab \times (\left(\frac{Cp}{Ci} \times (100 - Ai)\right) + Ai)}$$

No cálculo, o valor de Cui é fixado para a bacia ou para a área total em questão. Assim, conhecidos os valores de Ct, Ab e Ai é possível fixar o custo unitário da área impermeável. Calculado este custo, é possível estimar a taxa de drenagem urbana (Tx) a ser paga por propriedade, em função da parcela de impermeabilização do lote (i_1). A taxa é calculada por:

$$Tx = \frac{A}{100}((Cui \times Ai) + (Cup \times Ap))$$

Onde:
Tx = Taxa de drenagem urbana;

A = Área total;
Cui = Custo unitário da área impermeável;
Ai = Parcela de área impermeável;
Cup = Custo unitário da área permeável; e
Cp = Parcela de área permeável.

Esta também pode ser representada da seguinte forma:

$$Tx = \frac{A \times Cui}{100}\left(Ai + \left(\frac{Cp}{Ci} \times (100 - Ai)\right)\right), \text{onde } Ai = \alpha i_m + (1-\alpha) i_1$$

- **Rateio dos Cursos para Implementação das Obras do Plano de Drenagem**

Para o caso do cálculo do rateio dos custos para implementação das obras do Plano de Drenagem Urbana, é distribuída apenas para as propriedades com áreas impermeabilizadas que aumentaram a vazão acima das condições naturais (TUCCI, 2002). Neste caso:

$$Cupi = \frac{Ctp \times 100}{Ab \times Ai}$$

Onde:
Cupi = Custo unitário de implementação do plano em áreas impermeáveis;
Ctp = Custo total de implementação do Plano;
Ab = Área da bacia (km²); e
Ai = Distribuição das áreas impermeáveis de cada área.

Além disso, o custo para cada área de lote urbanizado, em relação à parcela de impermeabilização do lote (i_1), é dado pela expressão:

$$Txp = \frac{Ai \times Cupi \times A}{100}, \text{ onde } Ai = \alpha i_m + (1-\alpha) i_1$$

Neste contexto, a taxa de drenagem urbana em relação aos custos para implementação de obras do Plano de Drenagem pode ser dada por:

$$Tx = (\alpha i_m + (1-\alpha) i_1) \frac{Ctp \times Ai}{Ab \times Ai}$$

Onde:
Ai = Àrea impermeável de toda a bacia (%);

A = Área do terreno (m²);
Ab = Área da bacia (km²);
Ctp = Custo total de implementação do Plano (R$ milhões); e
i_1 = Área impermeável do lote (%);
α = Parcela da área com arruamentos e logradouros públicos, como parques e praças; e
i_m = Parcela impermeável de α (%).

Para um lote sem a existência de áreas impermeáveis, o proprietário fica sujeito à contribuição tarifária referente a parcela das ruas (TUCCI, 2002). Desta maneira, o cálculo fica:

$$Tx = \alpha i_m \frac{Ctp \times Ai}{Ab \times Ai}$$

10. SÍNTESE DOS PLANOS ELABORADOS PARA CADA SUB-BACIA

Neste Capítulo são abordados os programas e atividades dos Planos de Ação elaborados para as sub-bacias no município de Irati. É apresentada uma síntese de cada programa sugerido, sendo de medidas de controle estruturais e não estruturais. Em seguida, os programas são apresentados por sub-bacia.

10.1. Planos de Medidas de Controle Não-Estruturais

PROGRAMA DE REGULAMENTAÇÃO			
OBJETIVO	Estabelecer critérios e parâmetros para drenagem urbana no município.		
JUSTIFICATIVA	Os mecanismos para regulamentação da drenagem urbana são realizados por meio de legislação específica e guias de práticas recomendáveis para desenvolver práticas sustentáveis; podendo estas possuir incentivo econômico (TUCCI, 2012).		
Atividades		**Prazo**	**Classificação**
1.	Instituir legislação específica para drenagem urbana.	Imediato	Iniciativa/Ação

Atividade 1: O estabelecimento de legislação específica para drenagem urbana no município auxilia no desenvolvimento sustentável do município, garantindo infraestrutura para gerações futuras e minimização dos impactos no meio ambiente. A legislação municipal deverá incluir a definição de obrigatoriedades tanto para o setor público quanto para o privado. Foram propostas regulamentações para Irati; estas são:

- *Restrição de Ocupação Urbana na Sub-bacia do Nhapindazal;*
- *Compatibilização do Zoneamento Urbano;*
- *Regularização de Áreas Urbanas Consolidadas e Áreas de Preservação Permanente;*
- *Instituição de Cobrança dos Serviços; e*
- *Controle de Vazão de Pré-urbanização em Loteamentos.*

É de poder da administração pública, por meio dos estudos apresentados neste Plano Diretor de Drenagem Urbana, estabelecer legislação específica para a drenagem urbana do município de forma a garantir o desenvolvimento sustentável municipal. Para o cumprimento desta atividade, deverá ser elaborado projeto de minuta de Lei e encaminhada a Câmara Municipal de Vereadores para votação e aprovação.

PROGRAMA DE CADASTRO DE MICRODRENAGEM	
OBJETIVO	Manter 100% do arruamento e sistemas de drenagem do município cadastrado e atualizado.
JUSTIFICATIVA	O cadastro do sistema visa manter atualizadas as informações da rede de microdrenagem, para que, em casos de novas obras e projetos, auxiliar na execução dos mesmos.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Realizar cadastramento das infraestruturas e dispositivos de sistemas de microdrenagem do município.	Imediato	Iniciativa/Ação

Atividade 1: Há a necessidade de criação de um banco de dados de infraestrutura e dispositivos de sistemas de microdrenagem da área no sentido de auxiliar a prefeitura na gestão dos serviços. O cadastro tem como objetivo manter atualizadas as informações de sistemas de microdrenagem para que sirvam como referência e auxílio para a implantação de novas obras e projetos. Deve ser realizado o levantamento dos sistemas de microdrenagem (meios-fios, sarjetas, entre outros) existentes, e sua devida extensão. Tais informações poderão ser levantadas em campo por meio de um sistema de georreferenciamento e posteriormente espacializadas na forma de mapa.

PROGRAMA DE VAZÃO DE PRÉ-URBANIZAÇÃO	
OBJETIVO	Manter a vazão de pré-urbanização nas sub-bacias Criar procedimentos para os cálculos da vazão de pré-urbanização em loteamentos
JUSTIFICATIVA	Com a adoção da vazão de pré-urbanização, os loteamentos não poderão lançar na rede pública de drenagem vazão superior a vazão específica de pré-urbanização da sub-bacia.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Cálculo da vazão de pré-urbanização de cada sub-bacia urbana.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Incluir em legislação específica de drenagem a obrigatoriedade de manter a vazão de pré-urbanização.	Imediato	Iniciativa/Ação
3.	Criar procedimentos para o cálculo da vazão e do volume a ser reservado nos lotes e terrenos.	Imediato	Iniciativa/Ação

Atividade 1: Faz parte do Programa de Vazão de Pré-urbanização o cálculo da vazão de cada sub-bacia. Esta vazão de pré-urbanização corresponde à vazão mais próxima da situação natural anteriormente ao aumento de áreas impermeáveis. A vazão de pré-urbanização foi calculada para cada sub-bacia do município de Irati , e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Atividade 2: Para evitar problemas causados pelo aumento da vazão de águas pluviais devido ao aumento da superfície impermeável nas sub-bacias, toda ocupação deverá possuir uma vazão máxima de saída para a rede pública que não ultrapasse a vazão de pré-urbanização da sub-bacia do qual o lote está inserido. Tal controle deverá ser realizado tanto para loteamentos existentes quanto para novos loteamentos, conforme estabelecido pela Figura 20.

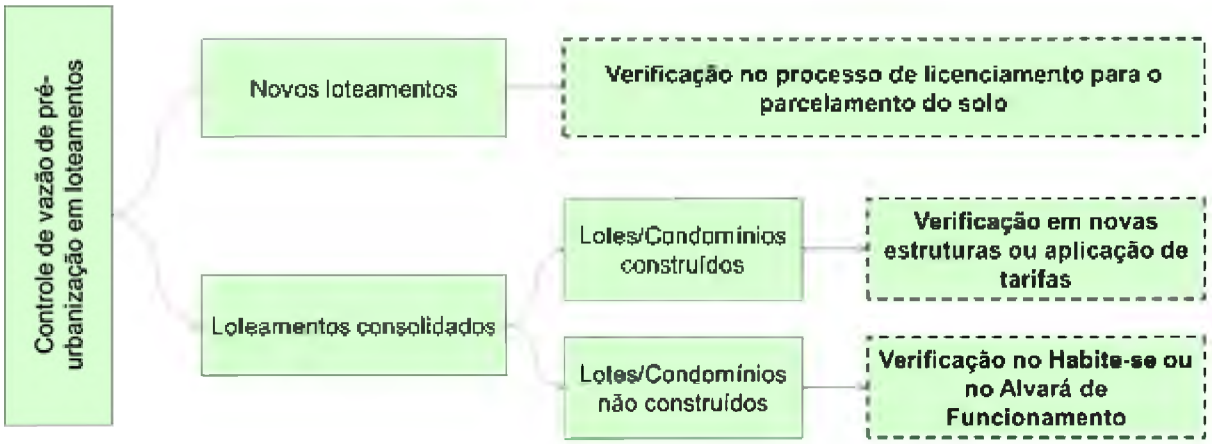


Figura 20. Formas de controle de vazão de pré-desenvolvimento em loteamentos.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2019).

A escolha do mecanismo de drenagem que faça este controle da vazão de saída depende de vários fatores, como por exemplo, a vazão excedente à vazão de pré-urbanização e o tipo de solo no local. Sugere-se que este controle de cheias e alagamentos seja estendido para todas as áreas impermeabilizadas do município, incluindo as áreas urbanas consolidadas em Irati, o qual pode ser realizado por meio do controle da vazão de pré-urbanização apresentado anteriormente. Desta forma, cada lote realizará o controle do escoamento superficial, minimizando os impactos na rede pública de drenagem urbana. Como formas de controle de vazão de pré-urbanização pode-se citar a utilização de cisternas ou a construção de poços de infiltração, dispositivos de drenagem que serão descritos detalhadamente no Manual de Drenagem do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. Assim, a administração pública deverá incluir no Programa de Regulamentação a obrigatoriedade de manter a vazão de pré-urbanização em lotes já consolidados assim como loteamentos futuros.

Atividade 3: Para auxiliar no desenvolvimento de ações que controlem a vazão de pré-urbanização em lotes já consolidados e loteamentos futuros, faz parte do Programa de Vazão de Pré-urbanização a apresentação de procedimentos para o cálculo da vazão e do volume a ser reservado nos lotes e terrenos, tanto públicos quanto privados. Estes procedimentos estão apresentados na seção 5.

PROGRAMA DE COMPATIBILIZAÇÃO DO ZONEAMENTO	
OBJETIVO	Compatibilizar o zoneamento do Plano Diretor Municipal com o Plano de Drenagem.
JUSTIFICATIVA	O Plano Diretor de Drenagem Urbana é baseado em gestão por bacias hidrográficas e deve estar em consonância com os coeficientes do zoneamento do Plano Diretor Municipal de Irati.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Realização de estudos de coeficientes por bacia.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Aprovação e compatibilização do Plano Diretor Municipal com o Plano Diretor de Drenagem Urbana.	Imediato	Ação

Atividade 1: Cada sub-bacia é composta por várias parcelas de zonas urbanas estabelecidas no Zoneamento Urbano do Plano Diretor Municipal (Figura 21). Contudo, ao serem compostas por várias parcelas de zonas urbanas – que apresentam diferentes coeficientes de taxa de permeabilidade – as sub-bacias não apresentam uniformidade na vazão de escoamento de lotes e terrenos. Para auxiliar no manejo de águas pluviais e drenagem urbana, sugere-se neste Plano Diretor de Drenagem Urbana que a gestão seja realizada por meio do território das sub-bacias. Assim, sugere-se que para cada sub-bacia seja estabelecido um valor de coeficiente de maior taxa de permeabilidade dentre as zonas urbanas que compõem a bacia. Para a compatibilização do Plano Diretor Municipal de Irati e o Plano Diretor de Drenagem Urbana – o qual leva em consideração a gestão por sub-bacias – sugerem-se duas formas de conciliar as informações:

- *Uniformização da maior taxa de permeabilidade dentre as zonas presentes na sub-bacia – exceto para a ZPFV; e*
- *Uniformização da taxa de permeabilidade da zona urbana de maior parcela na sub-bacia – exceto pela alteração da taxa mínima de permeabilidade das ZPPA e ZPBO.*

Na primeira sugestão, busca-se a uniformização da maior taxa de permeabilidade dentre as zonas presentes na sub-bacia. Avaliando a composição das sub-bacias pelas zonas urbanas nota-se que, se uniformizar a taxa de permeabilidade conforme o maior coeficiente existente dentre as zonas urbanas presentes na sub-bacia, cada sub-bacia deverá possuir taxa mínima de

permeabilidade de 50%. Esta uniformização estende-se para a Zona de Expansão (ZEX) que está delimitada para a expansão urbana do município sem taxa de permeabilidade definida. Contudo, a uniformização da taxa mínima de permeabilidade de 50%, nesta primeira sugestão, não se aplica à Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV), visto que esta é uma área de preservação permanente onde não é permitida a ocupação.

Outra sugestão para a compatibilização dos Planos é a uniformização da taxa de permeabilidade da zona urbana de maior parcela na sub-bacia. Desta forma, a uniformização da taxa mínima de permeabilidade é feita para as zonas residenciais e comerciais, Zona Especial (ZE), Zona Industrial (ZI) e Zona de Expansão (ZEX), de modo que prevaleça a taxa mínima de permeabilidade da maior parcela de zona urbana. Desta forma, as taxas estabelecidas seriam:

- *Sub-bacias Arroio dos Pereiras, Riozinho, Médio Antas, Rio do Meio, e Alto Antas: 40%;*
- *Sub-bacias Rio Bonito, Nhapindazal e Rio Cascata: 50%; e*
- *Sub-bacia Baixo Antas: 30%.*

A uniformização da taxa mínima de permeabilidade, para este cenário, não se aplica nas ZPPA e ZPBO – as quais continuam em 50% de permeabilidade – e não interfere na ZPFV. Deve ser mantida a taxa mínima de permeabilidade de 50% na Zona de Proteção de Bosques Nativos (ZPBO) e na Zona de Proteção Paisagística (ZPPA), pois se tratam de zonas de preservação ambiental. Além disso, salienta-se que a Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV) não está sujeita à impermeabilização devido à sua destinação predominante: área de preservação permanente.

Ainda, é definida pela Lei de Uso e Ocupação do Solo de Irati a Área de Restrição de Uso (ARU): *"áreas de inundações e enxurradas frequentes e recorrentes, de natureza brusca ou esporádica, áreas suscetíveis a ocorrência de deslizamento de grande impacto ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, propensas ao desestímulo de novas ocupações e novos parcelamentos, podendo sofrer alterações desde que sejam realizados estudos de impacto ambiental e de vizinhança, sendo submetidos a audiências públicas".*

Sendo assim, para uma definição mais precisa da área de restrição de uso em Irati sugere-se a realização de estudos para a delimitação das áreas de inundação e o monitoramento frequente para a determinação da mancha de inundação dos cursos d'água em Irati. Desta forma, ao gerar

um histórico destas informações, pode-se determinar com maior precisão as áreas que precisam ou não ser classificadas como áreas de restrição de uso.

Além disso, sugere-se que a ARU inclua a delimitação da Zona de Proteção Paisagística (ZPPA), Zona de Proteção de Proteção de Bosques Nativos (ZPBO) e Zona de Proteção de Fundo de Vale (ZPFV). A proteção de morros, encostas e cursos d'água – destinação predominante das ZPPA e ZPFV – é garantida pelo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012) para a preservação ambiental e, consequentemente, redução no escoamento superficial causado pela impermeabilização destas áreas e a necessidade de dispositivos de drenagem urbana no município. Além disso, a inclusão da ZPBO como ARU possibilita a continuidade da existência de zonas permeáveis no perímetro urbano do município, necessárias para auxiliar na infiltração do escoamento superficial e no manejo de águas pluviais no município. A proteção de tais áreas também é garantida pela Lei Municipal nº 4.234/2016.

Atividade 2: De acordo com os estudos apresentados a respeito do coeficiente de permeabilidade em lotes e terrenos, a compatibilização do coeficiente de permeabilidade para as sub-bacias deverá ser discutido e aprovado pela equipe técnica da Prefeitura Municipal de Irati. Sugere-se a indicação na Lei do Zoneamento Urbano de Irati que para cada sub-bacia será válido o maior coeficiente de permeabilidade dentre as zonas que compõem uma sub-bacia; situação que independe de qual zona urbana o lote ou terreno está incluído.

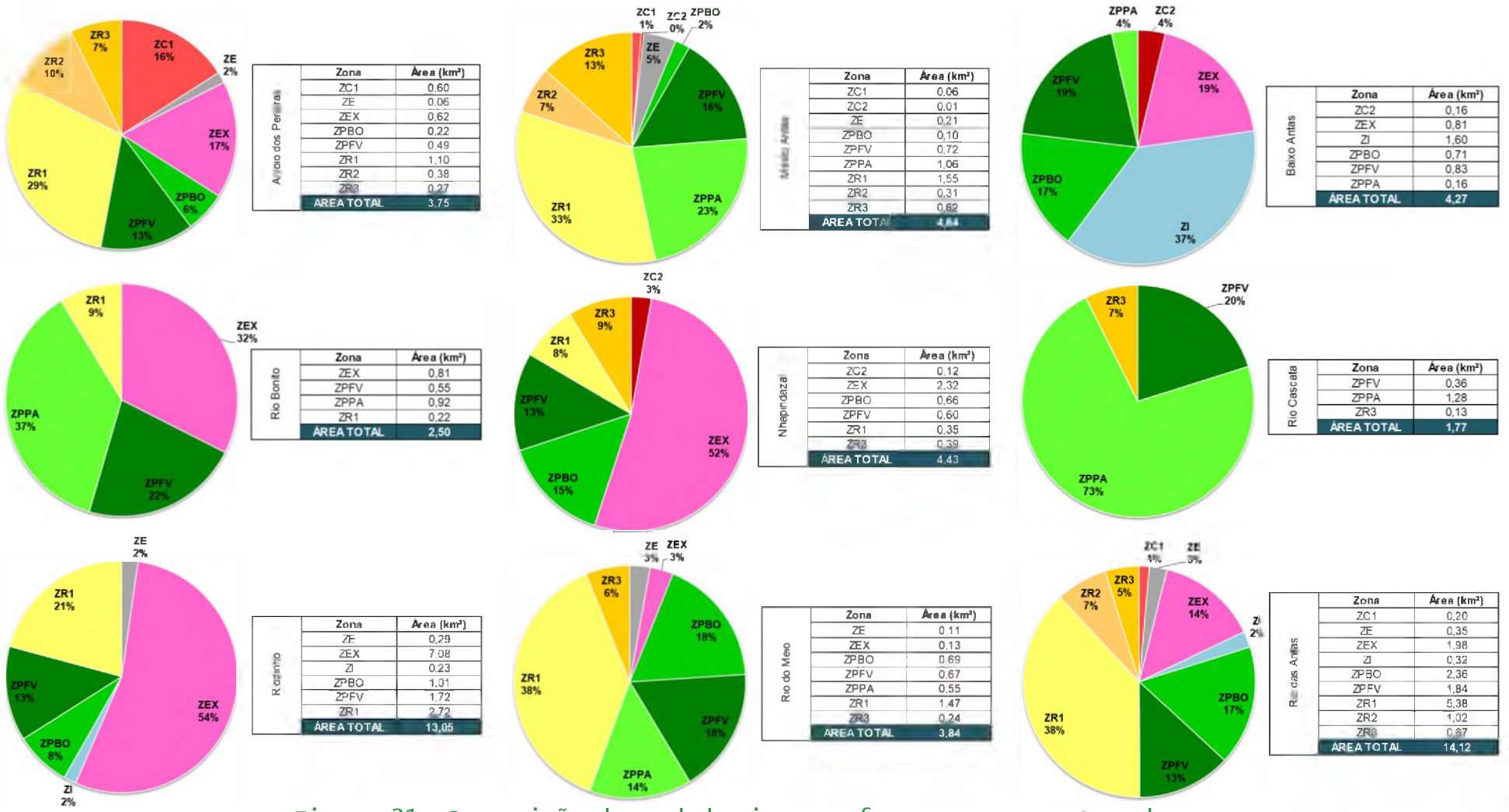


Figura 21. Composição das sub-bacias, conforme o zoneamento urbano.
Fonte: Elaborado por Ferma Engenharia (2019).

PROGRAMA DE DIAGNÓSTICO E RELOCAÇÃO DE MORADORES EM ÁREAS DE RISCO	
OBJETIVO	Retirada dos moradores que sem encontram nas áreas de risco de inundação e enchentes.
JUSTIFICATIVA	Com a adoção da vazão de pré-urbanização, os loteamentos não poderão lançar na rede pública de drenagem vazão superior a vazão específica de pré-urbanização da sub-bacia.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Identificação das áreas de risco de áreas de preservação permanente	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Identificação das áreas de risco em várzeas de acordo com polígono	Curto	Ação
3.	Realização de estudos e cálculos dos valores a serem indenizados.	Curto	Ação
4.	Atender as demandas de relocação preferencialmente em programas de habitação de interesse social	Médio/Longo	Ação
5.	Indenização dos moradores quando couber	Médio/Longo	Ação
6.	Recuperar áreas de APP's e formar espaços de uso comum onde couberem – Áreas restabelecidas	Longo	Ação

Atividade 1: As áreas de risco de inundações e enchentes em áreas de preservações permanentes devem ser identificadas e mapeadas. Após a sua identificação e mapeamento, as áreas de risco de inundações e enchentes devem ser incluídas e classificadas como áreas de restrição de uso (ARU) no Plano Diretor Municipal, e monitoradas constantemente. Este monitoramento é importante para a identificação dos locais mais críticos que necessitam de intervenções estruturais para a contenção da vazão de escoamento superficial; evitando-se a ocorrência de inundações e enchentes no local.

Atividade 2: As áreas de risco de inundações e enchentes em áreas várzeas deverão ser identificadas e mapeadas de acordo o polígono.

Atividade 3: Os valores pagos nas desapropriações representam uma porcentagem significativa do orçamento dos municípios e dos estados brasileiros. Muitas vezes, o valor de uma superindenização de desapropriação de terra equivale ao orçamento geral de um ou mais mandatos políticos de uma instância de governo. Entretanto, pode ser uma das soluções para garantir o direito à moradia, reduzindo a ocupação irregular de áreas de risco, e o acesso da população mais carente à terra urbanizada. Alguns casos de desapropriação admitem a imissão provisória na posse do valor ofertado pelo expropriante, porém, julga-se necessária uma avaliação judicial preliminar para se atribuir um valor ao bem expropriado. Se a expropriação apresentar o não cumprimento da função social da propriedade, está tem seu regramento próprio e é entendida

como desapropriação-sanção. Porém, sendo a desapropriação com fins de atender o planejamento urbano, o valor da indenização deve ser o valor de mercado, incluído ainda dos valores que o expropriado deixou de ganhar se fizesse uso do imóvel. Devido ao alto custo, uma alternativa é restringir as desapropriações às áreas de preservação permanente e/ou às áreas de alto risco com impossibilidades de ocupação.

Atividade 4: As famílias poderão se inserir nos programas de interesse social, de modo que esta é uma diretriz que o governo local deve e pode adotar como medida para reduzir ocupações em áreas de risco de inundações e enchentes.

Atividade 5: Caso avaliada a necessidade de desapropriação de moradores em áreas de preservação permanente e/ou áreas de alto risco com impossibilidades de ocupação, deverão ser realizadas as indenizações aos moradores. Após os estudos dos valores, deverão ser negociadas e pagas as indenizações aos moradores e feita a sua retirada das áreas de risco. Para uma estimativa inicial de necessidade de desapropriação e indenização de moradores foi considerada a área de risco no Arroio dos Pereiras próximo ao lançamento no Rio das Antas – local de ocorrência de grandes enchentes e inundações. A área aproximada estipulada para desapropriação de moradores – caso realizada as obras de canalização do Arroio dos Pereiras para o suporte da vazão de escoamento superficial no canal – de 7.500 m² e um custo estimado de R$ 2.000,00/m², as indenizações podem chegar a um custo de R$ 15.000.000,00.

Atividade 6: Sugere-se que, para a conciliação dos aspectos urbanos e ambientais, seja construído ao longo deste curso d'água um parque linear. São estruturas que buscam a recuperação das áreas degradadas em margens de rios e córregos ao mesmo tempo em que garante o manejo de águas pluviais adequado e a minimização de eventos de inundações na região.

PROGRAMA DE MONITORAMENTO, FISCALIZAÇÃO E ALERTA			
OBJETIVO	Criar o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta.		
JUSTIFICATIVA	Com o programa de fiscalização, monitoramento e alerta, o município terá ferramentas para fazer a gestão eficaz das áreas de risco.		
Atividades		**Prazo**	**Classificação**
1.	Criar os procedimentos para o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Estabelecer responsáveis pelo sistema.	Imediato	Ação

PROGRAMA DE MONITORAMENTO, FISCALIZAÇÃO E ALERTA			
3.	Realização do monitoramento, fiscalização e alerta.	Permanente	Ação

Atividade 1: Será necessária a criação de procedimentos para o sistema de monitoramento, fiscalização e alerta, pois:

- *O **monitoramento** realizado em cada evento de chuva no município permite o acompanhamento das cotas de inundação de rios e córregos. Assim, os dados podem ser registrados, criando um histórico de cotas para o monitoramento das áreas de risco à inundação;*
- *A **fiscalização** é necessária para que, quando identificadas as áreas de risco evita-se a ocupação ou reocupação nas áreas de risco já desocupadas; e*
- *O **alerta** auxilia a administração pública a prevenir que a população seja atingida em eventos críticos de chuva.*

Dentre os procedimentos que podem ser criados para a funcionalidade do sistema, estão: coleta de dados; alimentação do banco de dados do sistema de monitoramento, fiscalização e alerta; fiscalização das áreas de risco; e formas de comunicação para o alerta da população.

Atividade 2: Para a perfeita implantação do sistema de monitoramento, fiscalização e alerta devem-se indicar os responsáveis pela coleta de dados e alimentação do banco de dados do sistema, a cada evento de chuva. Além disso, é necessário estabelecer equipe responsável pela fiscalização das áreas de risco para a realização de vistorias no local. O alerta poderá ficar a cargo da Defesa Civil do município.

Atividade 3: Após a definição dos responsáveis e procedimentos, as atividades de monitoramento, fiscalização e alerta deverão ser realizadas de forma periódica.

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO			
OBJETIVO	Criar o sistema de manutenção dos equipamentos de drenagem urbana.		
JUSTIFICATIVA	A manutenção preventiva e periódica evita que em grandes eventos ocorram alagamentos no município.		
Atividades		**Prazo**	**Classificação**
1.	Estabelecer a manutenção preventiva e periódica.	Imediato	Iniciativa/Ação
2.	Aquisição de caminhão hidrojateador.	Curto/Médio	Ação
3.	Desobstrução de redes com hidrojateador..	Curto/Médio/Longo	Ação

Atividade 1: É necessário que a administração pública de Irati estabeleça no município a manutenção preventiva e periódica dos sistemas de micro e macrodrenagem do município. Desta forma, é reduzida as chances dos sistemas de drenagem urbana do município apresentarem falhas no seu desempenho. Assim, deverão ser estabelecidos os procedimentos para a realização de manutenção, periodicidade e equipe responsável.

Atividade 2: Sugere-se à Prefeitura Municipal de Irati que realize a aquisição de um caminhão hidrojateador para a limpeza dos sistemas de microdrenagem do município. Com a aquisição de um caminhão hidrojateador, a limpeza das redes de microdrenagem se dará de forma mais rápida e barata.

Atividade 3: Após a aquisição do caminhão, deverá ser treinada equipe responsável pela operação e manutenção do sistema. Na sequência, após o treinamento de equipe, sugere-se que seja realizado um levantamento de sistemas de microdrenagem que necessitam de limpeza, além de estabelecer um cronograma para a realização da desobstrução de redes com hidrojateador. Estima-se um custo de R$ 90,00 por metro de rede de drenagem que necessita de limpeza.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL			
OBJETIVO	Realizar atividades de educação ambiental no município de Irati.		
JUSTIFICATIVA	A conscientização da população, no que se refere aos sistemas de drenagem urbana do município de Irati, deve ser estimulada para que a sociedade também esteja envolvida nas ações de minimização dos impactos causados por inundações e enchentes no município.		
Atividades		**Prazo**	**Classificação**
1.	Realização de atividades de educação ambiental na Semana de Conscientização e Prevenção Contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana de Irati.	Permanente	Ação

Atividade 1: Foi instituído no município a Semana de Conscientização e Prevenção Contra Desastres Naturais e Ocupação Urbana de Irati (Lei nº 4.026 de 1º de setembro de 2015). Neste evento, é apresentada a população local temas referentes aos serviços prestados pela Defesa Civil, além de orientações ao público sobre o assunto. Também são realizadas campanhas educativas entre outras ações para discutir com a população a importância de manter os rios limpos, do descarte adequado de resíduos sólidos, além de informar sobre as áreas de riscos impróprias para edificações. É importante que a administração pública de Irati utilize deste espaço de informação e discussão que já ocorre no município para incluir a população de Irati no

desenvolvimento das ações necessárias para a redução de eventos de inundação e enchentes no município.

10.2. Planos de Medidas de Controle Estruturais

PROGRAMA DE LIMPEZA E DESASSOREAMENTO DE RIOS E CÓRREGOS	
OBJETIVO	Implantar o sistema de limpeza. Estabelecer critérios e parâmetros para a limpeza dos rios e córregos. Instituir na legislação específica para a drenagem, a limpeza e desassoreamento de rios e córregos. Estabelecer equipe de limpeza.
JUSTIFICATIVA	O município não realiza a limpeza periódica dos rios e córregos. Desta forma a limpeza se dará nas áreas mais críticas, no prazo imediato. Durante o horizonte de planejamento será implantada a limpeza periódica.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Estabelecer critérios e parâmetros para a limpeza dos rios e córregos e incluir na legislação de drenagem.	Imediato	Iniciativa
2.	Estabelecer a equipe de limpeza.	Imediato	Iniciativa/Ação
3.	Realizar a limpeza sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção.	Imediato	Iniciativa
4.	Estabelecer cronograma para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos de forma periódica.	Imediato	Ação

Atividade 1: Para o estabelecimento de critérios e parâmetros, para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos, será necessária a adequação e regulamentação da legislação municipal. Esta deverá incluir a definição da obrigatoriedade e estabelecimento das regras para a limpeza dos locais públicos e privados, contendo:

- *Obrigatoriedade da limpeza periódica das margens de rios e córregos;*
- *Limpeza dos canais naturais e projetados pela Prefeitura; e*
- *Obrigatoriedade por parte dos proprietários de realizarem a limpeza e a conservação dos lotes baldios da área urbana.*

Para o cumprimento desta atividade, esta constará no projeto de minuta de Lei abordado no Programa de Regulamentação.

Atividade 2: A equipe de limpeza e desassoreamento de rios e córregos em Irati deverá ser estabelecida no prazo imediato. A equipe poderá ser a mesma utilizada em outros serviços de limpeza urbana municipal. Além disso, durante o curto prazo de planejamento deverá ser instituída equipe exclusiva para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos, bem como das galerias

de microdrenagem. Tal equipe será responsável pela limpeza imediata dos locais que necessitam de intervenção, além da realização da limpeza periódica nos rios e córregos do município conforme ações descritas em seguida.

Atividade 3: Após o estabelecimento da equipe responsável pela limpeza e desassoreamento de rios e córregos de Irati, será realizada a limpeza sob demanda nos pontos que necessitarem de intervenção. Assim, a equipe responsável pela limpeza deverá identificar os pontos críticos do município onde existam entulhos, galhos e outros materiais que possam interferir no escoamento das águas e possibilitam a ocorrência de enchentes. A identificação destes pontos também pode ser realizada conforme contato da população por meio do canal de comunicação. Após a identificação dos pontos críticos deverá ser realizada a limpeza destes locais de forma imediata.

Atividade 4: Após o estabelecimento da equipe responsável pela limpeza e desassoreamento de rios e córregos, e a limpeza dos pontos críticos do município, sugere-se estabelecer um cronograma para a limpeza e desassoreamento de rios e córregos do município de forma periódica. Deverá ser estabelecido no cronograma locais de limpeza, responsáveis, periodicidade da limpeza, equipamentos utilizados, entre outras informações necessárias. Desta forma, a Prefeitura cumprirá com a responsabilidade da limpeza e desassoreamento de rios e córregos para a retirada de materiais que obstruam o escoamento das águas; ação que não elimina a responsabilidade da sociedade na redução de resíduos depositados em locais indevidos que venham a interromper o escoamento dos corpos d'água de Irati (situação abordada no Programa de Educação Ambiental).

PROGRAMA DE CANALIZAÇÃO DO ARROIO DOS PEREIRAS	
OBJETIVO	Complementar o projeto do canal hídrico. Melhorar o escoamento do Arroio dos Pereiras. Evitar inundações e enchentes na jusante do Arroio dos Pereiras.
JUSTIFICATIVA	O Arroio dos Pereiras recebe a contribuição da vazão da área central do município que em sua grande parte é impermeabilizada aumentando o escoamento superficial. Atualmente o arroio não suporta essa vazão causando inundações e enchentes na região.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Elaboração do anteprojeto.	Imediato	Projeto
2.	Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo.	Curto/Médio	Projeto
3.	Realização das obras de canalização do Arroio dos Pereiras.	Curto/Médio	Ação

Atividade 1: A elaboração do anteprojeto não apresenta custos, pois faz parte do Produto 3 Análise de Drenagem Urbana do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati. O estudo elaborado no Produto 3 demonstrou a necessidade de ampliação do canal existente no Arroio dos Pereiras para garantir que o canal suporte a vazão de escoamento das áreas impermeabilizadas na área central. Para a realização das melhorias necessárias no canal, são incluídas a elevação de ruas e pontes e a retirada de moradores próximos à foz do Arroio dos Pereiras no encontro com o Rio das Antas. Mais informações do anteprojeto desta obra de canalização são apresentadas no Produto 3 – Análise de Drenagem Urbana.

Atividade 2: Para a realização da obra é necessária a elaboração de projeto executivo. De acordo com a Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993 – a qual regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da administração pública, e dá outras providências – é o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, conforme as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para tal, deverá ser contratada empresa especializada em projetos de drenagem e obras hidráulicas para a elaboração do Projeto Executivo da canalização do Arroio dos Pereiras. No desenvolvimento dos projetos deverão ser obedecidos os procedimentos dispostos pelas normas da ABNT em suas versões atualizadas. O projeto deverá conter, no mínimo:

- *O projeto executivo deverá apresentar, de forma clara e precisa, o memorial descritivo (concepção adotada, metodologia, parâmetros de projeto, planilhas de cálculos hidráulicos, especificações técnicas, quantitativos e orçamento), além de peças gráficas com detalhes construtivos e as indicações necessárias à interpretação dos elementos que os comporão para posterior execução de obras;*
- *O projeto executivo de macrodrenagem será a base para a compatibilização dos diversos projetos complementares; e*
- *As estruturas que utilizarão concreto armado deverão ter seu cálculo e todo o detalhamento de forma e ferro anexados, estando os custos relativos a estes projetos inseridos no preço para elaboração do projeto de macro drenagem.*

Atividade 3: Após a elaboração do anteprojeto e projeto executivo, deverão ser iniciadas as obras de canalização do Arroio dos Pereiras. No Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana, o anteprojeto para a canalização do arroio apresentou a estimativa de custos para a obra de canalização. Devido à inexistência de projeto executivo, que deverá ser realizado conforme descrito na atividade anterior, os custos foram estimados para demonstrar a magnitude dos investimentos a serem realizados pelo município. Sendo assim, a Prefeitura deverá planejar a obtenção de recursos de fontes internas e/ou externas para assim, realizar das obras de canalização do Arroio dos Pereiras.

PROGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE DETENÇÃO/RETENÇÃO	
OBJETIVO	Controlar a vazão de pico nos eventos de chuva. Melhorar o escoamento dos rios e córregos. Evitar inundações e enchentes na jusante dos rios.
JUSTIFICATIVA	As bacias de detenção/retenção são estruturas de acumulação temporária e/ou infiltração de águas pluviais que são utilizadas para o amortecimento de cheias geradas como forma de controle de inundação. Trata-se de um reservatório construído para o armazenamento temporário das águas pluviais escoadas superficialmente. A água armazenada na bacia de detenção é liberada para o corpo hídrico de maneira gradual. Desta forma, os picos de vazão de escoamento superficial não alteram de forma drástica a vazão do corpo receptor, prevenindo o acontecimento de alagamentos.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Elaboração de pré-dimensionamento das bacias de detenção/retenção, com a capacidade estimada de armazenamento.	Imediato	Projeto
2.	Escolha das áreas para a implantação das bacias de detenção/retenção	Imediato/Curto	Projeto
3.	Contratação de empresa para elaboração do Projeto Executivo das bacias de detenção/retenção.	Curto/Médio	Projeto
4.	Realização das obras de construção das bacias de detenção/retenção.	Curto/Médio/Longo	Ação

Atividade 1: Esta atividade foi realizada preliminarmente e apresentada no Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana deste Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Atividade 2: A prefeitura deverá escolher as áreas com possibilidade de implantação destes reservatórios de detenção em cada sub-bacia da área urbana, como apresentado, com preferência das áreas que já pertencem ao município.

Atividade 3: Como apresentado anteriormente na atividade 2 do Programa de Canalização do Arroio dos Pereiras, é necessário a elaboração de projeto executivo por meio de empresa especializada em projetos de drenagem e obras hidráulicas. Para a elaboração do projeto executivo das bacias de detenção/retenção necessárias em Irati.

Atividade 4: Após a elaboração do anteprojeto e projeto executivo, deverão ser iniciadas as obras de construção das bacias de detenção/retenção. No Produto 3 – Análise da Drenagem Urbana foi apresentada as estimativas de custos para a implantação das bacias de detenção/retenção. A Tabela 18 apresenta os custos e prazo de investimento da atividade 3 do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção. Salienta-se que para o médio e longo prazo são considerados os custos de reconstituição anual por m³.

Tabela 18. Custos e prazo de investimento da atividade 3 do Programa de Implantação de Bacias de Detenção/Retenção.

Prazo	Ano	Custo estimado
Imediato	2019 - 2020	-
Curto	2021 - 2023	R$ 16.347.155,00
Médio	2024 - 2033	R$ 686.720,00
Longo	2034 - 2048	R$ 1.030.080,00
Total de investimentos:		**R$ 18.063.955,00**

Sendo assim, a Prefeitura deverá planejar a obtenção de recursos de fontes internas e/ou externas para assim, realizar das obras necessárias, conforme prazos de investimentos estimados anteriormente.

PROGRAMA DE REALOCAÇÃO E MONITORAMENTO DE INTERFERÊNCIAS	
OBJETIVO	Permitir o escoamento livre de rios e córregos.
JUSTIFICATIVA	As tubulações que cruzam os rios e córregos, bem como as pontes e travessias devem permitir o escoamento livre para evitar estrangulamento que é responsável por inundações a montante desses pontos.

	Atividades	Prazo	Classificação
1.	Identificação das interferências.	Imediato	Ação
2.	Contato com os responsáveis pelas interferências.	Imediato	Ação
3.	Realocação e/ou retirada das interferências.	Curto	Projeto
4.	Realização de monitoramento.	Permanente	Ação

Atividade 1: Toda e qualquer tipo de interferências que venham a influenciar no escoamento natural dos rios e córregos do município deverão ser identificados e mapeados por equipe responsável. Deverão ser identificados local e responsáveis por cada interferência. Além disso, as interferências poderão ser classificadas conforme o seu grau de influência no escoamento dos rios e córregos (por exemplo, interferência baixa, moderada e acentuada). Desta forma, após a identificação e classificação das interferências existentes, os responsáveis serão contatados para a realocação ou a retirada da interferência – conforme as atividades a seguir – priorizando as interferências que influenciam no escoamento de rios e córregos de forma acentuada. Em seguida, poderão ser tratadas as interferências de forma moderada e baixa.

Atividade 2: Após a identificação das interferências, a equipe responsável pela elaboração do Programa de Realocação e Monitoramento de Interferências deverá realizar contato com os

responsáveis (Prefeitura, operador dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, operador do sistema de gás, propriedades particulares, entre outros), para solicitação da realocação ou retirada. Conforme descrito anteriormente, este contato poderá ser iniciado para os responsáveis de interferências que influenciem o escoamento de rios e córregos de forma acentuada; seguido pelo contato dos responsáveis de interferências de forma moderada e baixa. Esta solicitação para a realocação ou retirada das interferências poderá ser realizada por telefone ou por visita no local, demonstrando a necessidade de retirada ou realocação da interferência e prazo para solucionar o obstáculo indicado.

Atividade 3: Após a identificação e mapeamento das interferências e a realização do contato com os responsáveis por estas, deverão ser realocadas ou retiradas as interferências que apresentem influência no escoamento dos rios e córregos do município de Irati. Conforme citado na atividade anterior, a equipe responsável pelo desenvolvimento deste programa entrará em contato com os responsáveis das interferências identificadas no município, demonstrando o impacto causado pela interferência e a medida necessária que deve ser tomada para solucionar o problema, conforme será estabelecido no Manual de Drenagem deste Plano Diretor de Drenagem Urbana. Assim, fica a cargo dos responsáveis de cada interferência solucionar o problema, ao passo em que fica a cargo da administração pública cobrar a realocação ou retirada da interferência identificada.

Atividade 4: Deverá ser feito o monitoramento constante para que sejam seguidos os procedimentos para a instalação de travessias e tubulações que cruzam os rios e córregos que serão detalhados no Manual de Drenagem. Assim, sugere-se que a equipe responsável pela realização do programa desenvolva uma forma de vistorias periódicas nos rios e córregos do município para identificar a existência de novas interferências e/ou a não solução de interferências já identificadas anteriormente. Caso sejam identificadas, a equipe responsável deverá identificar e classificar a interferência, assim como também entrar em contato com os responsáveis para tomar as medidas necessárias.

10.3. Avaliação dos Benefícios Esperados

Uma das atividades mais complexas de um Plano Diretor de Drenagem é a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação das obras previstas (medidas estruturais) e da regulação (medidas não estruturais), pois a sua perceptibilidade é restrita. Cruz e Tucci (2007) analisaram a drenagem de Porto Alegre existente e mostraram que o custo do controle futuro dos impactos é três vezes superior que a gestão preventiva na drenagem urbana. Em Porto Alegre, a regulação

implementada em 2000 resultou depois de sete anos em uma redução de perdas futuras em R$ 7 milhões/ano (CARMONA, 2008). A alternativa mais utilizada de é quantificar os danos evitados a bens e propriedades, prejuízos no comercio e serviços, entre outros. De acordo com Barth (1997), os danos decorrentes das inundações podem ser classificados como:

- ***Diretos:*** *são as perdas de bens e serviços que podem ocorrer como consequência do contato direto com a inundação. Sua avaliação é feita pelo custo de reposição, reparo e recuperação da área atingida. São estimados a partir de dados históricos levantados na área inundada em estudo ou por meio de formas empíricas definidas para situações de inundação similares; e*
- ***Indiretos:*** *ocorrem na área inundada ou por ela influenciada, como, por exemplo, na paralisação de atividades econômicas e de serviços públicos, na perda de horas de trabalho daqueles que residem na área, no custo adicional de transporte para desviar áreas inundadas e nos gastos com atendimento de emergência e desabrigados etc.*

10.3.1. Custos e Benefícios Intangíveis

Os custos e benefícios intangíveis são aqueles que não se pode atribuir valor monetário. A Tabela 19 apresenta os custos e benefícios intangíveis para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Irati.

Tabela 19. Custos e Benefícios Intangíveis.

Dano	Custos Intangíveis	
	Privado	Público
Direto	Vidas Humanas Saúde Pública Meio Ambiente Estresse causado pelas inundações	Interrupção das atividades nas comunitárias
Indireto	Estresse causado pela expectativa de inundações futuras	Perda de receita de impostos pela desmobilização de atividades
Benefício	**Benefícios Intangíveis**	
	Privado	Público
Direto	Melhoria da qualidade de vida Melhoria da saúde pública Melhoria do meio ambiente Valorização dos imóveis	Continuidade das atividades comunitárias
Indireto	Segurança à população para habitar áreas sem risco de inundação Favorecimento das atividades comerciais, industriais e de serviços em áreas sem risco de inundação.	Segurança para a instalação de indústrias, comércios e serviços nas áreas sem risco de inundação. Arrecadação de impostos

10.3.2. Benefícios Anuais de Evitar os Danos Diretos

Os danos das áreas afetadas podem ser estimados a partir de dados históricos de danos da inundação ou por meio de fórmulas empíricas. Já os danos indiretos são estimados como um percentual do dano direto, definido em levantamentos realizados em eventos de inundação no Brasil, que segundo Vieira (1970) são da ordem de 20% dos danos diretos totais. O DAEE apresenta a estimativa dos danos indiretos sobre danos diretos de acordo com o tipo de ocupação, como mostra a Tabela 20. Para a definição dos danos diretos, a forma mais prática é equação do dano agregado, desenvolvida por James e Lee, 1971, citada por Tucci (1994) e Canholi (1995). A Tabela 21 apresenta a estimativa dos benefícios anuais (danos evitados) por sub-bacia da área urbana de Irati.

Tabela 20. Percentual dos danos indiretos sobre danos diretos.

Ocupação	% de danos indiretos sobre danos diretos
Área residencial	15
Área comercial	37
Industrial	45
Serviços	10
Propriedades Públicas	34
Agricultura	10
Auto Estradas	25
Ferrovias	23

Fonte: DAEE (1990).

JAMES E LEE, 1971:

$$C_d = K_d \times M_e \times h \times A \times U$$

Onde:

Cd = Dano Direto – o custo indireto usado comumente no Brasil é de 20%, então *Cd x 1,2* será o custo direto com o custo indireto);

Kd = 0,15/m – fator determinado pela análise dos danos de inundações ocorridas ou seja dos dados históricos JAMES e LEE (1971). O valor de *Kd* é obtido pela relação entre os danos marginais em relação à profundidade h (Canholi,1995).

Me = valor de mercado das edificações por unidade de área.

h = profundidade média da inundação.

U = proporção entre a área de ocupação da área de ocupação desenvolvida e área total inundada;

A = área inundada.

Tabela 21. Estimativa dos benefícios anuais (danos evitados).

Sub-bacia	U	Área Inundada	Altura média da inundação	Custo Direto + Custo Indireto	Benefício Anua – Área Inundada 1 vez por ano	Benefício Anual – Área Inundada 2 vezes ano ano	Benefício Anual – Área Inundada 1 vez a cada 10 anos
		A (m²)	h (m)	(Cd x 1,2) (R$)	(R$)	(R$)	(R$)
Rio Bonito	0,2	27.527	0,3	R$ 2.229.719,40	R$ 2.229.719,40	R$ 4.459.438,80	R$ 222.971,94
Rio do Meio	0,5	277.461	0,3	R$ 22.474.300,50	R$ 22.474.300,50	R$ 44.948.601,00	R$ 2.247.430,05
Alto Antas	0,5	335.144	0,3	R$ 27.146.623,50	R$ 27.146.623,50	R$ 54.293.247,00	R$ 2.714.662,35
Arroio dos Pereiras	0,73	258.808	0,3	R$ 20.963.418,03	R$ 20.963.418,03	R$ 41.926.836,06	R$ 2.096.341,80
Médio Antas	0,6	412.495	0,3	R$ 33.412.062,60	R$ 33.412.062,60	R$ 66.824.125,20	R$ 3.341.206,26
Nhadapinhazal	0,25	22.548	0,3	R$ 1.826.388,00	R$ 1.826.388,00	R$ 3.652.776,00	R$ 182.638,80
Riozinho	0,34	62.189	0,3	R$ 5.037.313,86	R$ 5.037.313,86	R$ 10.074.627,72	R$ 503.731,39
				Total	R$ 113.089.825,89	R$ 226.179.651,78	R$ 11.308.982,59

11. MATERIAL DE CONSULTA

Este Manual trata apenas das intervenções e medidas sugeridas para o município durante a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana, apresentadas nos produtos que fazem parte do Plano, de forma a tornar esse documento o mais objetivo possível. Para demais consultas sugere-se a equipe técnica da Prefeitura, projetistas e leitores, além das referências bibliográficas apresentas neste manual, os seguintes materiais:

GUIA PRÁTICO PARA PROJETOS DE PEQUENAS OBRAS HIDRÁULICAS - DAEE DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO.

São Paulo. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. São Paulo, DAEE, 2005.

DRENAGEM URBANA E CONTROLE DE ENCHENTES - ALUÍSIO PARDO CANHOLI

CANHOLI, Aluísio. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de textos. São Paulo, 2015.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS

PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Manejo de Águas Pluviais Urbanas / Antônio Marozzi Righetto. Rio de Janeiro. ABES, 2009.

MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO - DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO, TRAVESSIAS E SIFÕES INVERTIDOS. SANEPAR, 2018.

Disponível em: http://site.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/14

12. REFERÊNCIAS

ALESSI F. KOKOT P. J. GOMES J. **Comparação do escoamento superficial gerado por pavimentos permeáveis em blocos de concreto e asfalto poroso.** Curitiba, v. 3 , n. 1, p. 139-156, 2006.

BOELHOUWER, W.P., 2001. **Now is the time for global marketing!** p. 299-302. In: *10th International Rainwater Catchment System Conference,* 10-14 September 2001, Mannheim, Germany.

BRASIL. Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666 de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 29 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 01 de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766 de 19 de dezembro de 1079, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>. Acesso em: 29 mar. 2019.

CARVALHO, J. A. **Obras Hidráulicas.** Lavras: UFLA, 2000. 210 p. Apostila

DAEE- Departamento de Água e Energia Elétrica. **Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê**, São Paulo: dezembro 1998. -DAEE- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA

FENDRICH, R.; OBLADEN, N.L.; AISSE, M.M.; GARCIAS, C.M. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Editora Universitária Champagnat. Curitiba, 1997.

HOWELL, Terry A. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. **Agronomy journal**, v. 93, n. 2, p. 281-289, 2001.

IRATI. Lei nº 4.228 de 20 de dezembro de 2016. **Institui o Plano Diretor Municipal de Irati, estabelece diretrizes para o planejamento do município e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 29 mar. 2019.

IRATI. Lei nº 4.229 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre o Código de Posturas do município de Irati.** Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 29 mar. 2019.

IRATI. Lei nº 4.231 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano e rural no município de Irati, e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 29 mar. 2019.

IRATI. Lei nº 4.232 de 20 de dezembro de 2016. **Define o perímetro urbano, os bairros do distrito sede do município de Irati, bem como os distritos de Gonçalves, Junior, Guamirim e Itapará e seus respectivos núcleos urbanos.** Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 29 mar. 2019.

IRATI. Lei nº 4.234 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos no município de Irati e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 29 mar. 2019.

IRATI. Lei nº 4.235 de 20 de dezembro de 2016. **Dispõe sobre as edificações e as obras do município de Irati e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/processo-legislativo/plano-diretor>. Acesso em: 29 mar. 2019.

IRATI. **Lei Orgânica Municipal**. Disponível em: <https://www.irati.pr.leg.br/leis/lei-organica-municipal/lom>. Acesso em: 29 mar. 2019.

KIBLER, David F. **Urban stormwater hydrology**. American Geophysical Union, 1982.

MENDES, Carlos André Bulhões; CIRILO, José Almir. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios.** Integração e Aplicação. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001.

NICHOLAS, D., 1995, **Techniques for On Site Stormwater Detention in Sidney, Australia : Quantity and Quality Control Mechanisms for Frequency Staged Storage**, 2nd International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage, NOVATECH 95, Lyon, France.

PARANÁ. Decreto nº 2.135 de 17 de julho de 2000. **Regulamenta o processo de instituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas.** Disponível em: <http://www.saude.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/estadual_decretos/00DecretoPR2315.pdf>. Acesso: 29 mar. 2019.

PARANÁ. Decreto nº 9.941 de 23 de janeiro de 2014. **Institui o Sistema Paranaense de Informações para a Gestão dos Riscos a Desastres Naturais.** Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/Decreto9941SigRiscoDigitalizado.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

PARANÁ. Lei nº 12.726 de 26 de novembro de 1999. **Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=241036>. Acesso em: 29 mar. 2019.

PARANÁ. Lei nº 18.519 de 23 de julho de 2015. **Instituição da Política Estadual de Proteção e Defesa Civil**. Disponível em:

<https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=144318&codTipoAto=&tipoVisualizacao=alterado>. Acesso em: 29 mar. 2019.

SEIL – Secretaria de Infraestrutura e Logística. Departamento de Estradas de Rodagem. **Especificações de Serviços Rodoviários**. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=65>. Acesso em: 29 mar. 2019.

SEMA – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA nº 52 de 06 de novembro de 2009. **Estabelece parâmetros quantitativos para qualificação como insignificantes os usos de recursos hídricos referentes ao lançamento concentrado de águas pluviais em cursos de água.** Disponível: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=144221>. Acesso em: 29 mar. 2019.

TUCCI, C. E. M (2007) - **Hidrologia. Ciência e Aplicação**. EDUSP, São Paulo (SP).

ZZOUT, Y.; BARRAUD, S.; CRES, F.N.; ALFAKIH, E ., 1994, **Techniques Alternatives en Assainissement Pluvial : Choix, Conception, Réalisation et Entretien,** LCPC, INSA Lyon, Certu, Agences de l'Eau, Lavoisier Technique et Documentation, Paris. ASCE,1969. Design and Construction of sanitary and storm sewers. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).