

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

GUIA DE ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA DRENAGEM URBANA



Prefeitura de
Joinville

MEIO AMBIENTE



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

GUIA DE ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA DRENAGEM

URBANA

Elaborado por meio do Termo de
Contrato n° 617/2022

Joinville
2025

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações pluviométricas de referência.....	36
Figura 2 – Curvas IDF's da estação RPSVSC (Cód. 2648014).....	38
Figura 3 – Método do Hidrograma Triangular do SCS.....	46
Figura 4 – Modificações no hidrograma de cheias impostas pelo processo de urbanização.....	53
Figura 5 – Hidrograma de cheias pré-ocupação, pós-ocupação e pós-ocupação com controle na fonte.....	54
Figura 6 – Configuração Típica de Vala de Detenção.....	56
Figura 7 – Configuração Típica de Bacia de Detenção.....	56
Figura 8 – Configuração Típica de poço de infiltração.....	57
Figura 9 – Configuração Típica de vala de infiltração.....	58
Figura 10 – Configuração Típica da trincheira de infiltração.....	58
Figura 11 – Exemplos de Pavimentos Permeáveis.....	59
Figura 12 – Configuração Típica do Telhado Verde.....	60
Figura 13 – Boca de Lobo Simples.....	67
Figura 14 – Boca de Lobo com Grelha.....	67
Figura 15 – Boca de Lobo Combinada.....	68
Figura 16 – Seção Circular.....	75
Figura 17 – Exemplo esquemático de ala e dissipador com enrocamento.....	79
Figura 18 – Etapas de Planejamento Recomendadas para Estudos e Projetos de Macrodrenagem.....	83
Figura 19 – Exemplo de Bacia de Detenção.....	87
Figura 20 – Exemplo de Lagoa de Sedimentos.....	87
Figura 21 – Elementos Geométricos da Galeria Celular.....	89



LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Intensidade da chuva em mm/min.....	37
Quadro 2 – Altura da chuva em mm.....	37
Quadro 3 – Tempo de Recorrência em Função do Tipo de Obra e Ocupação da Área.....	40
Quadro 4 – Valores do Coeficiente de Escoamento Superficial Direto.....	45
Quadro 5 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas.....	49
Quadro 6 – Coeficiente de Manning.....	72
Quadro 7 – Velocidade Mínima e Máxima dependendo do Revestimento.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

AGESAN – Agência Reguladora de Serviço de Saneamento Básico de Santa Catarina

ARIS – Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

CAF - Comissão de Acompanhamento e Fiscalização

CAJ - Companhia Águas de Joinville

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CONDEMA – Conselho Municipal de Meio Ambiente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GT - Grupo de Trabalho

FUNDEMA – Fundação Municipal de Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

SAMA - Secretaria de Meio Ambiente

SAP - Secretaria de Administração e Planejamento

SAS - Secretaria de Assistência Social

SC - Estado de Santa Catarina

SEHAB – Secretaria de Habitação

SEINFRA - Secretaria de Infraestrutura Urbana

SEPUR - Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano

SISMMAM – Sistema Municipal de Meio Ambiente

SISNMAM – Sistema Nacional de Meio Ambiente

TDR - Termo de Referência



Prefeitura de
Joinville

MEIO AMBIENTE



Nova Engevix
ENGENHARIA



MPB
Engenharia



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. LISTAR LEIS, NORMAS, RESOLUÇÕES E OUTROS DOCUMENTOS LEGAIS APLICÁVEIS.....	9
2.1. LEVANTAMENTO DA LEGISLAÇÃO E ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS LEGAIS DE SANEAMENTO AMBIENTAL.....	9
2.1.1. Legislação no Âmbito Federal.....	9
2.1.2. Legislação no Âmbito Estadual.....	15
2.1.3. Legislação no Âmbito Municipal.....	22
2.1.4. Instrumentos Legais de Saneamento Básico.....	28
3. VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS REGIONALIZADAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA	31
3.1. CURVA DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF):.....	32
3.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (TC) E DURAÇÃO DA CHUVA.....	37
3.3. TEMPO DE RECORRÊNCIA – TR.....	38
3.4. DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	39
3.4.1. Método Racional.....	40
3.4.2. Método Racional Modificado.....	41
3.4.3. Método do Hidrograma Triangular.....	44
4. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA O PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONTROLE, INCLUINDO PROPOSTAS DE SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO TAMBÉM EM NÍVEL DE CONTROLE DE LOTE, CONSIDERANDO ÁREA, CUSTOS E ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.....	50
4.1. MEDIDAS DE CONTROLES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS.....	50
4.1.1. Soluções de CONTENÇÃO em Nível de Lote (Controle na Fonte).....	51
4.2. CRITÉRIOS DE PROJETOS DE MICRODRENAGEM.....	59
4.2.1. Condução hidráulica de ruas e sarjetas.....	63
4.2.2. Bocas de Lobo.....	64
4.2.3. Canais abertos.....	68
4.2.4. Caixas de Inspeção, Passagem e de Queda.....	70
4.2.5. Galerias.....	71
4.2.6. Exemplos de alguns Elementos Hidráulicos Complementares.....	73
4.2.7. Critérios para a apresentação de projetos de microdrenagem.....	79
4.3. CRITÉRIOS DE PROJETOS DE MACRODRENAGEM.....	80
4.3.1. Alternativas de Controle.....	83
4.3.2. Parque Isolado Associado a Reservatório de Amortecimento.....	83
4.3.3. Parque Linear Ribeirinho.....	84



4.3.4. Bacias de Contenção e Sedimentos.....	85
4.3.5. Sistemas de Galerias de Águas Pluviais.....	86
4.3.6. Bacias de Detenção ou Retenção.....	89
5. INTERFERÊNCIAS COM OUTRAS REDES IMPLANTADAS (ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL, ESGOTAMENTO SANITÁRIO, GÁS, ENERGIA, TELEFONIA, ENTRE OUTRAS).....	91
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
7. ANEXOS.....	97

1. INTRODUÇÃO

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) tem por objetivo apresentar o diagnóstico do saneamento básico no território do município e definir o planejamento para o setor. Destina-se a formular as linhas de ações estruturantes e operacionais referentes ao saneamento, com base na análise e avaliação das demandas e necessidades de melhoria dos serviços no território municipal.

O PMSB contemplará um horizonte de 20 (vinte) anos e abrangerá os conteúdos mínimos definidos em legislação federal (Lei nº 11.445/2007, Lei nº 14.026/2020 e Lei nº 12.305/2010), além de estar em consonância com o Plano Diretor, com os objetivos e as diretrizes dos planos plurianuais (PPA), com os planos de recursos hídricos, com a legislação ambiental, legislação de saúde e de educação, entre outros de interesse.

O Município de Joinville, através de financiamento junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), estabeleceu concorrência para a revisão e integração dos planos setoriais existentes de saneamento básico, a qual resultou na contratação do Consórcio Nova Engevix - MPB Saneamento Limitada, através do Termo de Contrato nº 617/2022 - Ordem de Serviço (SEI Nº 0014362034).

Os serviços de responsabilidade da Contratada compreendem, em linhas gerais, ao seguinte escopo:

- Elaboração de diagnóstico do saneamento básico do município;
- Projeções de demandas qualitativas e quantitativas dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, bem como drenagem e manejo de águas pluviais urbanas;
- Formulação de cenários de atendimento dos serviços de saneamento;
- Elaboração de prognósticos dos serviços, incluindo o detalhamento de programas, projetos e ações para universalização e otimização dos serviços atualmente executados;
- Criação e apresentação de plano de ações, de guias de orientações técnicas e de estudos técnicos e financeiros do processo de planejamento.

Para a execução dos trabalhos, o Consórcio seguirá o disposto contido no Termo de Referência (TDR) do Edital Solicitação Padrão de Propostas nº 201/2021, assim

como seu conteúdo respeitará as recomendações técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as diretrizes da legislação correlata vigente.

As ações gerenciais integradas serão aplicadas nas diversas fases da elaboração do PMSB, iniciadas desde a sua mobilização e instalação até a entrega definitiva.

O prazo máximo previsto para a elaboração da revisão e atualização do PMSB de Joinville é de 20 (vinte) meses, contados a partir da data de assinatura da Ordem de Serviços (21/09/2022), que corresponde ao marco referencial que materializa o efetivo início dos serviços, quando será providenciada a mobilização geral do Consórcio.

Para a revisão do PMSB a Prefeitura de Joinville criou duas instâncias: a Comissão de Acompanhamento e Fiscalização (CAF), formalizada pela Portaria nº 146/2022; e o Grupo de Trabalho (GT), oficializado pela Portaria nº 153/2022.

No presente documento é apresentado o Guia de Orientações Técnicas para Drenagem Urbana.

2. LISTAR LEIS, NORMAS, RESOLUÇÕES E OUTROS DOCUMENTOS LEGAIS APLICÁVEIS

2.1. LEVANTAMENTO DA LEGISLAÇÃO E ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS LEGAIS DE SANEAMENTO AMBIENTAL

2.1.1. Legislação no Âmbito Federal

a) Constituição Federal

A Constituição Federal promulgada em 1988 estabelece:

No art. 21, inciso XIX, prevê a instituição do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e no inciso XX estabelece as diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes.

No Art. 23, compete a União, Estados, Distrito Federal e Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, conforme inciso VI e preservar as florestas, a fauna e a flora, de acordo com o inciso VII.

No Art. 200, compete ao sistema único de saúde participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico (inciso IV) e conforme inciso VI, fiscalizar e inspecionar alimentos, compreendido o controle de seu teor nutricional, bem como bebidas e águas para consumo humano.

No Art. 225, estabelece as diretrizes gerais quanto ao meio ambiente em que “todos tem o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

No capítulo III da Constituição Federal encontram-se as disposições constitucionais relativas aos Estados.

No Art. 25, preceitua a Constituição Federal que

Os Estados organizam-se e regem-se pelas Constituições e leis que adotarem, observados os princípios desta Constituição” e nos parágrafos abaixo diz:

§ 1º - São reservadas aos Estados às competências que não lhes sejam vedadas por esta Constituição.

§ 3º - Os Estados poderão, mediante lei complementar, instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum.

(CONSTITUIÇÃO FEDERAL 1988, art. 25)

No Art. 26, trata dos bens dos Estados, onde se destaca no inciso II, que estabelece como bens do Estado “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União).

No Art. 30, preceitua a C F, as competências municipais, onde se destacam os seguintes incisos:

I - legislar sobre assuntos de interesse local;

II - suplementar a legislação federal e a estadual no que couber;

V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;

VII - prestar, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, serviços de atendimento à saúde da população;

b) Leis

- **Lei Federal Nº 6.776, de 1979** - Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências;

- **Lei Federal Nº 6.938, de 1981** - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;

- **Lei Federal Nº 9.433, de 1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989;

- **Lei Federal Nº 9.605, de 1998** - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;

- **Lei Federal Nº 11.107, de 2005** - Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências;
- **Lei Federal Nº 9.984, de 2000** – Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
- **Lei Federal Nº 9.966, de 2000** – Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências;
- **Lei Federal Nº 10.257, de 2001** – Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
- **Lei Federal Nº 11.445, de 2007** – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e princípios como o da universalização do acesso, da integralidade e intersetorialidade das ações e da participação social.

OBS: O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é uma determinação da Lei Federal 11.445. Os municípios, titulares dos serviços, deverão estabelecer a Política Pública de Saneamento Básico e elaborar os respectivos Planos Municipais e/ou regionais de saneamento básico que objetiva ser o principal instrumento de planejamento e para gestão do saneamento básico municipal. Ressalta-se que Constituição do Plano (PMSB) é condição de validade dos contratos que tenham como objeto a prestação de serviços públicos de Saneamento básico (art. 8 e 11 da Lei 11.445).

- **Lei Federal Nº 12.651, de 2012** – Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
- **Lei Federal Nº 14.206, de 2020** – Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para

alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, chamada de novo marco regulatório do saneamento básico, estimula a concorrência, a desestatização do setor e a privatização de empresas públicas estatais de saneamento, entre outras inovações importantes para minimizar os graves problemas ambientais e de saúde pública causados pela insuficiência de saneamento no Brasil.

c) Resoluções

- **Resolução CONAMA nº 344, de 2004** - Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 357, de 2005** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;
- **Resolução CONAMA Nº 369, de 2006** - Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.
- **Resolução Recomendada nº 32/2007 do Conselho das Cidades** - Recomendar a realização de uma Campanha Nacional de sensibilização e mobilização, visando à elaboração e implementação dos Planos de Saneamento Básico;
- **Resolução Recomendada nº33/2007 do Conselho das Cidades** - Recomendar prazos para a elaboração dos Planos de Saneamento Básico e instituição de Grupo de Trabalho para formular proposta de planejamento para a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico;

- **Resolução Recomendada nº75/2009 do Conselho das Cidades** - Estabelece orientações relativas à Política de Saneamento Básico e ao conteúdo mínimo dos Planos de Saneamento Básico;
- **Resolução CONAMA nº. 430, de 2011** - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional Do Meio Ambiente CONAMA.
- **Decreto nº 6.514, de 2008** - Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências;
- **Decreto nº 7.217, 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;
- **Decreto nº 9.917, de 2019** - Declara a revogação, para os fins do disposto no art. 16 da Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, de decretos normativos.
- **Decreto nº 10.000, de 2019** - Dispõe sobre o Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- **Decreto nº 10.203, de 2020** - Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico;
- **Decreto nº 10.588, de 2020** - Dispõe sobre o apoio técnico e financeiro de que trata o art. 13 da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, sobre a alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou geridos ou operados por órgãos ou entidades da União de que trata o art. 50 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

d) Portarias

- **Portaria nº. 124, de 1980** - Estabelece normas para localização de indústrias potencialmente poluidoras junto às coleções hídricas.
- **Portaria do IBAMA nº 32, de 1995** - Obriga ao cadastramento no IBAMA as pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam ou comercializem a substância mercúrio metálico;

- **Portaria Interministerial MME/MMA nº 464, de 2007** - Dispõe que os produtores e os importadores de óleo lubrificante acabado são responsáveis pela coleta de todo óleo lubrificante usado ou contaminado, ou alternativamente, pelo correspondente custeio da coleta efetivamente realizada, bem como sua destinação final de forma adequada;
- **Lei Complementar nº 140, de 2011** - Estabelece normas, nos incisos III, VI e VII e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, relativa à proteção das paisagens naturais notáveis, para a proteção do meio ambiente, na preservação e minimização da contaminação para a preservação dos bosques, da fauna e da flora;
- **Portaria nº 1.917, de 2019** - Regulamenta os requisitos e os procedimentos para aprovação e acompanhamento de projetos de investimento considerados como prioritários na área de infraestrutura para o setor de saneamento básico, para efeito do disposto no Decreto n. 8.874, de 11 de outubro de 2016, e no art. 2º da Lei n. 12.431, de 24 de junho de 2011, e
- **Portaria nº. 888, de 2021, do Ministério da Saúde** - Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

OBS: As demais legislações dos setores de saneamento estão descritas nos seus respectivos itens neste relatório.

e) Normas Técnicas (NBR)

As normas técnicas brasileiras (NBR) relacionadas a obras e projetos de macro e microdrenagem podem fornecer diretrizes importantes para o planejamento, projeto, construção e manutenção de sistemas de drenagem urbana. A seguir são apresentadas algumas das normas NBR's relevantes para essas áreas:

- **NBR 10844 - Projeto de Sistemas de Captação de Águas Pluviais em Áreas Urbanas:** Esta norma estabelece os requisitos e critérios para o projeto de sistemas de captação de águas pluviais, incluindo a macrodrenagem em áreas urbanas.
- **NBR 10836 - Projeto de Rede Coletora de Esgoto Sanitário em Áreas Urbanas:** Embora não seja especificamente focada em drenagem pluvial, esta norma trata do projeto de redes coletoras de esgoto, que pode ter interfaces com sistemas de drenagem urbana.



- NBR 9649 - Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários: Esta norma estabelece os critérios básicos para o projeto de sistemas de tratamento de esgoto sanitário, que pode ser relevante para a gestão de águas pluviais em áreas urbanas.
- NBR 12207 - Projeto de Drenagem Urbana: Esta norma fornece diretrizes para o projeto de sistemas de drenagem urbana, incluindo macro e microdrenagem, para controle de enchentes e gestão de águas pluviais.
- NBR 15527 - Drenagem de Rodovias: Embora seja específica para rodovias, esta norma aborda aspectos relacionados à drenagem de vias públicas, que podem ser relevantes para projetos de macrodrenagem urbana.
- NBR 15529 - Sistemas Enterrados para Utilização de Água de Chuva - Requisitos e Métodos de Ensaio: Esta norma estabelece requisitos e métodos de ensaio para sistemas enterrados que utilizam água de chuva, o que pode ser uma parte integrante de projetos de microdrenagem urbana.

2.1.2. Legislação no Âmbito Estadual

a) *Constituição Estadual*

As questões relativas ao saneamento básico encontram-se previstas de forma indireta na Constituição do Estado de Santa Catarina, levando em conta o disposto em seu Art. 9 como competência do Estado, de proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas e promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico.

De acordo com o Art. 10, compete ao Estado legislar, concorrentemente com a União, sobre florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição e responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

Já no Art. 153º, parágrafo único, traz que o direito à saúde implica os seguintes princípios fundamentais: *I - trabalho digno, educação, alimentação, saneamento, moradia, meio ambiente saudável, transporte e lazer.*

No Capítulo IV, Do Meio Ambiente, no Art. 181º, todos têm direito ao meio ambiente



ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Consoante o Art. 182º incumbe ao Estado, na forma da lei:

V - exigir, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudos prévios de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

VI - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VII - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino público e privado, bem como promover a conscientização pública para preservação do meio ambiente, assegurada a atuação conjunta dos órgãos de educação e de atuação na área do meio ambiente;

VIII - informar sistematicamente a população sobre os níveis de poluição, a qualidade do meio ambiente, a situação de riscos de acidentes e a presença de substâncias potencialmente danosas à saúde na água, no ar, no solo e nos alimentos;

(CONSTITUIÇÃO ESTADUAL DE 1989, art. 182)

No Capítulo IX, relacionado ao Turismo, traz em seu Art. 192-A, que o Estado promoverá e incentivará o turismo como fator de desenvolvimento econômico e social, de divulgação, de valorização e preservação do patrimônio cultural e natural, respeitando as peculiaridades locais, coibindo a desagregação das comunidades envolvidas e assegurando o respeito ao meio ambiente e à cultura das localidades exploradas, estimulando sua autossustentabilidade.

b) Leis

- • **Lei nº 6.739, de 1985** - Cria o Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Traz que em seu art. 3º, o que compete ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos:

I - estabelecer as diretrizes da política com vistas ao planejamento das atividades de aproveitamento e controle dos recursos hídricos

II - analisar as propostas de estudos e projetos sobre o uso, preservação e recuperação de recursos hídricos;

III - propor as diretrizes para o plano estadual de utilização dos recursos hídricos; IV - propor as diretrizes para o programa estadual de defesa contra as cheias;

V - propor normas para o uso, preservação e recuperação dos recursos hídricos;

VI - sugerir mecanismos de coordenação e integração junto ao Órgão Central do Sistema de Planejamento e Orçamento do Governo do Estado de Santa Catarina - SISPLANOR para o planejamento e execução das atividades relacionadas com a utilização dos recursos hídricos;

VII - compatibilizar a política estadual com a política federal de utilização dos recursos hídricos;

VIII - compatibilizar as ações intermunicipais com a ação estadual na área de utilização de recursos hídricos;

IX - propor diretrizes relativas à sistemática de elaboração, acompanhamento, avaliação e execução de programas, projetos e atividades na área de utilização de recursos hídricos;

X - estabelecer normas para a institucionalização de Comitês de Bacias Hidrográficas;

XI - orientar a constituição de Comitês de Bacias Hidrográficas;

XII - promover, prioritariamente, a integração dos programas e atividades governamentais de: a) abastecimento urbano e industrial;

b) controle de cheias;

c) irrigação e drenagem;

d) pesca;

e) transporte fluvial;

f) aproveitamento hidroelétrico;



- g) uso do solo;
- h) meio ambiente;
- i) hidrologia;
- j) meteorologia;
- l) hidrossedimentologia;
- m) lazer;

XIII - desenvolver outras atividades normativas relacionadas com a gestão e o controle de recursos hídricos no âmbito estadual.

• **Lei nº 9.748, de 1994** - Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Traz que em seu art. 3º, o Estado, obedecidos os critérios e normas estabelecidos pelo Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, assegurará os meios financeiros e institucionais referente à água:

- I - Utilização racional dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, assegurado o uso prioritário para o abastecimento das populações;
 - II - Descentralização da ação do Estado por bacias hidrográficas;
 - III - Proteção e conservação das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro:
- (LEI ESTADUAL Nº 9.748/1994, art.3)

• **Lei nº 13.517, de 2005** – Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e menciona seus instrumentos: o Plano Estadual de Saneamento¹, o Sistema Estadual de Saneamento e o Fundo Estadual de Saneamento.

Dentre os aspectos da respectiva Política Estadual de Saneamento Básico, abrange-se em seu conteúdo os princípios, os objetivos e as diretrizes.

Relativamente ao Plano Estadual, o qual inexistia atualmente, a Lei implica que o mesmo deverá ser elaborado de forma articulada com o Plano Estadual de Recursos Hídricos e com as políticas estaduais de saúde pública e de meio ambiente.

No que concerne ao Sistema Estadual de Saneamento, o presente dispositivo legal apresenta a composição do mesmo, com destaque para o Conselho Estadual de Saneamento, como órgão colegiado de caráter importante, com competência para dispor sobre a definição, a deliberação e o controle das ações dirigidas ao saneamento no âmbito do Estado de Santa Catarina.

Ainda referente ao Sistema Estadual de Saneamento, a Lei traz em seu Art. 14, que cabe aos Municípios o gerenciamento das instalações e serviços de saneamento essencialmente municipais, coordenando as ações pertinentes com os serviços e

¹ O Plano Estadual de Saneamento Básico ainda não foi elaborado pelo Governo de Santa Catarina. Os trâmites necessários para seu início de elaboração estão em fase de licitação (paralisada por decisão judicial em janeiro de 2022).

obras de expansão urbana, pavimentação, disposição de resíduos, drenagem de águas pluviais, uso e ocupação do solo e demais atividades de natureza tipicamente local.

Finalmente, quanto ao Fundo Estadual de Saneamento, a Lei é clara em afirmar, em seu Art.22, que o mesmo terá características de fundo rotativo, visando a gerar recursos financeiros permanentes e crescentes para o saneamento, sendo que os recursos advindos do Fundo serão aplicados prioritariamente nos programas e projetos do Plano Estadual de Saneamento (Art. 26).

- **Resolução CERH nº 01, de 2008** - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água de Santa Catarina e dá outras providências.

Traz em seu Art. 1º que será adotada a classificação estabelecida pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, enquanto não aprovado o novo enquadramento dos corpos d'água superficiais do Estado de Santa Catarina, baseado em estudos técnicos específicos.

Enquanto em no Art. 2º, a aprovação do enquadramento referido no artigo anterior pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH fica condicionada aos critérios estabelecidos na Resolução nº 12, de 19 de julho de 2000, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH ou legislação pertinente.

Já o Art. 3º, diz que os enquadramentos originados das propostas constantes dos Planos de Bacias existentes, e já aprovados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH, permanecem inalterados e, por fim o Art. 4º revoga-se a Resolução CERH nº 003, de 10 de agosto de 2007.

- **Lei nº 14.675, de 2009** - Instituiu o Código do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina

A Lei em destaque instituiu o Código do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina, o qual pode ser considerado uma sistematização da Lei Federal com importantes inovações que se aplicam às peculiaridades ambientais do território do nosso Estado.

Com base no princípio da razoabilidade, o novo código visa a produção sustentável, ou seja, a proteção dos recursos naturais de maneira economicamente viável e socialmente justa. A nova legislação está adequada à realidade ambiental, econômica e social de Santa Catarina, sempre com o intuito de proteção ao meio ambiente.

Como pontos mais relevantes da lei, pode-se citar:

- ✓ Criação das JARIAS - Juntas Administrativas Regionais de Infrações Ambientais – órgão julgador intermediário – composta por três membros governamentais e três do setor produtivo.
- ✓ Criação do Fundo de Compensação Ambiental e Desenvolvimento – FCAD com o objetivo de: investir no SEUC, especialmente na regularização fundiária destas unidades; remunerar os proprietários rurais e urbanos que mantenham áreas florestais nativas ou plantadas, sem fins de produção madeireira; financiar e subsidiar projetos produtivos que impliquem alteração do uso atual do solo e regularizem ambientalmente as propriedades rurais e urbanas; financiar e subsidiar projetos produtivos que diminuam o potencial de impacto ambiental das atividades poluidoras instaladas no Estado; e desenvolver o turismo e a urbanização sustentável no Estado;
- ✓ Estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos em matéria de política de meio ambiente, a organização administrativa do sistema estadual, incluindo os diferentes órgãos;
- ✓ Desenvolve também o conceito de Licenciamento Ambiental e suas modalidades, a fiscalização e a aplicação de sanções administrativas e auditorias meio ambientais; e
- ✓ Define o Sistema Estadual de Informações Ambientais e o monitoramento da qualidade ambiental e a proteção do solo, o ar, a flora e a fauna.

Além do exposto, a lei aborda do Art. 256 até o Art. 273 a questão dos resíduos sólidos, abordando fundamentalmente:

- ✓ A Política Estadual de Resíduos Sólidos (princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos);
- ✓ A elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (critérios para elaboração, aprovação e geradores obrigados a elaborar seus planos); e
- ✓ A forma de cobrança, por parte dos municípios, para os serviços realizados sob sua responsabilidade.



• **Lei Complementar nº 484, de 2010** - Cria a Agência Reguladora de Serviços De Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN, estabelece normas relativas aos serviços de saneamento básico e adota outras providências.

O Art. 2º traz que a Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN tem por finalidade fiscalizar e orientar a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, bem como editar normas técnicas, econômicas e sociais para a sua regulação, quando o serviço for prestado:

I - pelo Estado ou por entidade de sua administração indireta, em razão de convênio celebrado entre o Estado e o município;

II - por entidade da administração indireta estadual, em razão de permissão, contrato de programa, contrato de concessão ou convênio celebrados com o município;

III - por município ou consórcio público de municípios, direta ou indiretamente, mediante convênio ou contrato com entidade pública ou privada não integrante da administração pública estadual;

IV - por entidade de qualquer natureza que preste serviços em município situado em região metropolitana, aglomeração urbana ou em região onde a ação comum entre o Estado e municípios se fizer necessária;

V - por consórcio público integrado pelo Estado e por municípios; e

VI - de forma supletiva, nos municípios em que opera a empresa da administração indireta do Estado de Santa Catarina em que não exista entidade reguladora ou que ainda não celebrou convênio com a AGESAN, objetivando a defesa da saúde pública e do interesse dos usuários dos serviços públicos de saneamento básico prestados.

Parágrafo Único - A regulação e a fiscalização, pela Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN, dos serviços públicos de saneamento básico dependem de autorização expressa do município ou do consórcio público.

Art. 3º Para o cumprimento das finalidades a que se refere o art. 2º, compete à Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN:

I - supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação específica relativa ao saneamento básico;

II - fiscalizar a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, incluídos os aspectos contábeis e financeiros e os relativos ao desempenho técnico-operacional;

III - expedir regulamentos de ordem técnica e econômica, visando ao estabelecimento de padrões de qualidade para:

a) prestação dos serviços;

b) otimização dos custos;

c) segurança das instalações; e

d) atendimento aos usuários;

IV - celebrar convênio com municípios que tenham interesse em se sujeitar à atuação da Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN;

V - estabelecer o regime tarifário, de forma a garantir a modicidade das tarifas e o equilíbrio econômico-financeiro da prestação dos serviços;

VI - analisar os custos e o desempenho econômico-financeiro da prestação dos serviços;

VII - participar da elaboração e supervisionar a implementação da Política Estadual de Saneamento Básico e do Plano Estadual de Saneamento Básico;

VIII - elaborar estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros do Estado em obras e serviços de saneamento básico;

IX - promover estudos visando ao incremento da qualidade e da eficiência dos serviços prestados e do atendimento a consultas dos usuários, dos prestadores dos serviços e dos entes delegatários;

X - aplicar sanções e penalidades ao prestador do serviço, quando, sem motivo justificado, houver descumprimento das diretrizes técnicas e econômicas expedidas pela Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN;

XI - celebrar convênios e contratos com órgãos e entidades internacionais, federais, estaduais e municipais e com pessoas jurídicas de direito privado, no âmbito de sua área de



atuação;

XII - manter serviço gratuito de atendimento telefônico para recebimento de reclamações dos usuários, para efeito do disposto no inciso III do caput do art. 21 desta Lei Complementar, sem prejuízo do estabelecimento de outros mecanismos em regulamento da Agência Reguladora de Serviços de Saneamento Básico do Estado de Santa Catarina - AGESAN;

XIII - elaborar e aprovar seu regimento interno, o qual estabelecerá procedimentos para a realização de audiências e consultas públicas, para o atendimento às reclamações de usuários e para a edição de regulamentos e demais decisões da Agência; e

XIV - administrar seu quadro de pessoal, seu patrimônio material e seus recursos financeiros.

(LEI COMPLEMENTAR ESTADUAL Nº 484/2010, arts. 2 e 3).

c) Decretos

- **Decreto nº 3.253, de 2010** - Regulamenta o Fundo Estadual de Saneamento, Instituído pelo Art. 21 da Lei Nº 13.517, de 4 de Outubro de 2005.

Fica o Fundo Estadual de Saneamento vinculado à Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS, bem como sua administração orçamentária, financeira e contábil.

Art 2º Constitui finalidade do Fundo Estadual de Saneamento apoiar, em caráter supletivo, o estudo, o desenvolvimento e a execução, por intermédio da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável - SDS, de programas, projetos e atividades socioambientais relacionadas com o saneamento básico no Estado.

Art. 3º Para efeitos deste Decreto, consideram-se ações de saneamento básico:

I - captação, tratamento e distribuição de água;

II - coleta e tratamento de esgotos sanitários;

III - coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos; e

IV - drenagem de águas pluviais.

(DECRETO ESTADUAL Nº 3.253/2010, arts. 2 e 3)

- **Decreto nº 1.372, de 2021** - Define a estrutura da prestação regionalizada dos serviços de saneamento no Estado de Santa Catarina.

Traz em seu Art. 1º que a prestação regionalizada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Santa Catarina será estruturada pelas 11 (onze) regiões metropolitanas instituídas pela Lei Complementar nº 495, de 26 de janeiro de 2010, e pela Lei Complementar nº 636, de 9 de setembro de 2014, sob o regime de governança interfederativa, nos termos da Lei federal nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, da Lei federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, e do Decreto federal nº 10.588, de 24 de dezembro de 2020.

d) Outras Leis e Decretos

- **Resolução CONSEMA nº 98, de 2017** - Aprova, nos termos do inciso XIII, do art. 12, da Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009, a listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental, define os estudos ambientais necessários e estabelece outras providências.

2.1.3. Legislação no Âmbito Municipal

a) *Leis e Decretos*

- **Lei Ordinária nº 1971, de 1983** – Institui as Faixas de Drenagem e dá Outras Providências.
- **Lei Complementar nº 29, de 1996** – Institui o Código Municipal do Meio Ambiente.

Referente à Competência e da Ação do Município de Joinville, o Art. 5 traz que ao Município de Joinville, no exercício de sua competência, incumbe mobilizar e coordenar suas ações e recursos humanos, financeiros, materiais, técnicos e científicos, bem como a participação da população, na consecução dos objetivos e interesses estabelecidos nesta Lei Complementar, devendo:

VII - estabelecer diretrizes específicas para a proteção de mananciais hídricos, através de planos de uso e ocupação de áreas de drenagem de bacias e sub-bacias hidrográficas;

Já da Competência da Fundema, o Art. 7- Compete à Fundação Municipal do Meio Ambiente - FUNDEMA, ouvido o Conselho Municipal do Meio Ambiente - COMDEMA, além das atividades que lhe são atribuídas pela Lei nº 2.419, de 27 de julho de 1990 e pelo Decreto nº 6.457, de 16 de outubro de 1990, implementar os objetivos e instrumentos da Política de Meio Ambiente do Município.

V - estabelecerá diretrizes específicas para a proteção dos mananciais e participará de elaboração de planos de ocupação de áreas de drenagem de bacias ou de sub-bacias hidrográficas;

Para o Saneamento Básico:

O Art. 46 traz que fica expressamente proibido:

III - o lançamento de lixo em água de superfície, sistemas de drenagem de águas pluviais, poços, cacimbas e áreas erodidas.

E o Art. 96 mostra que os imóveis a serem loteados e que apresentarem cursos d'água de qualquer porte ou contiverem áreas especiais de preservação de fundo de vale, deverão receber as diretrizes de arruamento vinculadas às faixas de proteção de que trata a presente Lei Complementar.

§ 1º - Dependendo da categoria do curso d'água, ou mesmo em função da topografia, a Prefeitura Municipal poderá exigir aterros, respeitadas sempre as faixas mínimas de drenagem.

- **Lei Complementar nº 84, de 2000** – Institui o Código de Posturas do Município de Joinville e dá outras providências.

O Art. 77 , da Seção II, que trata da Higiene das Vias e Logradouros Público, diz que para preservar a estética e a higiene pública é proibido:

III - lançar na rede de drenagem, águas servidas e/ou esgotos, sem que tenham passado por sistema de tratamento de efluentes domésticos, cujo projeto deverá ser aprovado por órgão competente da Prefeitura, e atender as normas técnicas e legislação pertinentes;

E o Art. 62 , da Seção V da Exploração Mineral e Terraplenagem, mostra que as atividades de terraplenagem, além da licença prevista no Art. 57, devem obedecer às seguintes prescrições:

- I Nas áreas inferiores a 1.000m² (mil metros quadrados), observar-se-á:
 - a) taludamento, com inclinação igual ou inferior a 45° (quarenta e cinco graus);
 - b) revestimento dos taludes com gramas em placas, hidrossemeadura ou similar, construção de calhas de pé de talude ou crista de corte;
 - c) construção de muro de contenção, com altura compatível, quando for o caso, conforme definido em projeto;
 - d) drenagem da área a ser terraplenada;

Por fim o Art. 132°, da Seção IV dos Estabelecimentos Agrícolas, Industriais e Comerciais localizados na área Rural, traz que as atividades agrícolas e industriais, quer de fabricação ou beneficiamento, deverão respeitar, no que couber, entre outras, as normas ambientais de macrodrenagem, de saúde pública, trato de animais, sossego e higiene da propriedade.

- **Lei Complementar nº 98, de 2000** - Institui o regime urbanístico de uso e ocupação do solo na Zona Industrial de Joinville.
- **Lei Complementar 119/2002** - Estabelece normas para a construção de cisternas no município de Joinville.
- **Lei nº 5.712, de 2006** - Dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente e sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente (SISMMAN)

Fica instituído o Sistema Municipal de Meio Ambiente - SISMMAM de Joinville, composto pelo conjunto de órgãos, entidades públicas e privadas, Leis e normas municipais, bem como programas, governamentais e não-governamentais, que atuarão de forma integrada e harmônica para a preservação, conservação, defesa, melhoria, recuperação, controle do meio ambiente e uso adequado dos recursos ambientais do Município, consoante o disposto nesta Lei, de acordo com os princípios fundamentais arrolados no art. 3º do Código Municipal do Meio Ambiente, os princípios

estabelecidos pelo art. 2º da Lei nº 6938/81, que define o Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA e legislação ambiental correlata.

- **Lei Complementar nº 220/2006** - Dispõe sobre o reaproveitamento das águas pluviais.
- **Lei Complementar nº 261/2008** - Dispõe sobre as diretrizes estratégicas e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville.

O Art. 32, traz que no que tange a abrangência do Plano Diretor para o desenvolvimento físico-territorial, buscar-se-á consolidar a qualificação do ambiente construído utilizando-se das seguintes ações:

IX - a elaboração de planos setoriais de qualificação dos espaços urbanos e rurais, de drenagem, de resíduos sólidos, de resíduos líquidos, de mobilidade e acessibilidade e de Implantação de equipamentos públicos urbano e rural;

E o Art. 135 afirma que o Plano de Saneamento Ambiental tem por objetivo geral integrar as ações do Poder Público Municipal no que se refere à preservação dos serviços de saneamento ambiental, para garantia da qualidade de vida da população, de acordo com a estratégia de qualificação do ambiente natural.

Parágrafo Único. São componentes essenciais e imprescindíveis do Plano de Saneamento Ambiental:

IV - programa integrado de drenagem urbana e rural.

- **Lei nº 312, de 2010** - Altera e dá Nova Redação à Lei Complementar Nº 27, de 27 de março de 1996, que Atualiza as Normas de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Joinville e dá Outras Providências.

A referida lei atualiza principalmente as normas para parcelamento, uso e ocupação do solo para a área urbana e área rural. Define também o zoneamento e seus usos, os setores especiais, bem como o parcelamento de loteamentos.

- **Lei Complementar nº 396, de 2013** – Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Joinville e dá outras providências

A referida lei em destaque é muito importante, pois traz que o saneamento básico no Município de Joinville reger-se-á pelas disposições desta Lei, de seus regulamentos, subsidiariamente dos conceitos, princípios, diretrizes e composições da Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, seus regulamentos e das normas administrativas deles decorrentes.

- **Decreto 20.658, de 2013** - Institui o Programa Municipal de Ações Integradas

nas Ocupações Irregulares.

- **Decreto nº 20.849 de 2013** - Define atribuições aos órgãos municipais da administração direta e indireta e da concessionária dos serviços de limpeza urbana, para o cadastramento, distribuição, avaliação técnica socioassistencial das entidades e/ou cooperativas que atuam no setor de reciclagem aptas a receber cargas da coleta seletiva.

- **Decreto nº 20.849 de 2013** - Define atribuições aos órgãos municipais da administração direta e indireta e da concessionária dos serviços de limpeza urbana, para o cadastramento, distribuição, avaliação técnica socioassistencial das entidades e/ou cooperativas que atuam no setor de reciclagem aptas a receber cargas da coleta seletiva.

- **Lei nº 7966, de 2015** - Autoriza o Executivo Municipal, por Intermédio da Secretaria de Infraestrutura Urbana, a celebrar convênio com o Estado de Santa Catarina, por intermédio da Secretaria de Estado da Casa Civil e Secretaria de Estado da Fazenda, através do Fundo de Apoio aos Municípios - Fundam, visando a Transferência de Recursos Financeiros para Drenagem Pluvial e Recapeamento Asfáltico.

- **Decreto nº 26.680, de 2016** – Aprova os Planos Setoriais Integrantes do Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville: Plano Municipal de Abastecimento de Água Esgotamento Sanitário; Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; e Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas

Decreto com intenção única de formalizar a aprovação de 3 (três) planos setoriais, os quais contemplam as 4 (quatro) grandes vertentes do sistema de saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos/limpeza urbana e manejo de águas pluviais/drenagem urbana.

- **Lei nº 8.418, de 2017** – Autoriza o Ingresso do Município de Joinville no Consórcio Público denominado de Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento – ARIS

Instrumento destinado a autorizar a inserção do Município de Joinville à uma agência de regulação e fiscalização, no caso o ingresso junto à Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS).

- **Lei Complementar Nº 470, de 2017** - Redefine e institui, respectivamente, os

Instrumentos de Controle Urbanístico - Estruturação e Ordenamento Territorial do Município de Joinville, partes integrantes do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville e dá outras providências.

O Art. 2º mostra que para fins do disposto nesta Lei Complementar consideram-se:

III - área alagadiça: área que fica temporariamente encharcada, independentemente de estar localizada nas faixas de inundação dos cursos d'água, devido às características de má drenagem dos solos e/ou baixa declividade dos terrenos;

E o Art. 45 traz que o parcelamento do solo, na forma de loteamento, somente será admitido com a execução da seguinte infraestrutura básica:

III - rede de drenagem pluvial, de acordo com projeto aprovado pelo Poder Executivo Municipal;

Já o Art. 55 diz que o condomínio somente obterá a liberação do Certificado de Conclusão de Obra após a execução da seguinte infraestrutura básica:

III - rede de drenagem pluvial, de acordo com projeto aprovado junto ao Poder Executivo Municipal;

E o Art. 76 traz que a Taxa de Permeabilidade corresponde ao percentual da área do lote a ser deixada livre de pavimentação ou construção em qualquer nível, para garantia de permeabilidade do solo. (Vide regulamentação dada pelos Decretos nº 30058/2017 e nº 33767/2019)

§ 1º Na área destinada ao cumprimento da Taxa de Permeabilidade, o solo não poderá ser impermeabilizado, podendo ser recoberto com grama, brita ou outros materiais, desde que permitam a drenagem natural do terreno.

- **Lei Complementar nº 553, de 2019** - Institui o regime de Estruturação Urbana, Uso e Ocupação do Solo de Área de Expansão Urbana Leste, conforme o disposto na Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017, e dá outras providências.

- **Decreto nº 33.767 de 2019** - Regulamenta a implantação de mecanismos de contenção de águas pluviais para o processo de conversão da taxa de permeabilidade prevista no art. 76, da Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017.

Tem-se que no Art. 1º que ficam definidos os processos para a exigência de implantação de mecanismos de contenção de águas pluviais para a conversão da taxa de permeabilidade, prevista no art. 76, da Lei Complementar nº 470, de 09 de janeiro de 2017.

- **Lei Complementar nº 620, de 2022** – Promove a revisão da Lei Complementar nº 261, de 28 de fevereiro de 2008, e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável do Município de Joinville.

- **Decreto nº 49.210 de 2022** - Estabelece a individualização da cobrança da TLU com relação aos Serviços de Coleta e Tratamento de Resíduos Sólidos para o exercício de 2022.
- **Lei Complementar nº 601, de 2022** - Estabelece as Diretrizes Quanto à Delimitação das Faixas Marginais de Cursos D' Água em Área Urbana Consolidada, nos Termos dos Art. 4º, I E § 10 da Lei Federal Nº 2.651, de 12 de Maio de 2012 e, Art. 4º, III - B da Lei Federal 6.766 de 19 de Dezembro de 1979, com Redação dada pela Lei Federal Nº , de 29 de Dezembro de 2021.
- **Lei Complementar nº 637 de 2022** - Altera a Lei Complementar nº 396, de 19 de dezembro de 2013, que dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico de Joinville e dá outras providências.
- **Lei nº 9.440 de 2023** - Estabelece o Programa de Incentivo ao Desenvolvimento Rural Sustentável de Joinville, destinado ao agricultor familiar e ao empreendedor familiar rural.
- **Decreto nº 59.112 de 2024** – Regulamenta a implantação de mecanismos de mitigação de inundação conforme Lei nº 1.971/1983, Lei Complementar nº 470/2017 e inciso III do art. 8º da Lei Complementar nº 29/1996

2.1.4. Instrumentos Legais de Saneamento Básico

- **Plano Nacional de Saneamento** – exigência da Lei Federal Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, constituirá o principal mecanismo da política federal para implementar as diretrizes legais de saneamento. Será instrumento fundamental à retomada da capacidade orientadora do Estado na condução da política pública de saneamento básico e, conseqüentemente, da definição das metas e estratégias de governo para o setor no horizonte dos próximos vinte anos, com vistas à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico como um direito social.
- **Plano Estadual de Saneamento** – O Estado de Santa Catarina não dispõe de Plano Estadual de Saneamento².

² O Plano Estadual de Saneamento Básico ainda não foi elaborado pelo Governo de Santa Catarina. Os trâmites necessários para seu início de elaboração estão em fase de licitação (paralisada por decisão judicial em janeiro de 2022).

- **Fundo Estadual de Saneamento** – O Estado de Santa Catarina dispõe de Fundo Estadual de Saneamento através do Decreto nº 3253, de 2010, instituído pelo Art. 21 da Lei nº 13.517, de 2005., a qual dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e seus instrumentos: o Plano Estadual de Saneamento², o Sistema Estadual de Saneamento e o Fundo Estadual de Saneamento. Em seu Art. 22, traz que o Fundo terá características de Fundo rotativo, visando a gerar recursos financeiros permanentes e crescentes para o saneamento, sendo que os recursos advindos do Fundo serão aplicados prioritariamente nos programas e projetos do Plano Estadual de Saneamento (Art. 26).

- **Plano Municipal de Saneamento Básico** – é o principal instrumento de gestão para o setor de saneamento no âmbito municipal, o qual busca a efetividade dos princípios da Lei Federal Nº 11.445/2007, que segue a seguinte essência: o atendimento a todos com serviços eficientes de modo a dispor corretamente seus resíduos sólidos e líquidos e promover o saneamento do ambiente garantindo a salubridade ambiental e a garantia da utilização dos recursos pelas gerações futuras.

- **Comitês de Bacias Hidrográficas** – Regulamentado pela Lei Federal Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, o Comitê de Bacias Hidrográficas, é um órgão colegiado onde são discutidas as questões referentes à gestão das águas. Provocar debates das questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia; articular a atuação das entidades que trabalham com este tema; arbitrar, em primeira instância, os conflitos relacionados a recursos hídricos; aprovar e acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados; estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo são as atribuições dos comitês.

- **Criação de uma Normativa para a aprovação do REURB no município de Joinville:** A reurbanização (REURB) é um instrumento essencial para promover a regularização fundiária e a melhoria da infraestrutura urbana. No entanto, é crucial que a implementação de projetos de REURB seja realizada com cautela e responsabilidade, garantindo a segurança e a sustentabilidade das áreas a serem reurbanizadas. Nesse contexto, torna-se imprescindível a criação de uma normativa que condicione a aprovação de projetos de REURB à verificação de que a área em questão não está sujeita a riscos de alagamento, inundação ou deslizamento.

A normativa deve prever um processo rigoroso de avaliação e consulta a diversas secretarias municipais, incluindo, mas não se limitando a:

- Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente (SAMA): Responsável por avaliar os riscos ambientais e garantir que a área não comprometa ecossistemas sensíveis.
- Secretaria de Infraestrutura Urbana (SEINFRA): Responsável por analisar a viabilidade estrutural e a infraestrutura existente ou necessária para suportar a reurbanização.
- Defesa Civil: Essencial para identificar e mapear áreas de risco de desastres naturais, como deslizamentos e inundações.
- Companhia Águas de Joinville: Importante para avaliar a capacidade e a necessidade de expansão da rede de saneamento básico na área.
- Secretaria de Administração e Planejamento (SAP): Responsável por coordenar e planejar ações administrativas e de infraestrutura no município.
- Secretaria de Habitação (SEHAB): Para assegurar que a reurbanização esteja em conformidade com as políticas habitacionais.
- Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável (SEPUR): Importante para garantir que o desenvolvimento urbano esteja alinhado com princípios de sustentabilidade e planejamento estratégico

A consulta a essas secretarias deve resultar em um laudo técnico detalhado que confirme a ausência de riscos significativos de alagamento, inundação ou deslizamento. Somente com essa verificação positiva, o projeto de REURB poderá ser aprovado.

Essa normativa é fundamental não apenas para garantir a segurança dos futuros moradores, mas também para proteger o meio ambiente e assegurar a sustentabilidade das intervenções urbanas. A adoção de medidas preventivas evita desastres que podem acarretar perda de vidas, danos materiais e elevados custos para o município. Além disso, essa prática promove uma ocupação mais racional e segura do território, contribuindo para o desenvolvimento urbano ordenado e resiliente.

Portanto, a implementação dessa normativa é uma medida estratégica e indispensável para garantir que as ações de reurbanização sejam realizadas de



Prefeitura de
Joinville

MEIO AMBIENTE



Nova Engevix
ENGENHARIA



MPB
Engenharia

maneira segura, sustentável e em conformidade com os princípios de desenvolvimento urbano responsável.

3. VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS REGIONALIZADAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA

As variáveis hidrológicas regionalizadas são parâmetros utilizados em projetos de drenagem urbana que são específicos para uma determinada região geográfica. Elas são importantes para estimar o comportamento hidrológico de uma área específica e projetar infraestruturas de drenagem que possam lidar de maneira eficaz com as condições locais de precipitação e escoamento. Em Joinville os Planos Diretores de Drenagem de cada Bacia hidrográfica do município irão detalhar melhor as referidas variáveis. Entretanto a seguir são apresentadas algumas das variáveis hidrológicas regionalizadas comumente consideradas em projetos de drenagem urbana:

- **Curva de Intensidade-Duração-Frequência (IDF):** Esta curva descreve a relação entre a intensidade da chuva, a duração e a frequência com que ocorrem eventos de chuva em uma determinada região. A IDF é específica para cada localidade e é utilizada para estimar a magnitude das chuvas de projeto para dimensionar sistemas de drenagem;
- **Tempo de Concentração (t_c):** O tempo de concentração é o tempo necessário para que a água da chuva percorra da parte mais distante da bacia de drenagem até o ponto de saída, como um bueiro ou rio. O tempo de concentração é influenciado pela topografia da área, comprimento e tipo de canalização, entre outros fatores;
- **Coeficiente de Escoamento Superficial (C):** Este coeficiente representa a fração da precipitação que se transforma em escoamento superficial, em vez de infiltrar no solo. O valor do coeficiente de escoamento varia dependendo das características do solo, uso do solo, topografia e cobertura vegetal da região.
- **Taxa de Infiltração (f):** A taxa de infiltração representa a capacidade do solo de absorver a água da chuva. Esta variável é influenciada por fatores como tipo de solo, cobertura vegetal e condições climáticas. Uma estimativa precisa da taxa de infiltração é crucial para determinar quanto da precipitação será absorvida pelo solo e quanto contribuirá para o escoamento superficial.
- **Pico de Vazão:** O pico de vazão é a vazão máxima esperada durante um evento de chuva. É determinado pela combinação da intensidade da chuva, duração

do evento e características da bacia de drenagem. O conhecimento do pico de vazão é essencial para dimensionar canais, bueiros e outros elementos de drenagem para lidar com as condições de escoamento durante chuvas intensas.

Essas variáveis hidrológicas regionalizadas são essenciais para realizar análises de risco de inundação, dimensionar sistemas de drenagem urbana e planejar o desenvolvimento sustentável das cidades. Elas ajudam os engenheiros e planejadores urbanos a adaptarem as soluções de drenagem às condições específicas de cada região, garantindo a eficácia e resiliência dos sistemas de drenagem urbana

3.1. CURVA DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF):

A equação de chuvas intensas apresentada a seguir, recomendada para o município de Joinville, foi obtida a partir de uma análise comparativa de diferentes equações IDFs definidas para o município, conduzida por Lopes (2006). O autor usou como referência duas estações pluviométricas localizadas no município, a saber:

- JOINVILLE - UNIVILLE – código ANA 02648036;
- JOINVILLE (RVPSC) – código ANA 02648014.

Dentre as duas estações supracitadas, a RVPSC (cód. 02648014) se localiza na região mais central do município (Figura 1) e possui uma série de dados mais longa (1938-2002), sendo, portanto, a escolhida como representativa das condições hidrológicas extremas no município de Joinville.

A equação IDF para esta estação foi obtida considerando a média e o desvio-padrão dos dados da série de precipitações diárias trabalhadas por Simões e Ramos (2003) conforme citado por Lopes (2006), e apresentada a seguir:

$$i_{T,d} = \frac{C_{1d,24h} \cdot e^{1,5 \cdot \ln(\ln d / 7,3)} \cdot \left\{ \bar{h} - 0,7797 \cdot \sigma \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] - 0,45 \cdot \sigma \right\}}{d}$$

Onde:

- i = intensidade da chuva com um período de retorno T (em anos) com duração d (minutos ou horas);

- $C_{1d, 24h}$ = coeficiente de transformação das chuvas de 1 dia na chuva de 24 horas. Dependente da metodologia escolhida, conforme citado por Lopes (2006):
 - CETESB (1986) = 1,14
 - Taborga apud Tucci (2000) = 1,10.
- T = período de retorno (em anos);
- d = duração da chuva (em minutos ou horas);
- h = valor médio da amostra para chuva de 1 dia (em mm);
- σ = desvio padrão da amostra para chuva de 1 dia (em mm).

Para a estação de referência a média e o desvio padrão são 75,802 mm e 34,716 mm, respectivamente. Considerando o maior fator de conversão da chuva de 1 dia na chuva de 24 horas, a equação IDF resulta a seguinte (LOPES, 2006):

$$i_{T,d} = \frac{1,14 \cdot e^{1,5 \ln(\ln d / 1,3)} \cdot \left\{ 75,802 - 27,068 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] - 15,622 \right\}}{d}$$

O Quadro 1 apresenta as intensidades, em mm/min, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto no Quadro 2 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

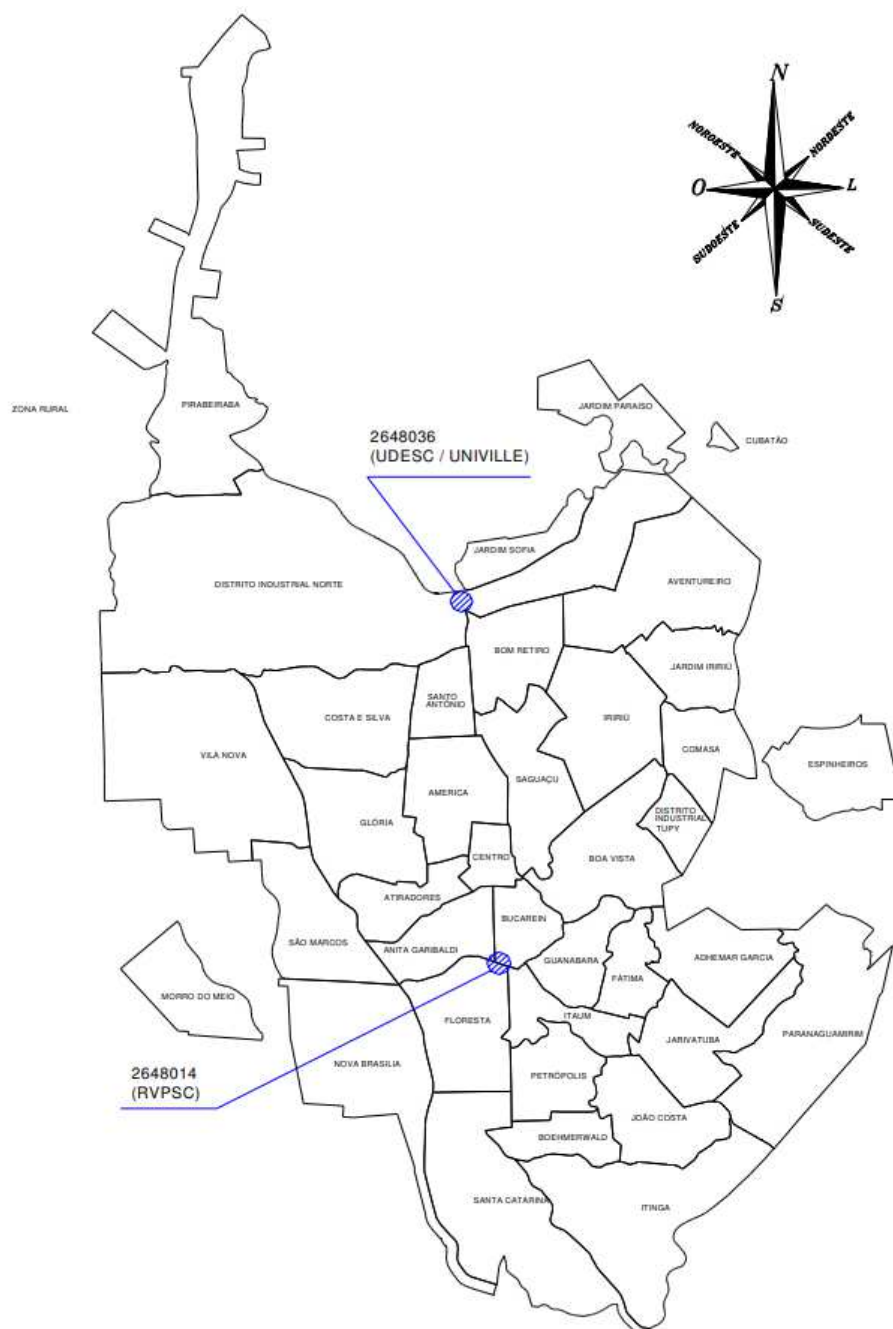


Figura 1 – Localização das estações pluviométricas de referência

Fonte: IPPUJ apud Lopes (2006).

Quadro 1 – Intensidade da chuva em mm/min

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)					
	5	10	15	25	50	100
5 Minutos	2,38	2,86	3,13	3,46	3,91	4,36
10 Minutos	2,04	2,45	2,68	2,96	3,35	3,73
15 Minutos	1,73	2,08	2,28	2,52	2,85	3,17
20 Minutos	1,51	1,81	1,99	2,20	2,48	2,77
30 Minutos	1,22	1,46	1,60	1,77	2,00	2,23
45 Minutos	0,96	1,16	1,26	1,40	1,58	1,76
60 Minutos	0,80	0,97	1,06	1,17	1,32	1,47
120 Minutos	0,51	0,61	0,67	0,74	0,84	0,93
180 Minutos	0,38	0,46	0,50	0,56	0,63	0,70
240 Minutos	0,31	0,37	0,41	0,45	0,51	0,57
300 Minutos	0,26	0,32	0,35	0,39	0,44	0,48
360 Minutos	0,23	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42
720 Minutos	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25
1440 Minutos	0,08	0,10	0,10	0,12	0,13	0,15

Fonte: Lopes (2006)

Quadro 2 – Altura da chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)					
	5	10	15	25	50	100
5 Minutos	11,89	14,29	15,64	17,32	19,57	21,80
10 Minutos	20,35	24,45	26,77	29,64	33,48	37,30
15 Minutos	25,96	31,19	34,14	37,80	42,71	47,57
20 Minutos	30,20	36,29	39,73	43,98	49,69	55,35
30 Minutos	36,54	43,90	48,06	53,21	60,11	66,96
45 Minutos	43,26	51,98	56,90	63,00	71,17	79,29
60 Minutos	48,26	57,99	63,47	70,27	79,39	88,44
120 Minutos	61,02	73,32	80,26	88,86	100,38	111,83
180 Minutos	68,93	82,83	90,66	100,38	113,40	126,33
240 Minutos	74,74	89,80	98,30	108,84	122,95	136,97
300 Minutos	79,35	95,34	104,37	115,55	130,54	145,42
360 Minutos	83,18	99,95	109,41	121,13	136,85	152,45
720 Minutos	98,30	118,11	129,29	143,15	161,72	180,15
1440 Minutos	114,24	137,26	150,25	166,36	187,94	209,36

Fonte: Lopes (2006).

As curvas IDF's construídas para diferentes tempos de retorno estão apresentadas na Figura 2.

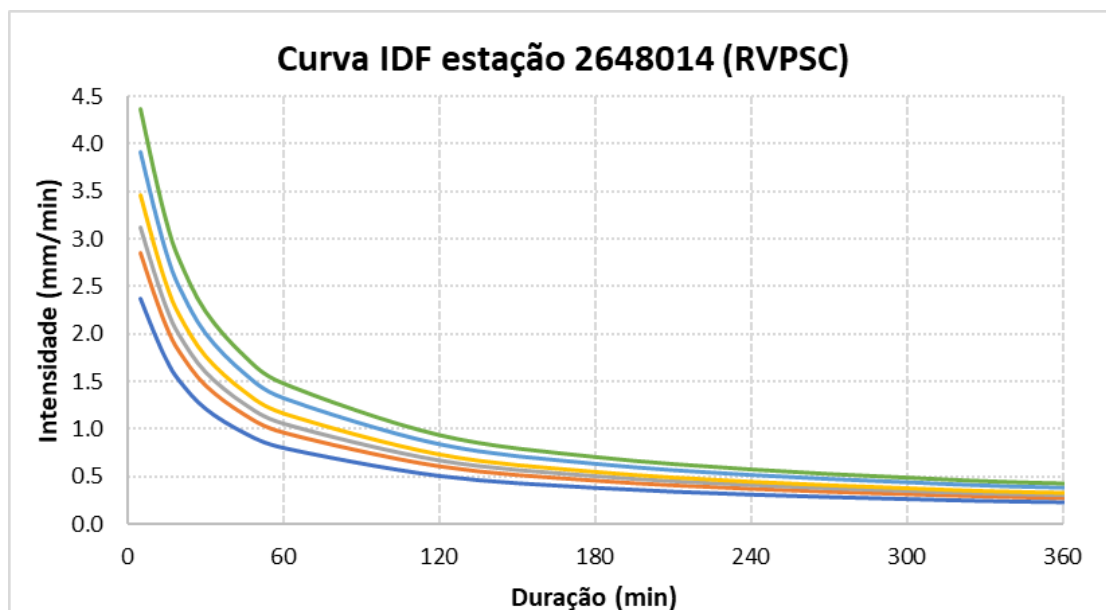


Figura 2 – Curvas IDF da estação RVPSC (Cód. 2648014)

Fonte: Adaptado de Lopes (2006).

Além da referência bibliográfica supracitada, recomenda-se o uso das seguintes equações IDF para o dimensionamento da macrodrenagem:

$$i = \frac{641,7 \times T^{0,2290}}{(t+8,8)^{0,6859}} \quad (\text{Lopes, 2006}) \quad \text{Para } t \leq 120 \text{ min}$$

$$i = \frac{1201,9 \times T^{0,2270}}{(t+23,3)^{0,8025}} \quad (\text{Lopes, 2006}) \quad \text{Para } 120 \text{ min} < t \leq 1440 \text{ min}$$

Onde:

- i = intensidade média máxima de chuva, em mm/h;
- T = período de retorno do evento, em anos;
- t = duração da chuva, em minutos;

Os estudos supracitados representam um ponto de partida para a realização dos projetos de drenagem no município de Joinville. Recomenda-se, contudo, que sempre que possível, sejam utilizadas séries de dados pluviográficos e/ou pluviométricos mais atualizados, a fim de caracterizar o regime de chuvas atual da região de estudo, uma vez se tratar de um município caracterizado pela diversidade geográfica singular, com presença de serras, manguezais, litoral e várzeas de inundação.

3.2. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO (TC) E DURAÇÃO DA CHUVA

O tempo de concentração (t_c) é definido como o tempo médio necessário para que toda a bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial de uma seção de referência, a partir do início da precipitação.

Corresponde à duração da trajetória da partícula de água que demora mais tempo para atingir a seção considerada, sendo resultante da soma do tempo de entrada (t_e) e do tempo de percurso (t_p). O tempo de entrada corresponde ao tempo necessário para que a precipitação que cai sobre a superfície da bacia atinja um curso d'água. Já o tempo de percurso é o tempo médio de escoamento em cursos d'água ou canais definidos.

$$t_c = t_e + t_p$$

Para o cálculo do tempo de entrada, recomenda-se que seja feita uma análise das diferentes metodologias de cálculo do tempo de concentração, escolhendo-se a mais apropriada consoante as características da área de estudo. Uma justificativa ou memória de cálculo da escolha deverá ser apresentada.

Já o tempo de percurso pode ser obtido conforme a equação a seguir:

$$t_p = \frac{L}{V}$$

Onde:

- t_p = tempo de percurso, em [h];
- L = comprimento do trecho, em [m];
- V = velocidade das águas no trecho [m/s].

A aplicação da metodologia acima pressupõe que a duração da chuva seja no mínimo igual ao tempo de concentração, de modo que toda a bacia de drenagem esteja contribuindo para o dispositivo de drenagem. Utilizar no mínimo 10 minutos quando iniciado um trecho de drenagem.

3.3. TEMPO DE RECORRÊNCIA – TR

O tempo de recorrência (TR) se refere ao intervalo de tempo, em anos, onde, ao menos uma vez, um dado fenômeno é igualado ou superado. Sendo o inverso da frequência ou probabilidade, o TR representa em última instância o risco de falha de determinada estrutura. Assim, em função da importância da estrutura, estabelece-se um risco tolerável. Esse risco pode ser obtido pela seguinte expressão (TUCCI, 1993):

$$R = 1 - (1 - 1/TR)^N$$

Em que:

- R – Risco com uma probabilidade associada;
- TR – Tempo de recorrência (anos)
- N – Número de anos.

O risco pode ser calculado pela expressão abaixo, em que “n” representa o tempo de vida útil do empreendimento ou estrutura a ser dimensionada.

A seguir apresenta-se uma sugestão de TRs a serem considerados consoante o tipo de obra e a ocupação da área.

Quadro 3 – Tempo de Recorrência em Função do Tipo de Obra e Ocupação da Área

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	TR RECOMENDADO (anos)
Microdrenagem	Residencial	5
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e vias de acesso	5-10
Macro drenagem	Áreas comerciais e residenciais	25-100
Macro drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Adaptado de Tucci (1995)

Cabe aqui observar, segundo diretriz para elaboração de projetos de microdrenagem da SEINFRA, que o tempo de retorno a ser considerado em projetos de microdrenagem deve ser de 5 anos.

3.4. DETERMINAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O escoamento superficial é uma fase crucial do ciclo hidrológico, onde as águas se deslocam sobre a superfície do solo. Essa dinâmica é de suma importância para o planejamento de obras de engenharia, as quais precisam ser dimensionadas para lidar com as vazões máximas resultantes desse escoamento.

Ao analisarmos o ciclo hidrológico, observamos que uma parte da precipitação é interceptada pela vegetação, enquanto o restante atinge diretamente a superfície do solo. Esse contato inicial promove o umedecimento dos agregados do solo, reduzindo suas forças coesivas. Com a continuidade das chuvas, ocorre a desintegração desses agregados em partículas menores. A quantidade de solo desestruturado aumenta conforme a intensidade da precipitação, a velocidade e o tamanho das gotas. Além de liberar partículas que obstruem os poros do solo, o impacto das gotas tende a compactar o solo, ocasionando o selamento da superfície e, conseqüentemente, reduzindo sua capacidade de infiltração.

O acúmulo de água nas depressões da superfície do solo começa quando a intensidade da precipitação excede a velocidade de infiltração ou quando a capacidade de retenção de água do solo é ultrapassada. Quando essa capacidade é excedida, a água começa a escoar.

O transporte de partículas do solo ocorre em conjunto com o escoamento superficial e é depositado apenas quando a velocidade desse escoamento diminui. Além das partículas de solo em suspensão, o escoamento superficial transporta também nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas, os quais não apenas prejudicam diretamente a produção agropecuária, mas também poluem os corpos d'água.

As estimativas das vazões máximas de escoamento superficial são frequentemente necessárias em bacias hidrográficas, tanto em áreas agrícolas quanto urbanas. O dimensionamento de estruturas como drenos, barragens e obras de proteção contra erosão hídrica e enchentes depende do estudo de precipitações intensas para determinar a vazão a ser considerada.

Para calcular a descarga de projeto, o primeiro passo é determinar a fração da precipitação que se transforma em escoamento superficial. Embora a aplicação de métodos empíricos possa fornecer uma primeira estimativa, é importante corrigir esses resultados posteriormente com base na avaliação do sistema em operação. Em

bacias sem instrumentação, a determinação do escoamento superficial é mais desafiadora e menos precisa do que em áreas instrumentadas.

A análise do escoamento superficial neste contexto considera exclusivamente o movimento da água sobre a superfície do solo, antes de sua concentração nos cursos d'água.

Vários fatores influenciam o escoamento superficial, incluindo aspectos agroclimáticos, como quantidade, intensidade e duração da precipitação, e fisiográficos, como área, forma e declividade da bacia, tipo de solo, topografia e rede de drenagem.

As grandezas associadas ao escoamento superficial incluem a vazão, o coeficiente de escoamento superficial, o tempo de concentração (t_c) e o período de retorno (T). O conhecimento dessas grandezas é fundamental para o planejamento e manejo integrado de bacias hidrográficas, bem como para o dimensionamento adequado de obras e estruturas relacionadas ao controle de enchentes e erosão.

A seguir são apresentadas diretrizes destinadas a avaliação do escoamento superficial resultante das chuvas de projeto em áreas situadas no município de Joinville nas quais devam ser projetadas obras de drenagem.

A escolha do método a ser aplicado na determinação das vazões de contribuição das bacias de drenagem depende, dentre outros fatores, da área de drenagem, conforme a seguir:

- Área $\leq 1 \text{ km}^2$ – método racional;
- $1 \text{ km}^2 < \text{Área} \leq 10 \text{ km}^2$ – método racional modificado;
- Área $> 10 \text{ km}^2$ – método do Hidrograma Triangular (HUT).

3.4.1. Método Racional

Conforme citado anteriormente o método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas ($< 1 \text{ km}^2$). Os princípios básicos dessa metodologia são (TUCCI et al., 1993):

- a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena, para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;

- adota um coeficiente único de perdas, denominado (C), estimado com base nas características da bacia;
- não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A equação do método racional está apresentada a seguir:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360}$$

Onde:

- Q = Vazão, em (m³/s);
- C = Coeficiente de escoamento ou deflúvio, adimensional;
- i = Intensidade de precipitação extraída das curvas de intensidade - duração - frequência, em (mm/h);
- A = Área de contribuição da bacia, em (ha).

3.4.2. Método Racional Modificado

O método racional tende a superestimar a vazão máxima, especialmente para bacias de médio porte com áreas superiores a 1 km², pelo que, coeficientes de retardo (ϕ) têm sido incluídos ao método a fim de atenuar os resultados fornecidos, resultando, assim, no chamado método racional corrigido (ou modificado) (DNIT, 2005).

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360} \cdot \phi$$

Onde:

- Q = Vazão, em (m³/s);
- C = Coeficiente de escoamento ou deflúvio, adimensional;
- i = Intensidade de precipitação extraída das curvas de intensidade - duração - frequência, em (mm/h);
- A = Área de contribuição da bacia, em (ha);
- ϕ = coeficiente de retardo.

O coeficiente de retardo é dado pela equação a seguir (DNIT, 2005):



$$\theta = \frac{1}{A^n}$$

Sendo:

- A = como definido anteriormente;
- n = coeficiente ou fator de distribuição.

O coeficiente de distribuição deve ser adotado igual a 1 para áreas menores que 1 km² e, assim, a vazão do método racional não é atenuada. Para áreas maiores, recomenda-se o uso do coeficiente de 0,10 (comum), viabilizando o uso do método racional para bacias de médio porte.

O volume excedente de chuva é determinado de acordo com a interação solo-cobertura vegetal representada pelo coeficiente de deflúvio (C) ou runoff, que é caracterizado pelas áreas das bacias do trecho e escolhidos de acordo com as características físicas das bacias. Este coeficiente é o parâmetro mais importante e também o mais difícil de ser estimado na aplicação do método racional, sendo função das seguintes características (TUCCI et al., 1993):

- Solo;
- Cobertura;
- Tipo de ocupação;
- Tempo de retorno;
- Intensidade da precipitação.

Quando a bacia apresenta ocupação muito heterogênea, é recomendável calcular um valor médio de C pela média ponderada dos diversos valores de C para cada ocupação específica, conforme apresentado a seguir:

$$C = \frac{1}{A} \sum C_i \times A_i$$

onde:

- C = coeficiente médio de escoamento superficial;
- A = área de drenagem da bacia;
- C_i = coeficiente de escoamento superficial correspondente à ocupação “i”;
- A_i = área da bacia correspondente à ocupação “i”.

Usualmente, o coeficiente de escoamento superficial é determinado em função da ocupação do solo, conforme se apresenta no Quadro 6.1. Este Quadro fornece os valores de C para períodos de retorno da ordem de 5 a 10 anos.

Quadro 4 – Valores do Coeficiente de Escoamento Superficial Direto

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 pavimentadas	0,60 - 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: - partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas	0,50 - 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: - partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 - 0,50
Subúrbios com alguma edificação: - partes de arrabaldes e 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

Fonte: PDDU Rio Cachoeira (2011)

Recomenda-se a utilização do coeficiente de escoamento superficial em 0,8, considerando a situação futura de ocupação, em que o índice de urbanização e impermeabilização tende a aumentar incluindo as áreas hoje mais restritivas a ocupação, mas que podem futuramente serem alteradas através de nova Lei de zoneamento. Para as áreas declaradas como APP (Área de Preservação Permanente), definidas por meio de leis e decretos, poderá ser utilizado o coeficiente 0,3, através de uma composição de áreas com uma média ponderada para a obtenção do Coeficiente de Escoamento Superficial da área total.

3.4.3. Método do Hidrograma Triangular

Para áreas maiores que 10 km², deverá ser aplicado o método do HUT do Soil Conservation Service – SCS, que define um hidrograma sintético no qual a área sob a

curva corresponde ao escoamento superficial na bacia. Para a determinação das vazões, pode-se adotar o seguinte roteiro (TUCCI, 1993):

- Definição da duração da chuva que provoca o hidrograma unitário e construção do hidrograma unitário triangular;
- Determinação do hietograma de projeto pelo método dos blocos alternados;
- Determinação da chuva efetiva pelo método da retenção potencial máxima (RPM);
- Determinação do hidrograma pela convolução do hidrograma unitário e da chuva efetiva.

A Figura 3 ilustra os principais parâmetros do método do hidrograma unitário. As equações para a determinação de cada um deste parâmetros estão apresentadas na sequência, assim como o passo a passo para obtenção dos hidrogramas de projeto das sub-bacias com área de drenagem superior a 10 km².

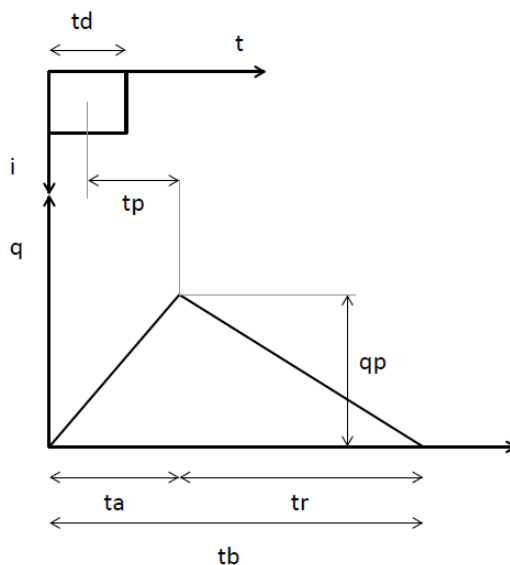


Figura 3 – Método do Hidrograma Triangular do SCS

Fonte: Adaptado de Tucci, 1993

A duração da chuva unitária (t_d) é dada pela seguinte equação, sendo função do tempo de concentração (t_c):

$$t_d = 0.133 * t_c$$

Para o cálculo do tempo de ascensão (t_a) do hidrograma faz-se:

$$t_a = \frac{t_d}{2} + 0,6 * t_c$$

Para o cálculo do tempo base (t_b) do hidrograma faz-se:

$$t_b = 2,67 (0,5 D + 0,6 t_c)$$

Para estimar a vazão de pico do hidrograma unitário (q_p), utiliza-se a expressão:

$$q_p = \frac{2,78 * C_p * A * Pe}{t_a}$$

Na qual:

- A = área de drenagem (km^2);
- D = duração da chuva unitária (h);
- t_c = tempo de concentração (h);
- Pe = chuva efetiva igual a 1 cm;

$$C_p = \frac{2 * t_a}{t_b} = 0,75$$

A determinação do hietograma de projeto e da chuva efetiva se dão pelos métodos dos blocos alternados e retenção potencial máxima (RPM), respectivamente, fazendo-se o uso das seguintes equações:

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

$$Q = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{(P + 0,8 * S)} \text{ se } P > 0,2 * S$$

$$Q = 0 \text{ se } P < 0,2 * S$$

Nas quais:

- S = retenção potencial do solo (mm);
- CN = Curve Number;
- Q = precipitação efetiva (mm);
- P = precipitação de projeto (mm).



O método de Curve Number (CN) desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* (SCS, 1957), o qual é tido como um método simples, muito difundido e eficiente, pode ser utilizado na estimativa do volume aproximado de escoamento superficial. Ele pode ser estimado a partir do uso e ocupação do solo da bacia, da condição de umidade antecedente e da classe hidrológica do solo apresentada anteriormente.

A caracterização dos tipos de solos está apresentada a seguir, conforme Tucci (1993):

- Solo A: solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila.
- Solo B: solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o tipo A e com permeabilidade superior à média;
- Solo C: Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo;
- Solo D: solos contendo argilas expansivas e pouco profundos, com baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial.

Quadro 5 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas
Valores de C recomendados

Tipo e Uso do Solo / Tratamento / Condições Hidrológicas		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
Uso Residencial					
Tamanho Médio do Lote	% Impermeável				
Até 500m ²	65	77	85	90	92
1000m ²	38	61	75	83	87
1500m ²	30	57	72	81	86
Estacionamentos, Pavimentos, Telhados		98	98	98	98
Ruas e Estradas					
Pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
Com cascalho		76	85	89	91
De terra		72	82	87	89
Áreas Comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos Industriais (72% de impermeabilização)		81	88	91	93
Espaços Abertos, Parques, Jardins					
Boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
Condições médias, cobertura de grama > 50%		49	69	79	84
Pasto					
Condições	Ruins	68	79	86	89
	Médias	49	69	79	84
	Boas	39	61	74	80
Curva de Nível					
Condições	Ruins	47	67	81	88
	Médias	25	59	75	83
	Boas	6	35	70	79
Campos					
Condições	Boas	30	58	71	78
Florestas					
Condições	Ruins	45	66	77	83
	Médias	36	60	73	79
	Boas	25	55	70	77

Fonte: PDDU Rio Cachoeira

Em caso de diferentes tipos de uso e ocupação para mesma bacia de drenagem, uma soma ponderada deve ser efetuada para se obter o CN médio da bacia conforme mostra a equação a seguir.

$$CN_{medio} = \frac{\sum_i^n (CN_i \times A_i)}{A_{total}}$$

Onde:

- CN_i= CN consoante o tipo e uso e ocupação do solo;
- A_i= área da bacia consoante o tipo e uso e ocupação do solo;

- A_{total} = área total da bacia de drenagem;
- n = quantidade de tipo e uso e ocupação de solos diferentes.

Outra metodologia que deve ser considerada para a determinação de áreas impermeáveis e permeáveis de uma bacia hidrográfica é a utilização de aerofotogrametria. Este processo, apesar de mais complexo, é altamente eficaz, pois utiliza tecnologias de sensoriamento remoto para analisar e mapear as características do terreno de uma determinada área. Nesse contexto, a aerofotogrametria se destaca como uma ferramenta valiosa, permitindo uma abordagem detalhada e precisa na identificação e quantificação de áreas impermeáveis e permeáveis.

A aerofotogrametria consiste na obtenção de imagens aéreas de alta resolução por meio de aeronaves equipadas com câmeras fotográficas ou sensores específicos. Essas imagens são processadas e analisadas para extrair informações geoespaciais, incluindo características do terreno, como topografia, uso do solo e cobertura vegetal. No contexto da determinação de áreas impermeáveis e permeáveis de uma bacia hidrográfica, a aerofotogrametria pode desempenhar um papel fundamental na identificação e delimitação dessas áreas.

A primeira etapa desse processo envolve a aquisição das imagens aéreas da bacia hidrográfica em questão. Essas imagens devem capturar detalhes suficientes do terreno, com uma resolução espacial adequada para identificar características como estradas, edifícios, áreas urbanas, vegetação e corpos d'água. Em seguida, as imagens são processadas utilizando técnicas de fotogrametria para corrigir distorções e gerar modelos digitais de elevação (MDE) precisos, que representam a topografia da área em três dimensões.

Com base nos MDEs e nas imagens aéreas processadas, os analistas identificam e classificam as diferentes superfícies da bacia hidrográfica em áreas impermeáveis e permeáveis. As áreas impermeáveis geralmente incluem superfícies urbanizadas, como estradas, calçadas, edifícios e estacionamentos, que impedem a infiltração da água no solo. Por outro lado, as áreas permeáveis são compostas por vegetação, solo exposto e outras superfícies que permitem a infiltração da água no solo.

Para realizar essa classificação, são empregadas técnicas de processamento de imagem e análise espacial, como segmentação, classificação supervisionada e interpretação visual. Algoritmos computacionais podem ser utilizados para automatizar parte desse processo, aumentando a eficiência e precisão da classificação.

Uma vez classificadas as áreas impermeáveis e permeáveis, os resultados são combinados com dados hidrológicos e hidráulicos da bacia hidrográfica, como precipitação, escoamento superficial e características do solo, para avaliar o impacto das superfícies impermeáveis na hidrologia da área. Isso é fundamental para o planejamento e gestão sustentável dos recursos hídricos, permitindo a implementação de medidas de controle de enchentes, preservação de ecossistemas aquáticos e mitigação de impactos ambientais.

Em resumo, a metodologia de determinação de áreas impermeáveis e permeáveis de uma bacia hidrográfica utilizando a aerofotogrametria é um processo integrado que combina tecnologias de sensoriamento remoto, análise espacial e conhecimentos hidrológicos para mapear e compreender as características do terreno e seu impacto na dinâmica hidrológica da região. Essa abordagem fornece informações valiosas para o planejamento e gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a conservação e proteção dos ecossistemas aquáticos e o bem-estar das comunidades locais.

Por fim, observa-se que sempre que possível deverá ser priorizado a utilização de dados primários.

4. ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA O PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONTROLE, INCLUINDO PROPOSTAS DE SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO TAMBÉM EM NÍVEL DE CONTROLE DE LOTE, CONSIDERANDO ÁREA, CUSTOS E ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

4.1. MEDIDAS DE CONTROLES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS

As medidas de controle de inundações são classificadas em duas categorias principais: estruturais e não estruturais. As medidas estruturais modificam o sistema físico buscando reduzir o risco de enchentes. Isso envolve a implementação de obras como barragens, diques, canalizações e reflorestamento, entre outras. Tais intervenções têm o objetivo de conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos. Elas podem ser extensivas, atuando no contexto global da bacia, ou intensivas, concentrando-se em intervenções em cursos d'água e superfícies.

As medidas estruturais, contudo, não garantem proteção completa contra enchentes, uma vez que seria necessário um dimensionamento contra a maior enchente possível, o que geralmente é inviável. Além disso, em alguns casos, como o uso de reservatórios de amortecimento, podem criar uma falsa sensação de segurança, resultando em danos futuros devido à ocupação de áreas inundáveis.

Por outro lado, as medidas não estruturais buscam reduzir os impactos das enchentes sem modificar o risco natural. Isso inclui ações como zoneamento de áreas de inundação, previsão de cheias, seguro contra inundação e legislações específicas.

Uma abordagem eficaz de drenagem urbana deve integrar tanto medidas estruturais quanto não estruturais, considerando aspectos técnicos, sanitários, ecológicos, legais e econômicos. Essa abordagem mais ampla não se limita apenas à engenharia e ao planejamento administrativo, mas também envolve o planejamento ambiental urbano. A ideia é promover ambientes saudáveis tanto dentro quanto fora das áreas urbanas, buscando soluções que atendam aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Desta forma, os princípios básicos de uma drenagem urbana moderna são os de não aumentar as cheias naturais e não fazer intervenções no meio ambiente que provoquem aumento ou transferência de enchentes para outros locais, a montante ou a jusante. Isto enquadra-se no Sistema de Drenagem Urbana Sustentável, que se

baseia numa correta gestão dos impactos do meio urbano sobre o meio ambiente hidrológico.

4.1.1. Soluções de Contenção em Nível de Lote (Controle na Fonte)

O processo de urbanização modifica as superfícies naturais dos terrenos, promovendo a impermeabilização do solo, que resulta na diminuição da infiltração e da rugosidade dos terrenos, promove alteração da quantidade e das direções dos fluxos superficiais da água de chuva, além de implicar o aumento de sedimentos, poluição difusa e contaminação do ambiente.

Os hidrogramas de cheia das bacias hidrográficas urbanizadas têm seu pico de vazões mais acentuados e seu tempo de resposta reduzido em comparação aos hidrogramas gerados na bacia hidrográfica em seu estado natural (Figura 4). A intensificação das inundações, alagamentos e enxurradas que trazem riscos e transtornos para a população são resultados negativos do processo de urbanização.

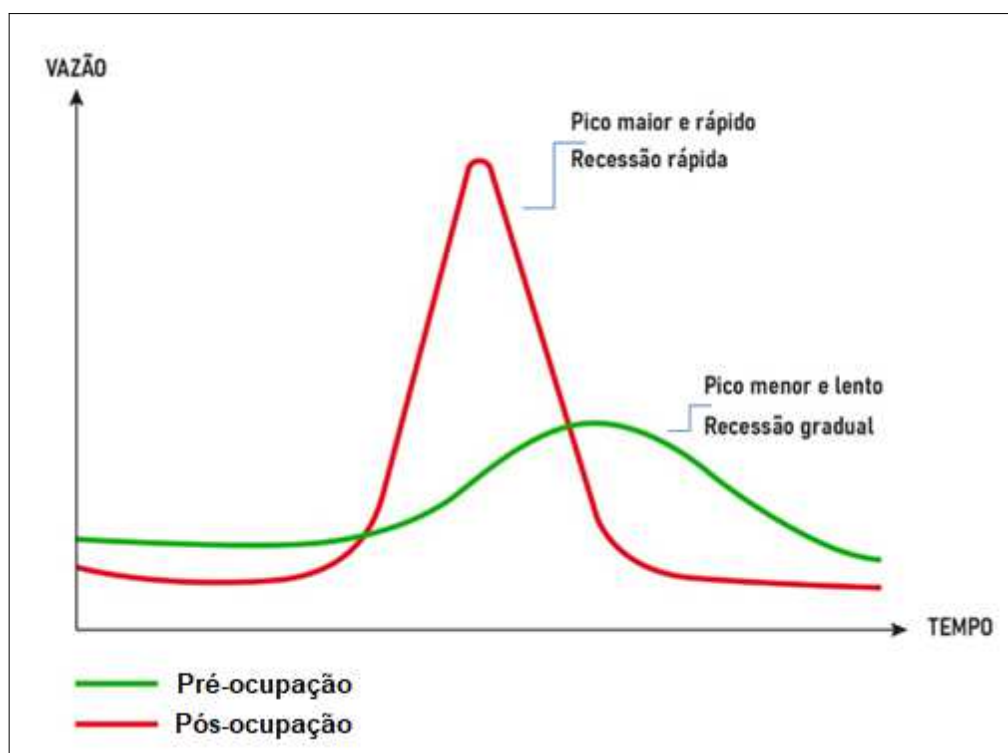


Figura 4 – Modificações no hidrograma de cheias impostas pelo processo de urbanização

Fonte: Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem, Belo Horizonte

Entretanto, quando praticado o conceito de “controle na fonte” em uma área urbanizada, tem-se implementadas medidas mitigadoras nos terrenos em que o

escoamento é gerado, evitando a transferência do fluxo intensificado pela impermeabilização da área. Assim há um maior controle do escoamento pluvial visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume escoado, reduzindo a probabilidade de inundações e trazendo a possibilidade de ganhos na qualidade das águas pluviais já que esses dispositivos de controle retêm parte dos sólidos grosseiros e outros possíveis resíduos carreados. O que resulta em um hidrograma de cheia menor e mais distribuído em comparação ao de pós-ocupação, como pode ser visto na Figura 5.

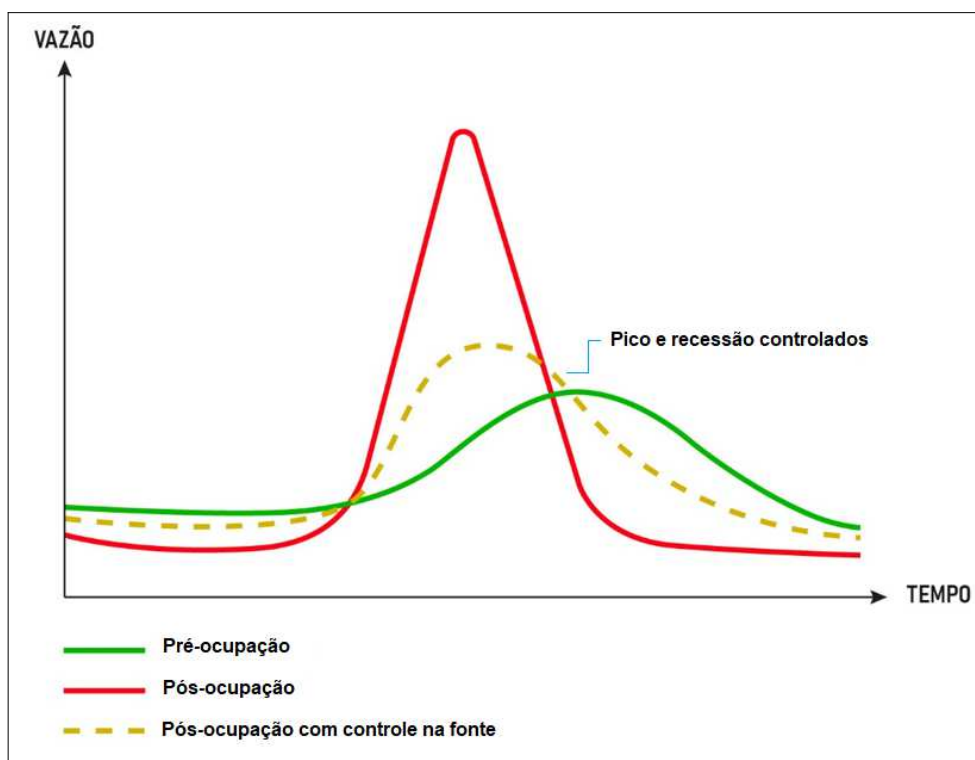


Figura 5 – Hidrograma de cheias pré-ocupação, pós-ocupação e pós-ocupação com controle na fonte

Fonte: Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem, Belo Horizonte

Logo, a efetiva aplicação desse conceito implica que todos os envolvidos na alteração do ambiente natural, sejam eles empreendedores privados ou públicos, compartilhem as responsabilidades de modificar o solo. Isso é válido independentemente do tamanho do empreendimento, não limitando as ações para controle do escoamento apenas a grandes obras realizadas pelo governo.

Assim, qualquer tipo de empreendimento, seja ele residencial, comercial, industrial ou público, deve seguir os critérios estabelecidos pelas leis municipais para evitar ou minimizar os impactos no ambiente urbano. É fundamental que os empreendimentos garantam que a infraestrutura urbana tenha capacidade para lidar com o escoamento

superficial gerado por eles, possibilitando um projeto de drenagem pluvial que ofereça soluções capazes de mitigar os impactos negativos que possam afetar o sistema de drenagem público e a hidrografia do município.

Entretanto observa-se que, para o projeto de estruturas de controle de drenagem urbana, incluindo soluções de contenção em nível de lote, é necessário considerar uma variedade de elementos hidráulicos e alternativas tecnológicas. A seguir são apresentados alguns elementos comuns e propostas de solução, levando em conta área, custos e alternativas tecnológicas.

4.1.1.1. *Bacias de Retenção, Detenção e infiltração*

- **Detalhamento:** As bacias de retenção são projetadas para armazenar temporariamente água da chuva, liberando-a gradualmente para evitar sobrecarregar os sistemas de drenagem. Já as bacias de detenção são semelhantes, mas destinam-se a reter a água por um período mais curto, reduzindo o pico de vazão durante eventos de chuva intensa.
- **Tecnologias e Materiais:** As bacias podem ser construídas com uma variedade de materiais, como concreto, plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), ou podem ser naturalizadas com vegetação para fornecer benefícios adicionais, como habitat para fauna local.
- **Considerações Adicionais:** Além dos custos de construção e manutenção, é importante considerar a disponibilidade de terrenos adequados e as implicações ambientais e sociais, como a necessidade de realocação de residências ou áreas verdes existentes.

As figuras a seguir apresentam a configuração típica de uma vala de detenção e de uma bacia de detenção.

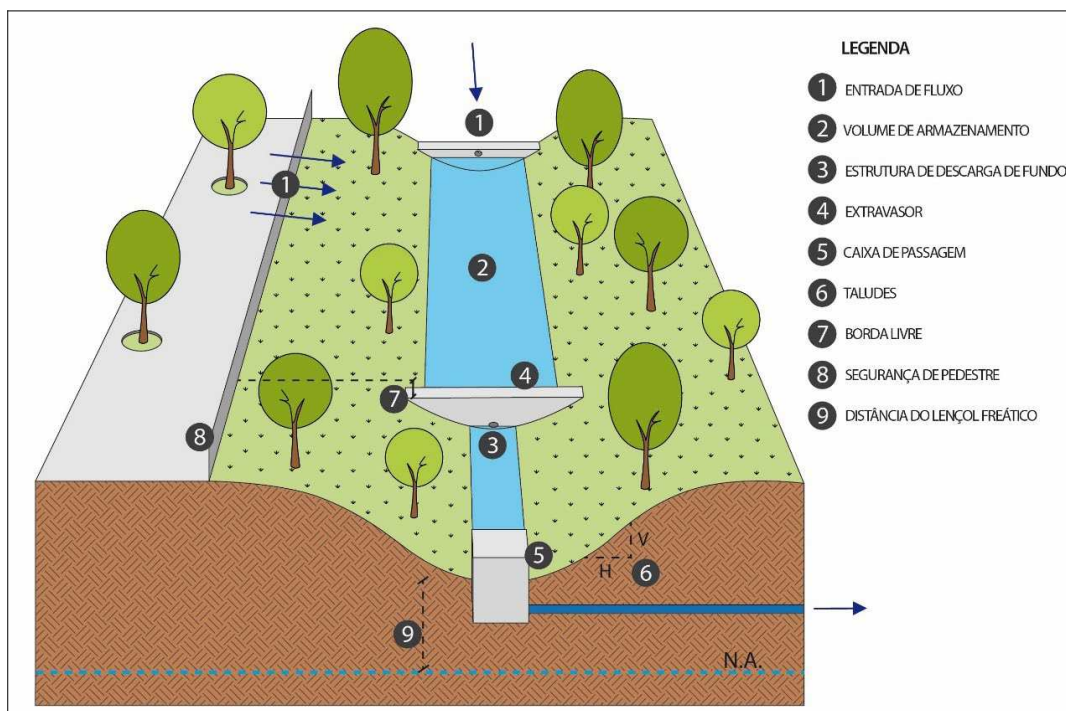


Figura 6 –Configuração Típica de Vala de Detenção

Fonte: Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem, Belo Horizonte

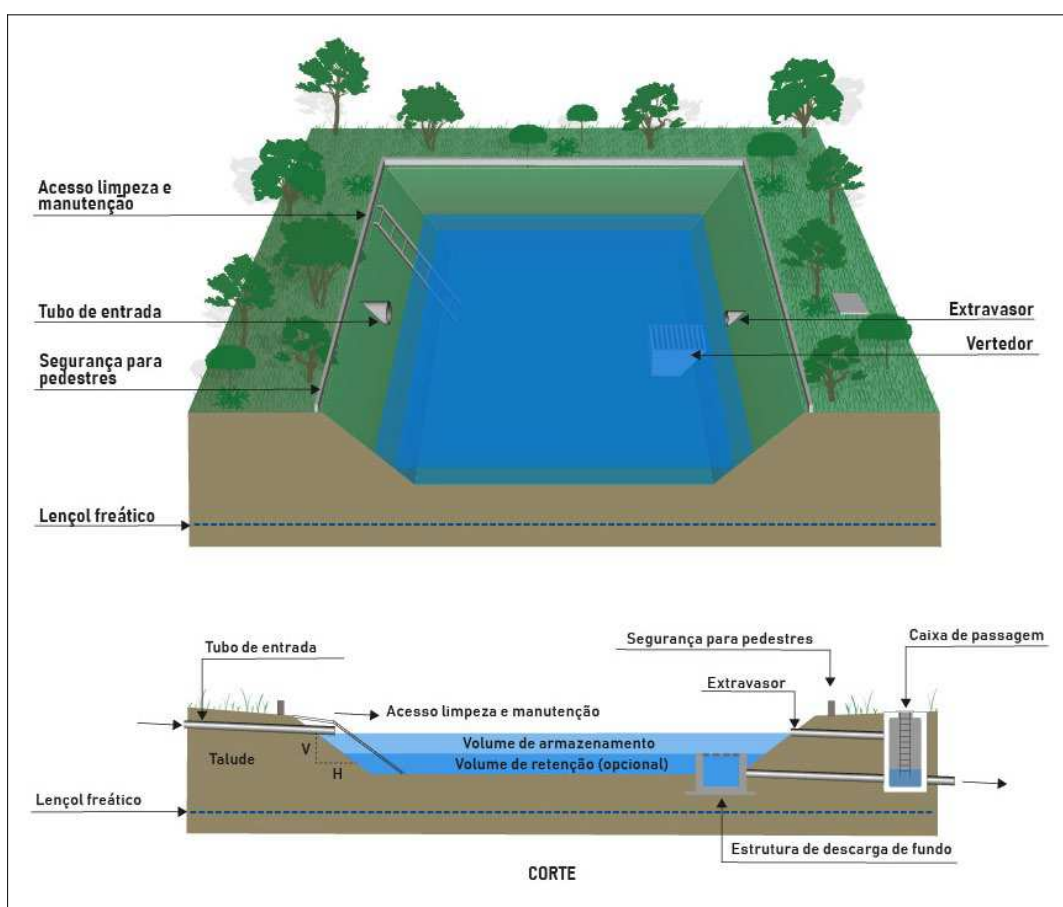


Figura 7 –Configuração Típica de Bacia de Detenção

Fonte: Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem, Belo Horizonte

4.1.1.2. Poços, valas e trincheiras de infiltração

Poços, valas e trincheiras de infiltração podem ser adotadas como medidas de controle, tendo como principal objetivo a construção de um dispositivo capaz de propiciar a infiltração da água pluvial na subsuperfície, reduzindo desta forma seu escoamento superficial. Apesar da semelhança em termos de funcionalidade, eles apresentam características construtivas um pouco diferentes. Os poços são dispositivos pontuais, mais verticalizados que ocupam menos área superficial. São estruturados por brita (meio poroso) ou revestimento estrutural fixando a parede interna e possibilitando o interior vazio (Figura 8).

As valas de infiltração são depressões lineares gramadas do terreno concebidas para funcionar como pequenos canais, desacelerando o fluxo e propiciando sua infiltração. Podem incorporar pequenos barragens de desaceleração favorecedoras de infiltração (Figura 9). São também apropriadas para lotes residenciais, loteamentos e parques.

A trincheira de infiltração é um dispositivo linear (comprimento extenso em relação à largura e à profundidade), preenchida com brita uniforme, destinado a recolher o excesso de escoamento superficial, concentrando-o e promovendo sua infiltração no solo natural (Figura 10). Uma variação desta solução, utilizada para solo pouco permeáveis, é o direcionamento para um exutório.

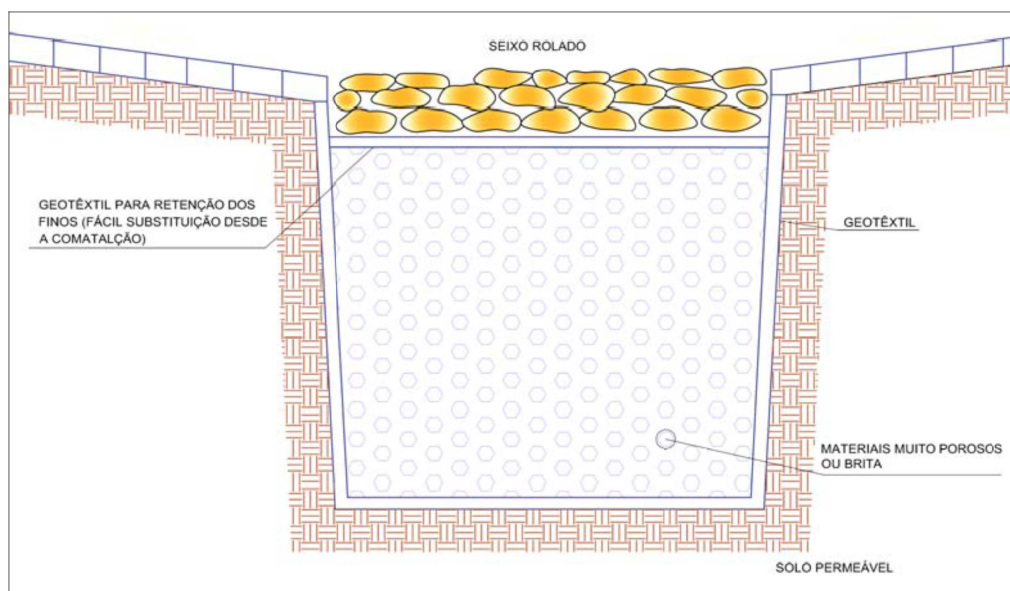


Figura 8 – Configuração Típica de poço de infiltração

Fonte: Manual de Drenagem Urbana, Região Metropolitana de Curitiba – PR (SUDERHSA,2002)

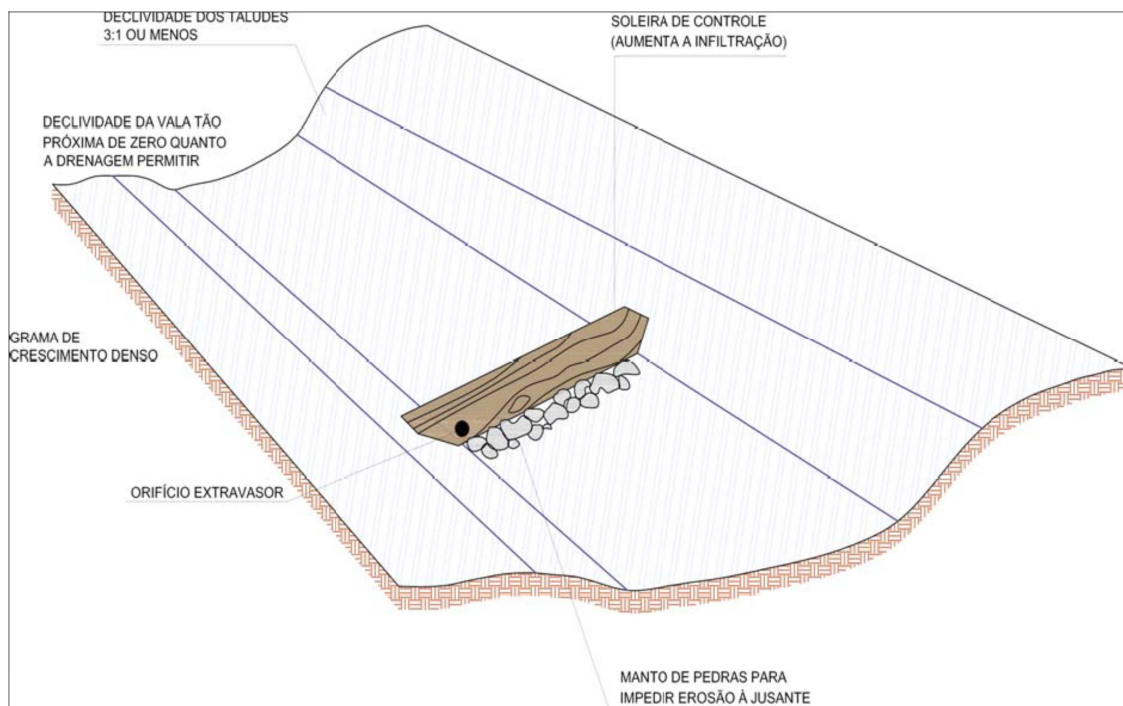


Figura 9 – Configuração Típica de vala de infiltração

Fonte: Manual de Drenagem Urbana, Região Metropolitana de Curitiba – PR (SUDERHSA,2002)

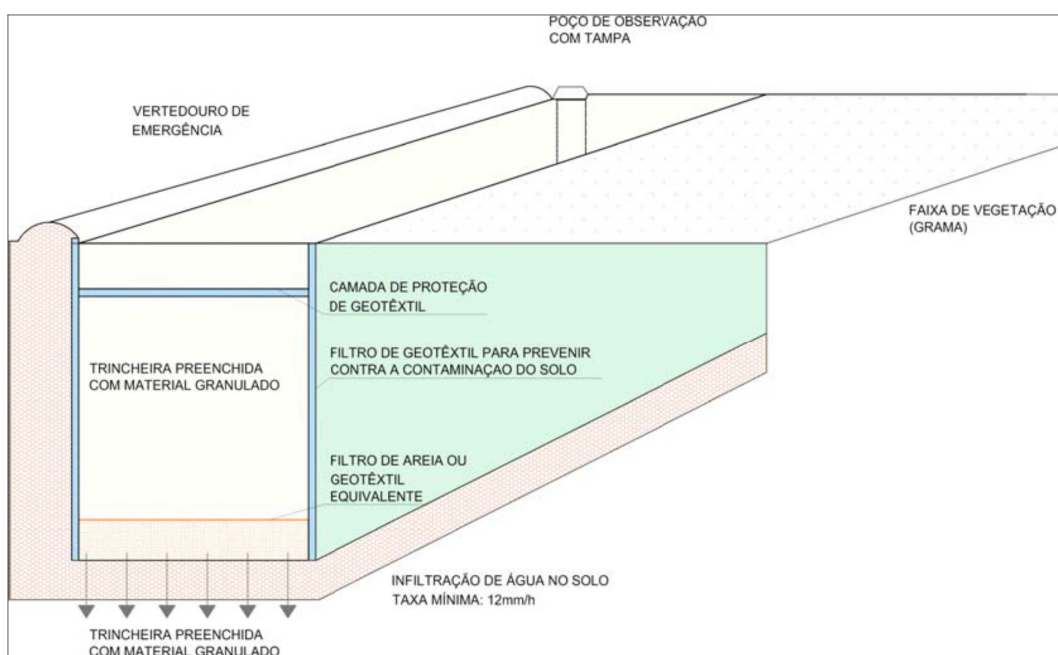


Figura 10 – Configuração Típica da trincheira de infiltração

Fonte: Manual de Drenagem Urbana, Região Metropolitana de Curitiba – PR (SUDERHSA,2002)

Observa-se, que a aplicação das soluções de infiltração no solo deve ser utilizada com muita cautela e estudos, pois em Joinville existem limitações devido ao afloramento do lençol freático.

4.1.1.3. Pavimentos Permeáveis

- Detalhamento: Pavimentos permeáveis permitem que a água da chuva infiltre no solo em vez de escoar para os sistemas de drenagem. Eles podem ser feitos de concreto poroso, blocos de pavimentação permeáveis, ou materiais como cascalho ou grama permeável.
- Tecnologias e Materiais: Os pavimentos permeáveis vêm em uma variedade de tipos e materiais, cada um com suas próprias características de permeabilidade e resistência ao desgaste. Alguns são mais adequados para áreas de tráfego pesado, enquanto outros são mais adequados para áreas de pedestres.
- Considerações Adicionais: É importante considerar a manutenção adequada para garantir a durabilidade e eficácia dos pavimentos permeáveis ao longo do tempo, incluindo a limpeza regular para evitar a obstrução dos poros.

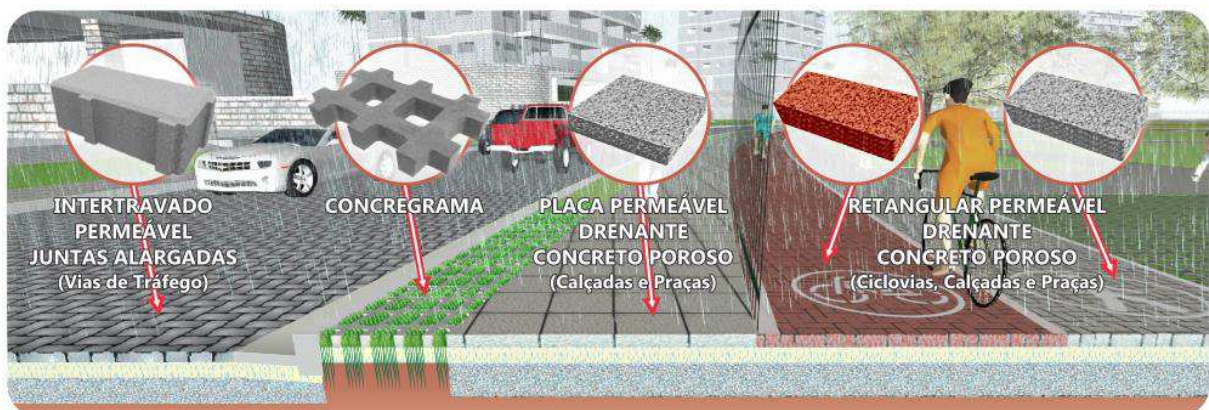


Figura 11 –Exemplos de Pavimentos Permeáveis

Fonte: Guia de Técnicas Sustentáveis em Drenagem Urbana

4.1.1.4. Paredes Verdes e Telhados Verdes

- Detalhamento: Paredes e telhados verdes consistem em camadas de plantas e substrato que absorvem a água da chuva e reduzem o escoamento superficial. Eles também proporcionam isolamento térmico, melhoram a qualidade do ar e fornecem habitat para a vida selvagem.

- **Tecnologias e Materiais:** As paredes e telhados verdes podem ser projetados com uma variedade de sistemas de suporte e materiais de plantio, dependendo das condições locais e das necessidades específicas do projeto.
- **Considerações Adicionais:** É importante considerar a carga adicional nos edifícios e a necessidade de sistemas de drenagem adequados para garantir que a água não danifique a estrutura do edifício.

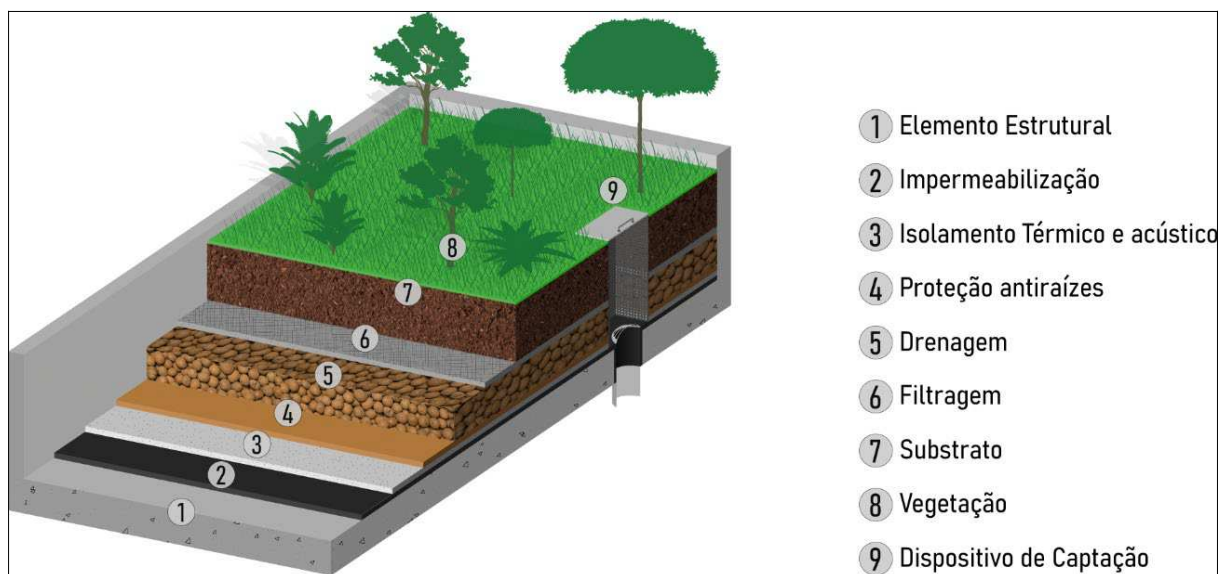


Figura 12 – Configuração Típica do Telhado Verde

Fonte: Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem, Belo Horizonte

O telhado verde deve receber somente seu próprio escoamento, não sendo permitida a conexão de áreas impermeáveis ao telhado.

4.1.1.5. Sistemas de Drenagem Inteligente

- **Detalhamento:** Os sistemas de drenagem inteligente utilizam sensores, válvulas controladas remotamente e algoritmos para monitorar e controlar o escoamento de água da chuva de forma eficiente.
- **Tecnologias e Materiais:** Os componentes dos sistemas de drenagem inteligente incluem sensores de nível de água, sistemas de comunicação sem fio, válvulas motorizadas e software de gerenciamento de dados.
- **Considerações Adicionais:** A integração com sistemas de previsão de tempo e a capacidade de resposta em tempo real a eventos de chuva são aspectos



importantes a serem considerados na implementação de sistemas de drenagem inteligente.

Essas propostas de solução para controle de drenagem urbana e contenção em nível de lote podem ser adaptadas às necessidades específicas de cada comunidade, levando em consideração fatores como área disponível, custos, características do terreno e metas de sustentabilidade e resiliência. A escolha das tecnologias e materiais adequados, juntamente com uma abordagem integrada que envolva a participação da comunidade e o planejamento de longo prazo, pode resultar em sistemas de drenagem mais eficazes e sustentáveis.

4.2. CRITÉRIOS DE PROJETOS DE MICRODRENAGEM

A microdrenagem é necessária para criar condições de circulação de veículos e pedestres na área urbana, por ocasião de ocorrência de chuvas frequentes, como também evitar danos às propriedades e riscos de perdas humanas por ocasião de temporais mais fortes. Sendo ela definida pelo sistema de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária urbana.

Para a realização do dimensionamento de uma rede primária as seguintes etapas são necessárias

- Subdivisão da área e traçado;
- Determinação das características das bacias contribuintes;
- Determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- Dimensionamento da rede de condutos;
- Dimensionamento das medidas de controle.

Entretanto, para a elaboração de um projeto de rede pluvial de microdrenagem é necessário o levantamento dos seguintes dados:

- Mapas: Os principais mapas necessários aos estudos são os seguintes:
 - Mapa de situação da localização da área dentro do município;
 - Planta geral da bacia contribuinte: escalas 1:500 ou 1:2.000, juntamente com a localização da área de drenagem. No caso de não existir planta plani-altimétrica da bacia, deve ser delimitado o divisor topográfico por poligonal nivelada;



- Planta planialtimétrica da área do projeto na escala 1:500 ou 1:1.000, com pontos cotados nas esquinas e em pontos notáveis.
- Levantamento Topográfico: o nivelamento geométrico em todas as esquinas, mudança de direção e mudança de greides das vias públicas.
 - Os levantamentos topográficos deverão ser substituídos pela restituição aerofotogramétrica escala 1:1.000 elaborada pela PMJ com curvas de nível equidistantes de 0,20 m, quando na área coberta por este levantamento;
 - Nos casos de loteamentos a serem implantados, deverão ser utilizados o projeto de terraplanagem e de arruamento para implantação do loteamento, na escala 1:1.000 ou maior;
- Cadastro: de redes existentes de esgotos pluviais ou de outros serviços que possam interferir na área de projeto de drenagem.
- Urbanização: seleção dos seguintes elementos relativos à urbanização da bacia contribuinte, nas situações atual e previstas no plano diretor, abrangendo:
 - Tipo de ocupação das áreas (residências, comércio, praças, etc.);
 - Porcentagem de área impermeável projetada de ocupação dos lotes;
 - Ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas pertencentes à bacia.
- Dados relativos ao curso de água receptor, abrangendo:
 - Indicações sobre o nível de água máximo do rio que irá receber o lançamento final
 - levantamento topográfico do local de descarga final

Adicionalmente, em função da configuração a ser definida será necessário o levantamento de áreas específicas para retenção do escoamento.

Após a conclusão das etapas supracitadas, o próximo passo na elaboração do projeto de microdrenagem é a concepção do sistema. Esta fase definirá: as linhas básicas do traçado da rede, localização das caixas de inspeção, bocas-de-lobo e pontos de lançamento no sistema de drenagem.

A seguir são apresentados os principais critérios que devem ser considerados para o traçado da rede pluvial, que deve ser lançada em planta baixa (escala 1:500 ou 1:1.000), de acordo com as condições naturais do escoamento superficial:

- Para delimitação da bacia hidrográfica deverá ser consultado o site simgeo.joinville.sc.gov.br, onde a prefeitura disponibiliza em (dwg) as bases cartográficas da cidade de Joinville;
- Os divisores de bacias e as áreas contribuintes a cada trecho deverão ficar convenientemente assinalados nas plantas;
- Os trechos em que o escoamento se dê apenas pelas sarjetas devem ficar identificados por meio de setas;
- As galerias pluviais, sempre que possível, deverão ser locadas próximo às guias, analisando-se sempre que possível a sua locação a partir das interferências já existentes com outras canalizações de serviços públicos;
- Utilizar redes duplas por rua preferencialmente, a fim de facilitar as futuras ligações domiciliares, em casos justificados poderá ser utilizado rede única;
- Não utilizar trechos de rede curvos somente retos;
- Utilizar no mínimo tubos de 20 cm para as ligações domiciliares;
- Utilizar no mínimo tubos de 30 cm para as ligações com as bocas de lobo;
- A ligação das águas pluviais efluentes de cada lote será realizada diretamente na rede de drenagem pluvial, utilizando ligação padrão;
- Nos lotes de grandes dimensões, com área superior a 1.000 m², quando definido em legislação pertinente, deverá ser apresentado projeto específico de retenção/amortecimento de precipitações pluviais e de ligação à rede de microdrenagem;
- Em loteamentos a serem implantados a retenção/amortecimento de precipitações pluviais no lote pode ser substituída ou complementada por amortecimentos implantados próximo ao exutório da rede de microdrenagem do loteamento e que contemplem toda a área esgotada pela rede de microdrenagem;



- O amortecimento do escoamento é realizado nas áreas baixas junto à drenagem principal. Procura-se localizar a área de amortecimento preferencialmente junto à saída do sistema projetado;
- Preferencialmente os sistemas de detenções devem estar integrados de forma paisagística na área;
- O projeto deve estabelecer a área máxima impermeável de cada lote do parcelamento, além das áreas comuns (conforme lei 470/2017, regulamentada pelos Decretos nº 30058/2017 e nº 33767/2019);
- Sempre que a rua onde está sendo elaborado o projeto receber contribuição de drenagem de uma rua transversal deverá prever uma caixa de inspeção com tubulação de espera, onde o diâmetro deve ser dimensionado, para captar as águas dessa rua;
- Deverá ter drenagem pluvial em frente a todos os lotes da rua projetada.
- Na descarga deverá conter a cota de fundo da tubulação projetada e a cota da descarga existente;
- Quando a descarga é feita em uma vala existente, deverá ser prevista ala;
- A descarga em tubulações e valas existentes deverá seguir o fluxo do escoamento. Sendo o ângulo máximo de 45° em relação ao corpo hídrico receptor;
- As descargas deverão ser feitas em caixas de inspeção, rios, valas, mangues, canais, lagoas ou corpos hídricos;
- Apresentar perfil longitudinal com escala horizontal 1:1000 e vertical 1:100. Contendo rede de drenagem com comprimento, nomenclatura do trecho, diâmetro, declividade, sentido do escoamento, cotas do terreno, cota da Geratriz inferior da rede de drenagem;
- Apresentar planta de localização destacando o trecho do projeto e contendo a indicação do norte;
- Apresentar quadro de caixas indicando a caixa, a rede, o bordo, o estaqueamento e a quantidade;
- Deverá ser verificado o dimensionamento do corpo hídrico a jusante onde será feita a descarga. Caso a seção existente para o corpo hídrico a jusante



não seja suficiente para receber a contribuição da galeria projetada, deverá ser estudado a seção hidráulica necessária para atender a vazão projetada;

- Deverá ser verificado o dimensionamento da galeria a jusante. Caso a galeria existente a jusante não seja suficiente para receber a contribuição da galeria projetada, deverá ser estudado o seu reforço ou a sua substituição no trecho em que for necessário;
- Para o despejo da galeria projetada deverá ser escolhida uma galeria a jusante de dimensões iguais ou maiores, canal ou curso d'água natural com as devidas proteções contra erosões. Caso o ponto considerado adequado para despejo não se encontre na via em estudo, a galeria deverá ser estendida a jusante da mesma até esse ponto;
- Deverá ser consultado os órgãos: de telefonia, de água e esgoto, de gás, de pavimentação, de rede elétrica e outros, para compatibilização de projetos.

Os itens a seguir apresentam os principais elementos hidráulicos que compõe a rede de microdrenagem.

4.2.1. Condução hidráulica de ruas e sarjetas

As sarjetas em trecho urbano têm como objetivo conduzir as águas que se precipitam sobre a plataforma da rodovia e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo

As águas, ao caírem nas áreas urbanas, escoam inicialmente pelos terrenos até chegarem às ruas. Sendo as ruas abauladas (declividade transversal) e tendo inclinação longitudinal, as águas escoarão rapidamente para as sarjetas e, destas ruas abaixo. Se a vazão for excessiva poderão ocorrer alagamentos e seus reflexos; inundação de calçadas e velocidades exageradas, com erosão do pavimento.

O dimensionamento hidráulico das sarjetas deve ser feito pela aplicação da equação de Manning:

$$Q = \frac{A x R^{2/3} x S^{1/2}}{n}$$

Onde:

- Q = Vazão;
- A = Área da Seção;
- R = Raio hidráulico;
- S = Declividade.

4.2.2. Bocas de Lobo

Bocas de lobo são dispositivos especiais que têm a finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas para, em seguida, conduzi-las às galerias subterrâneas.

A capacidade de esgotamento de uma boca de lobo, sua localização e espaçamento, qualquer que seja o seu tipo, depende da altura d'água no trecho da sarjeta imediatamente a montante da boca de lobo, isto é, em suma, da capacidade de vazão da sarjeta. Se esta estiver localizada em trecho de declividade uniforme, a altura d'água na sarjeta dependerá das suas características de escoamento como conduto livre. Tais características incluem a seção transversal, a declividade e a rugosidade da sarjeta e as superfícies do pavimento sobre as quais a água escoa.

Basicamente, podem ser classificados em dois tipos, a saber:

- Boca-de-lobo simples, isto é, com abertura no meio-fio, caso em que a caixa coletora fica situada sob o passeio, Figura 13;

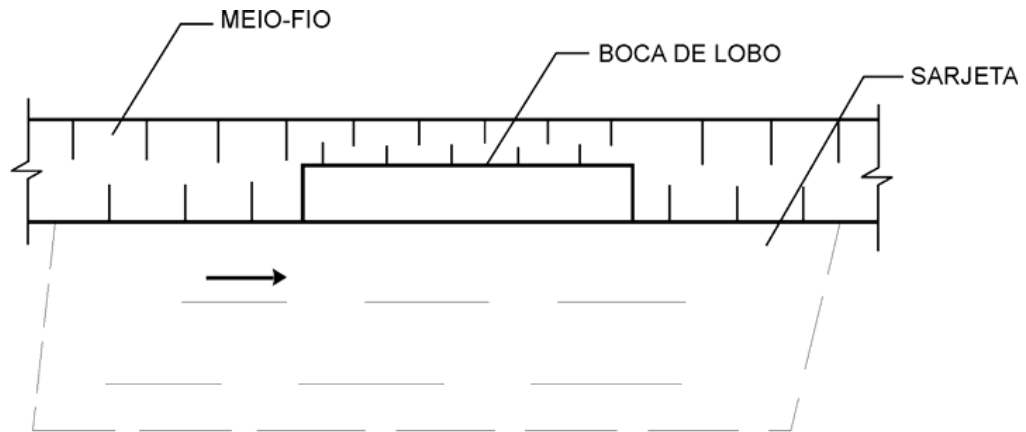


Figura 13 – Boca de Lobo Simples

Fonte: Manual de Drenagem Rodoviária - DNIT

- Boca-de-lobo com grelha, caso em que a caixa coletora fica situada sob a faixa da sarjeta, Fig. 108 (b).

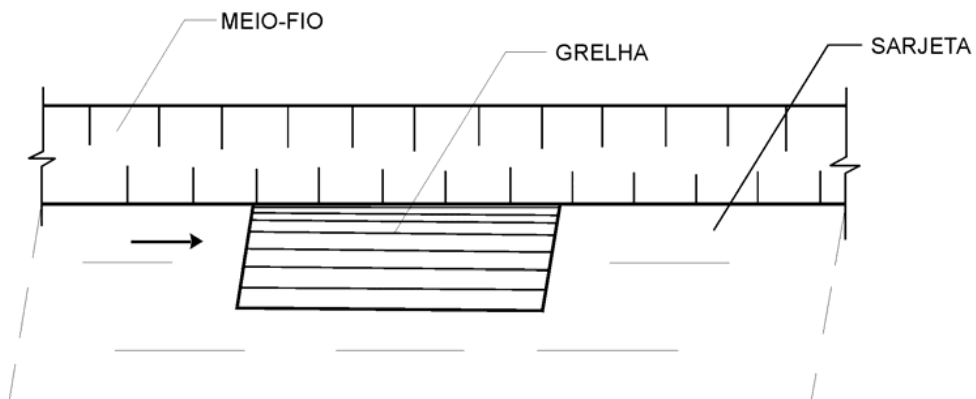


Figura 14 – Boca de Lobo com Grelha

Fonte: Manual de Drenagem Rodoviária - DNIT

Observa-se que em casos especiais pode haver uma combinação dos dois tipos de boca-de-lobo supracitadas.

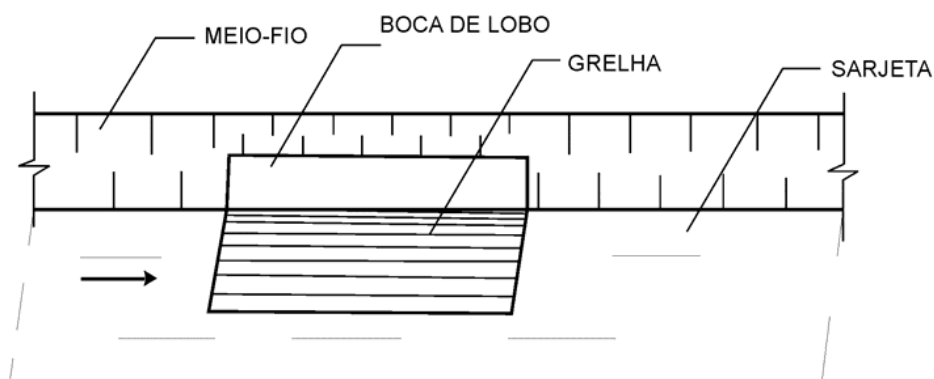


Figura 15 – Boca de Lobo Combinada

Fonte: Manual de Drenagem Rodoviária – DNIT

A capacidade de escoamento de uma boca-de-lobo simples depende da velocidade com que ocorre a mudança de direção do fluxo na sarjeta. Assim, ao aumentar a altura do fluxo, por exemplo, através de uma depressão na sarjeta próxima ao meio-fio, a capacidade de escoamento da boca-de-lobo será significativamente ampliada. Uma vantagem principal da boca-de-lobo simples é que as obstruções por detritos são menos frequentes devido às maiores aberturas. No entanto, sua eficiência é baixa em sarjetas com declives acentuados.

A boca-de-lobo com grelha possui uma abertura coberta por barras metálicas longitudinais ou transversais formando grelhas. Essas grelhas podem estar dispostas paralelamente ou perpendicularmente à direção do escoamento. A principal desvantagem das grelhas é a obstrução por detritos carregados pelas enxurradas, o que reduz substancialmente sua capacidade de escoamento. Estudos têm mostrado que grelhas com barras longitudinais são mais eficientes e menos suscetíveis a obstruções do que aquelas com barras transversais.

A boca-de-lobo combinada é uma fusão entre a boca-de-lobo simples e a grelha, funcionando como uma única unidade. Ela é posicionada em pontos intermediários das sarjetas ou em locais mais baixos, geralmente com a grelha instalada diante da abertura do meio-fio, mas também podendo estar localizada a montante ou a jusante. Testes de laboratório mostraram que, enquanto a grelha não estiver obstruída, a abertura no meio-fio tem pouca influência na capacidade de escoamento da boca-de-lobo combinada. No entanto, em caso de obstrução, essa abertura torna-se crucial para o funcionamento da boca-de-lobo, sendo mais eficaz quando a grelha está localizada a jusante da abertura.



A locação das bocas-de-lobo deve considerar as seguintes recomendações:

- Serão locadas em ambos os lados da rua e nos cruzamentos, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- Instalar em pontos, pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres e nos pontos baixos da quadra, a montante das esquinas;
- Dimensionar as sarjetas para bocas de lobo espaçadas em no máximo a cada 40 m;
- Serão locadas nos pontos baixos da quadra;
- A localização das bocas-de-lobo deve ser determinada através do cálculo da capacidade hidráulica da sarjeta, considerando-se uma altura do meio-fio de 0,15 m e uma largura da lâmina d'água variável.
- A melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
- Não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: (i) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; (ii) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam, como resultante, um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca - de- lobo.

Segundo o Manual de Drenagem de Rodovias – DNIT 2006 e Eficiência Hidráulica de Bocas de Lobo – Podalyro Amaral de Souza, o dimensionamento para boca de lobo pode ser interpretado com o um vertedor ou como um orifício quando se apresenta afogado.

Para a determinação da capacidade de engolimento da boca de lobo para a condição $y/h < 1$ utiliza-se a equação abaixo:

$$Q = 1,703 \times y^{2/3} \times L$$

Onde:

- Q = Vazão máxima esgotada pela boca de lobo (m^3/s);
- y = Altura da lâmina d'água (m);
- L = Abertura da boca de lobo (m).

No manual de drenagem rodoviária do DNIT é apresentado um nomograma que também pode ser utilizado para a determinação de capacidade de engolimento de bocas de lobo.

Para a determinação da capacidade de engolimento da boca de leão (boca de lobo com grelha) pode-se utilizar as equações abaixo.

Para $y < 0,12\text{m}$

$$\frac{Q}{P} = 1,655 \times y^{1,5}$$

Para $y < 0,42\text{m}$

$$\frac{Q}{A} = 2,91 \times y^{0,5}$$

Onde

- $\frac{Q}{P}$ = relação entre vazão e perímetro molhado do orifício;
- $\frac{Q}{A}$ = relação entre vazão e área molhada do orifício;
- y = altura da lâmina d'água sobre a grelha

4.2.3. Canais abertos

Os canais abertos têm a função de coletar e conduzir os fluxos superficiais até o deságue seguro em cursos d'água ou mesmo galerias pluviais. O projeto de canais abertos, pode diminuir ou mesmo eliminar a necessidade de tubulações enterradas resultando em investimentos de menos vulto e por este motivo merece análise pormenorizada.

Recomenda-se que a adoção de canais abertos seja cogitada quando existir rede de esgoto em 100% na bacia a montantes, como diretriz básica de projetos pelas seguintes principais razões:



- Possibilidade de veiculação de vazões superiores à de projeto, mesmo com prejuízo da borda livre;
- Facilidade de manutenção e limpeza;
- Possibilidade de adoção de seção transversal de configuração mista com maior economia de investimentos;
- Possibilidade de integração paisagística com valorização das áreas ribeirinhas, quando há espaço disponível;
- Maior facilidade para ampliações futuras caso necessário.

Já a escolha do tipo de seção transversal de um canal depende de vários fatores essenciais, como o espaço disponível, as características do solo, os níveis de água, as características do leito, a declividade e as condições de operação.

Quanto ao tipo de revestimento desses canais, eles podem ou não ter revestimento em função dos critérios de projeto pré-estabelecidos e das suas condições hidráulicas, desde que aprovado pela PMJ. Assim podem ser canais abertos em solo, gramados, em pedra-argamassada, concreto, entre outros.

A capacidade máxima dos canais abertos, a altura da lâmina d'água e a velocidade são obtidas pela aplicação da equação de Manning e da equação da continuidade, conforme mostrado a seguir:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} I_0^{1/2} \quad (\text{Equação de Manning})$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{Equação da Continuidade})$$

Em que:

- Q – vazão, em [m³/s];
- A – área molhada, em [m²];
- R_h - raio hidráulico, em [m];
- I₀ - declividade da linha de energia, em [m/m];
- V – velocidade, em [m/s];
- n - coeficiente de rugosidade de Manning.

O coeficiente de rugosidade de Manning (n) e as velocidades máximas admissíveis dependem do tipo de revestimento das valetas adotado.

Quadro 6 – Coeficiente de Manning

MATERIAL / REVESTIMENTO	MENOR	MAIOR	ADOTADO(*)
Galerias Pré-moldada	0,012	0,018	0,016
Tubos de Concreto	0,012	0,016	0,016
Canais em Pedra sem Revestimento	0,017	0,03	0,02
Canais em Terra	0,017	0,03	0,03
Canais com Vegetação nos Taludes	0,03	0,04	0,035
Canais em Gabião-Manta	0,022	0,027	0,026

Fonte: PDDU do Rio Cachoeira (2011)

(*) valores adotados para simulação hidráulica quando da elaboração do PDDU do Rio Cachoeira

Importante frisar que no dimensionamento hidráulico destes canais, devem ser respeitadas as condições de velocidade mínimas, para que não ocorra o processo de deposição de sedimentos.

Quadro 7 – Velocidade Mínima e Máxima dependendo do Revestimento

NATUREZA DO REVESTIMENTO DO CANAL	VELOCIDADE LIMITES (m/s)	VELOCIDADE MÁXIMA RECOMENDADA(m/s)
Concreto bem acabado	4,00 – 6,00	4,5
Concreto não acabado	4,00 – 6,00	4,5
Terra reto e uniforme, limpo	0,50 - 1,22	1,0
Terra com vegetação baixa (Grama)	1,20 - 1,80	1,5
Solo cascalhado	1,22 – 1,83	1,0
Escavado em rocha compactas	3,05 – 4,00	3,5
Escavado em rochas sedimentares moles-xistos	1,83 – 2,44	2,0

Fonte: Adaptado Porto (2001)

4.2.4. Caixas de Inspeção, Passagem e de Queda

As caixas de inspeção são dispositivos especiais que têm a finalidade de permitir mudanças ou das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção. São dispositivos também previstos quando, para um mesmo local, concorrem mais de um coletor. Possuem a função primordial de permitir o acesso às canalizações para limpeza e inspeção, de modo que se possam mantê-las em bom estado de funcionamento.

As caixas de ligação ou de passagem são utilizadas nos casos em que se faz necessária a localização de bocas de lobo intermediárias ou para evitar a chegada em uma mesma caixa de inspeção, de mais de quatro tubulações. Diferem das caixas de inspeção pelo fato de não serem visitáveis.

Após o dimensionamento e localização das bocas-de-lobo e sarjetas, devem ser posicionadas as caixas de inspeção que atenderão às bocas-de-lobo projetadas e demais casos particulares.

A seguir são apresentadas algumas orientações técnicas:

- Utilizar Caixa de Inspeção no início de trecho, mudanças de diâmetro, mudança de material, declividade e direção e captação de drenagem de ruas a montante;
- Espaçar as caixas de inspeção em no máximo a cada 100m, caixas de passagens intermediárias (entre os 100m) poderão ser utilizadas;
- Utilizar caixas de passagem para a ligação das bocas de lobo e ligações domiciliares nas redes de 40 e 60cm;
- Sempre que a rua onde está sendo elaborado o projeto receber contribuição de drenagem de uma rua transversal deverá prever uma caixa de inspeção com tubulação de espera, onde o diâmetro deve ser dimensionado, para captar as águas dessa rua;

Sua locação é sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudança de diâmetro. O espaçamento recomendado para as caixas de inspeção é de no máximo 100 metros.

4.2.5. Galerias

4.2.5.1. Galerias de seções circulares

Canalização pública utilizada para conduzir as águas pluviais, interligando as várias caixas de inspeção, até o despejo em um curso d'água, canal ou galeria de maior porte.

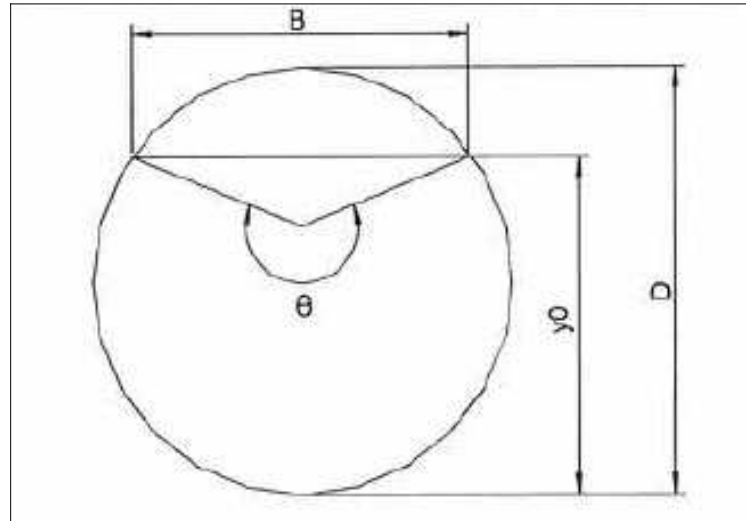
O diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,40 m. Os diâmetros comerciais correntes a serem utilizados na rede de microdrenagem são:



0,40; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50 m. Alguns dos critérios básicos de projeto são os seguintes:

- As galerias pluviais são projetadas para funcionamento com lâmina máxima de água de 81% do diâmetro da canalização, com a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível determina-se em função do material a ser empregado na rede. Para tubos de concreto, a velocidade máxima admissível é de 5,0 m/s, e a velocidade mínima é de 0,75 m/s. Já a declividade mínima não deverá ser inferior a 0,2%;
- Em casos especiais em que haja afogamento da tubulação em decorrência do nível do corpo receptor a jusante, as canalizações poderão ser projetadas para funcionamento em seção plena;
- O recobrimento mínimo da rede deve ser de 0,60 m, quando forem empregadas tubulações sem estrutura especial. Quando, por condições topográficas, forem utilizados recobrimentos menores, as canalizações deverão ser projetadas do ponto de vista estrutural;
- Para o assentamento das tubulações deverão ser utilizados berços de material granular ou em concreto, devidamente projetados para as condições de fundação no local. Se necessário, utilizar guias ou calços de madeira ou de concreto pré-moldado para fixar os tubos na posição correta;
- Nas mudanças de diâmetro, os tubos deverão ser alinhados sempre pela geratriz superior;
- Sempre que se torne necessário implantar a rede de drenagem com declividade inferior à do terreno para limitação da velocidade de escoamento, deverão ser previstos poços de queda. Os poços de queda serão projetados com dimensões e características semelhantes às das caixas de inspeção, com altura máxima de queda de 1,50 m.

Para a elaboração do cálculo da determinação da capacidade hidráulica das galerias recomenda-se a adoção da relação entre a profundidade Y_0 e o diâmetro D , que pode variar dependendo da condição que se deseja averiguar. Para critério de projeto, deverá ser adotado o limite da relação $Y_0=0,81 D$. A vazão máxima para tubos circulares ocorre para $Y_0=0,94D$ e a máxima velocidade ocorre para $Y_0=0,81 D$.

**Figura 16 – Seção Circular**

Fonte: Recomendações para Projeto de Redes Tubulares de Microdrenagem Urbana- SEINFRA-UBP

Para maior eficiência do sistema considerou-se $Q = Q_{\text{máx.}}$, isto ocorre quando $\Theta = 302,5^\circ$, o que corresponde ao tirante máximo da seção $0,94 \cdot D$.

$$Q = \frac{(DK_1)^{83} \times \sqrt{I}}{n}$$

Onde:

- Q = vazão, em m^3/s ;
- D = diâmetro, em m;
- K_1 = coeficiente de forma para canais circulares, valor fixado para maior eficiência do sistema $K_1 = 0,664$ (PORTO, 2003. P.253);
- I = declividade do fundo, em m/m;
- η = coeficiente de rugosidade de Manning.

4.2.6. Exemplos de alguns Elementos Hidráulicos Complementares

Além dos dispositivos mencionados anteriormente, os projetos de drenagem frequentemente precisam incluir dispositivos específicos para captação, condução e dissipação de energia. Isso é particularmente necessário em regiões, onde o arruamento não segue padrões convencionais, para proteger cortes e aterros contra

erosões, para a drenagem superficial em áreas como praças, parques, jardins, áreas de lazer, acessos de pátios, e para garantir lançamentos finais adequados em corpos d'água. A seguir, são descritos alguns desses dispositivos complementares.

4.2.6.1. Canaletas

As canaletas são dispositivos lineares que captam e conduzem o escoamento superficial das águas pluviais. Sua principal função é evitar que a água se acumule na superfície, prevenindo alagamentos e danos estruturais

Para projetos e indicações de uso por tipo de canaleta, deve-se utilizar o caderno do DNIT, atualizado em março de 2024.

O dimensionamento das canaletas deve considerar vários fatores, como a quantidade de água a ser escoada, a inclinação do terreno e a rugosidade do material da canaleta. A Equação de Manning é frequentemente utilizada para calcular a capacidade de escoamento, levando em conta a geometria da seção transversal, a declividade longitudinal e o coeficiente de rugosidade.

4.2.6.2. Alas e Dissipadores

Nos projetos de drenagem, alas e dissipadores são componentes essenciais para a gestão eficiente do escoamento das águas pluviais. Eles desempenham um papel crucial na proteção de estruturas hidráulicas, controle da velocidade do fluxo de água e prevenção de erosões.

Alas

As alas são estruturas instaladas nas extremidades de tubulações ou canais de drenagem. Elas têm a função de guiar o fluxo da água para dentro ou fora dessas estruturas, minimizando a possibilidade de erosão nas áreas adjacentes. As alas podem ser feitas de concreto, aço ou outros materiais duráveis, e são projetadas para se integrar ao ambiente natural ou urbano de maneira eficaz.

As principais funções das Alas são:

- **Estabilização do Solo:** As alas ajudam a estabilizar o solo ao redor das saídas e entradas de tubulações, prevenindo a erosão causada pelo fluxo concentrado de água.



- **Direcionamento do Fluxo:** Elas garantem que a água seja direcionada corretamente para dentro ou fora das estruturas de drenagem, evitando dispersão indesejada.
- **Proteção Estrutural:** Ao proteger as extremidades das tubulações, as alas evitam danos estruturais que poderiam comprometer a eficiência do sistema de drenagem.

Dissipadores de Energia

Os dissipadores de energia são dispositivos projetados para reduzir a velocidade da água após ela sair de uma tubulação ou canal, minimizando o potencial de erosão e danos a jusante. Eles são particularmente importantes em áreas onde o escoamento de água pode ser rápido e turbulento, como em encostas íngremes ou saídas de bueiros. Suas principais funções são: a redução da velocidade do fluxo, a proteção do ambiente e o aumento da durabilidade das estruturas de drenagem.

A seguir são apresentados alguns tipos de dissipadores de energia:

- **Bacias de Dissipação:** Estruturas geralmente construídas em concreto, que utilizam a força gravitacional e a resistência hidráulica para reduzir a energia do fluxo de água.
- **Dissipadores de Impacto:** Dispositivos que utilizam obstáculos físicos, como blocos ou degraus, para quebrar a energia cinética da água.
- **Dissipadores de Espuma:** Utilizam materiais espumosos ou grades metálicas para dispersar a energia da água através de pequenos orifícios.
- **Escadas hidráulicas:** são estruturas escalonadas que facilitam a descida da água em terrenos íngremes. Elas consistem em uma série de degraus ou quedas sucessivas que quebram a energia do fluxo de água, reduzindo sua velocidade de forma controlada.

As escadas hidráulicas são comumente utilizadas em canais de drenagem, bacias de contenção e saídas de sistemas de drenagem urbana.



A seguir são apresentados alguns tipos de Escadas Hidráulicas

- Escadas em Degraus: Compostas por uma série de degraus em concreto ou outro material resistente, essas escadas são usadas para escoamentos com alto potencial erosivo.
- Escadas com Salto Hidráulico: Utilizam quedas livres e piscinas de dissipação para quebrar a energia do fluxo, sendo eficientes em terrenos muito íngremes.
- Escadas de Pedra ou Rip-Rap: Usam blocos de pedra ou cascalho para formar os degraus, sendo uma solução mais natural e integrada ao ambiente.

O projeto de escadas hidráulicas deve considerar diversos fatores para garantir sua eficiência: Declividade do Terreno, Vazão de Projeto, Material de Construção e os Cálculos Hidráulicos que utilizam equações específicas, como a Equação de Manning, para dimensionar corretamente as escadas, garantindo que a água escoe de maneira controlada e segura.

As escadas hidráulicas são cruciais para a sustentabilidade e segurança dos sistemas de drenagem, especialmente em áreas com grandes desníveis topográficos. Elas garantem que o escoamento superficial seja manejado de forma eficiente, protegendo tanto as infraestruturas construídas quanto os ambientes naturais contra os efeitos adversos da erosão e do escoamento descontrolado.

Além de sua função técnica, as escadas hidráulicas podem ser projetadas para se integrarem esteticamente ao ambiente, contribuindo para a harmonização paisagística e valorização das áreas urbanas e rurais onde são implementadas.

A incorporação de alas e dissipadores de energia é fundamental para a eficácia e a longevidade dos sistemas de drenagem. Sem essas estruturas, o escoamento descontrolado pode causar sérios problemas, incluindo erosão do solo, danos à infraestrutura, e impactos negativos nos ecossistemas locais. Portanto, a consideração cuidadosa do dimensionamento e posicionamento de alas e dissipadores é crucial para o sucesso de qualquer projeto de drenagem.

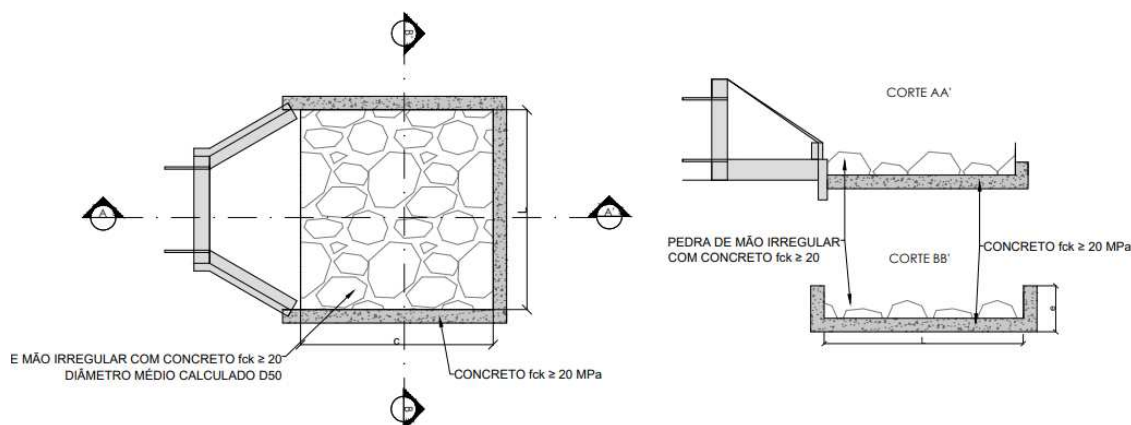


Figura 17 – Exemplo esquemático de ala e dissipador com enrocamento

Fonte: Manual de Drenagem de Belo Horizonte

4.2.6.3. Lançamento em Cursos D'água e Talvegues

O lançamento de drenagem em cursos d'água e talvegues é um aspecto crítico dos projetos de engenharia hidráulica e ambiental. Para garantir a eficácia e a sustentabilidade dos sistemas de drenagem, é essencial considerar uma série de critérios técnicos, ambientais e regulatórios. Esses critérios visam minimizar impactos negativos no meio ambiente e nas infraestruturas adjacentes, além de assegurar a segurança e a funcionalidade do sistema de drenagem.

Os principais critérios a serem considerados, quando do lançamento da drenagem em cursos d'água e talvegues são:

- Avaliação Hidrológica e Hidráulica:
 - Capacidade do Curso d'Água: Verificar a capacidade do curso d'água para receber e transportar o volume adicional de água sem causar inundações ou erosões;
 - Vazão de Projeto: Estimar a vazão de projeto considerando eventos de precipitação máxima e a área de contribuição da drenagem;
 - Velocidade do Escoamento: Calcular a velocidade do escoamento para garantir que a energia do fluxo não cause danos ao leito e às margens do curso d'água.
- Impactos Ambientais

- **Qualidade da Água:** Assegurar que a água drenada não contenha poluentes que possam degradar a qualidade do curso d'água receptor;
- **Habitat Aquático:** Proteger os habitats aquáticos e a biodiversidade local, evitando alterações significativas nos regimes de fluxo e sedimentação;
- **Erosão e Sedimentação:** Implementar medidas para controlar a erosão nas margens e prevenir a sedimentação excessiva, que pode prejudicar a vida aquática e a capacidade do curso d'água.
- **Considerações de Engenharia**
 - **Estabilidade Estrutural:** Garantir que as estruturas de lançamento, como bueiros, canais e dissipadores de energia, sejam projetadas para resistir às forças do escoamento e prevenir erosão localizada;
 - **Integração com Infraestruturas Existentes:** Coordenar o lançamento com outras infraestruturas de drenagem e saneamento, evitando conflitos e garantindo a funcionalidade integrada;
 - **Facilidade de Manutenção:** Projetar pontos de lançamento que permitam fácil acesso para inspeção e manutenção, assegurando a longevidade e o desempenho do sistema.
- **Normas e Regulamentações**
 - **Licenciamento Ambiental:** Obter todas as licenças ambientais necessárias, incluindo estudos de impacto ambiental (EIA) e relatórios de impacto ambiental (RIMA) quando exigidos;
 - **Legislação de Recursos Hídricos:** Respeitar as leis de recursos hídricos que regulamentam o uso e a proteção dos corpos d'água;
 - **Zonas de Proteção:** Considerar zonas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente (APPs) ao definir pontos de lançamento.
- **Integração com o Planejamento Urbano e Regional**
 - **Desenvolvimento Sustentável:** Integrar o sistema de drenagem com planos de desenvolvimento sustentável, considerando o crescimento populacional e a urbanização futura.
 - **Uso do Solo:** Avaliar o uso do solo nas áreas adjacentes para prevenir conflitos e garantir que o sistema de drenagem não cause impactos negativos nas atividades humanas e econômicas.

Por fim observa-se que em regiões susceptíveis à inundação e em regiões que possuam arruamento com desnível em relação aos canais principais, pode ser necessário a avaliação da implantação de reservatório pulmão e utilização de válvulas flap (fluxo unidirecional). Esta proposta visa impedir o retorno das águas do curso d'água, proporcionando um volume de espera que deve ser dimensionado conforme os critérios de projeto de microdrenagem para a sub-bacia em questão e verificação para eventos mais extremos, com duração igual ao tempo de permanência da onda de cheia sob a cota de lançamento.

4.2.7. Critérios para a apresentação de projetos de microdrenagem

A seguir serão apresentados os critérios que devem ser seguidos quando da apresentação de projetos de microdrenagem junto a Prefeitura Municipal de Joinville:

- Será necessário apresentar via digital e impressa;
- Planta Baixa contendo: rede de drenagem com comprimento, nomenclatura do trecho, diâmetro, declividade, sentido do escoamento, cotas do terreno, cota da Geratriz inferior da rede de drenagem e escavação. Deverá ter o estaqueamento, nome das ruas, indicação do norte e apresentação em Escala 1:1000;
- Legenda contendo todos os dispositivos utilizados nos projetos;
- Perfil Longitudinal contendo: cota greide terreno, cota greide pavimentação, cota geratriz inferior da rede de drenagem. Escala Horizontal 1:1000 e Escala Vertical 1:100;
- Planilhas de dimensionamento contendo: trecho, cota terreno montante e jusante; cota inferior montante e jusante; comprimento ($L < 100\text{m}$); declividade (superior a 0,2%); coeficiente de escoamento superficial, área de contribuição da bacia hidrográfica, tempo de concentração, tempo de recorrência, equação da chuva para área urbana de Joinville (bacias até 1 km^2), velocidade, intensidade de precipitação, deflúvio, seção, diâmetro (Anexo 1);
- Selo contendo o nome da rua, trecho, autor com número CREA e número de folhas, assinatura responsável técnico;
- Planta de Detalhes com os dispositivos executivos;



- ART;
- Especificação/Memorial de execução de obra contendo todas as atividades necessárias conforme o projeto apresentado.

4.3. CRITÉRIOS DE PROJETOS DE MACRODRENAGEM

A macrodrenagem está sempre presente, mesmo quando não projetada, ela abrange o sistema de córregos urbanos, naturais ou canalizados (a céu aberto ou em galerias), que drenam áreas superiores a 4 km², onde o escoamento é gerado em regiões urbanizadas e não urbanizadas. Seus componentes, destinam-se à condução final das águas captadas pela microdrenagem (drenagem primária), dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, sarjetões, valas e galerias.

O controle do impacto do aumento do escoamento devido à urbanização na macrodrenagem, tem sido realizado, na realidade brasileira, através da canalização, sendo os canais dimensionados para escoar uma vazão de projeto para tempos de retorno que variam de 10 a 100 anos. No entanto, o desenvolvimento da bacia de montante e o respectivo aumento do escoamento superficial podem acarretar valores de vazões que voltam a inundar as áreas protegidas. Tal processo pode ser evitado através do planejamento adequado do desenvolvimento da bacia, a partir de duas situações:

- Bacia com loteamentos implantados e desenvolvidas:
Desenvolvimento do plano de controle com medidas de retenção e ampliação de rede pluvial de acordo com a visão de conjunto da bacia e considerando todos os efeitos do escoamento.
- Bacia em estágio rural: onde pode-se utilizar a seguinte estratégia:
 - Regulamentação do uso do solo e ocupação, pelo poder público, das áreas naturalmente inundáveis;
 - Combinar estas áreas, para atuarem como bacias de retenção urbanas;
 - Regular a microdrenagem para não ampliar a enchente natural, utilizando medidas de controle na fonte quando possível e necessário;
 - Planejar parques e outras as áreas públicas para amortecer os hidrogramas nas sub-bacias;

- Prever uso adequado para as áreas ribeirinhas de risco não pertencentes ao poder público, reduzindo os impostos de acordo com as restrições e prevendo a troca por solo criado para implementação de uso público, como parques, campos de esporte, entre outros;
- Nenhuma área desapropriada pelo poder público pode ficar sem implantação de infra-estrutura pública, parque ou área esportiva para evitar invasões.

No estudo de planejamento do controle da drenagem urbana de uma bacia são recomendadas as etapas de desenvolvimento apresentadas na Figura 18.

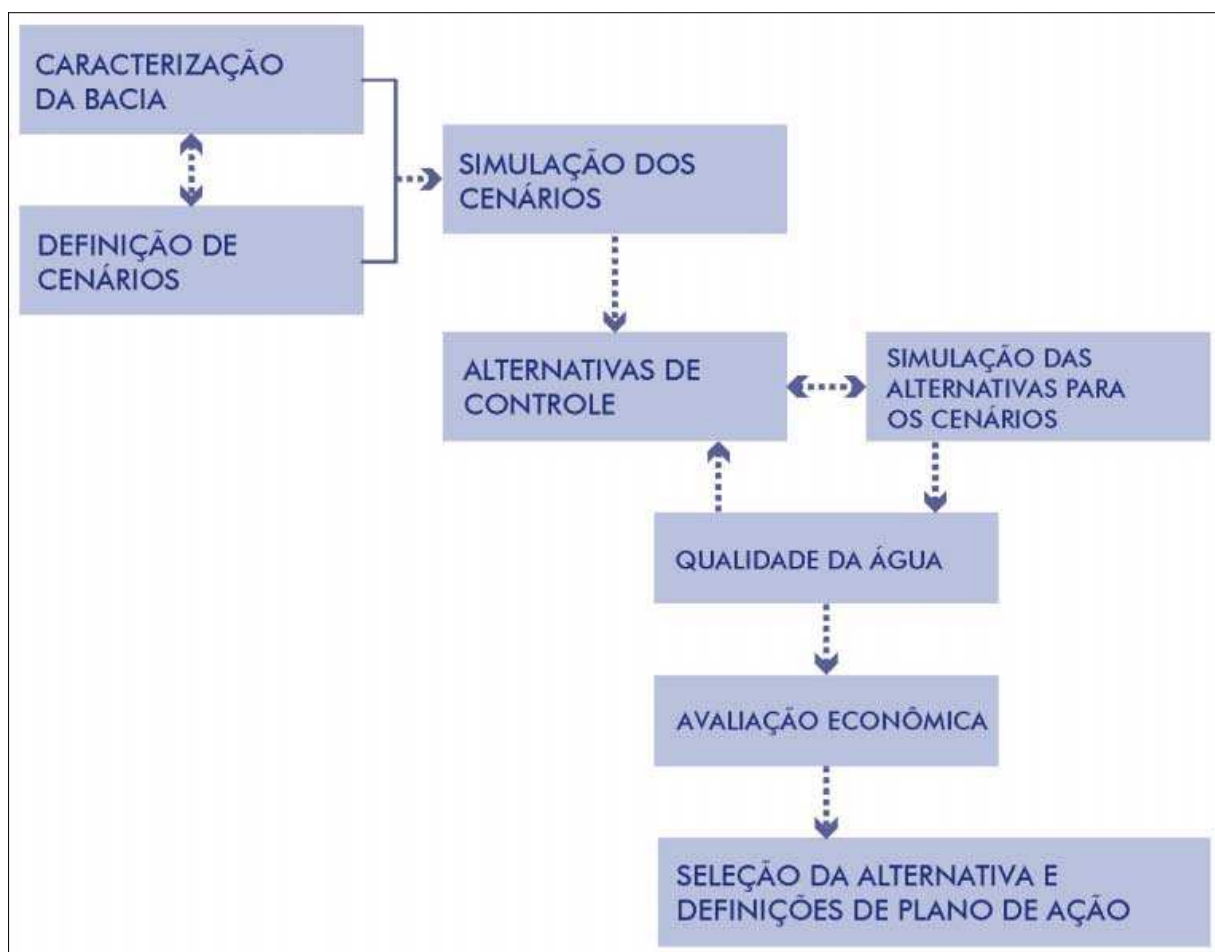


Figura 18 – Etapas de Planejamento Recomendadas para Estudos e Projetos de Macrodrenagem

Fonte: Manual de Drenagem Urbana de Curitiba

A seguir é apresentada uma breve descrição da composição de cada uma das etapas supracitadas.

1) Caracterização da bacia

Esta etapa inclui:

- Avaliação da geologia, tipo de solo, hidrogeologia, relevo, ocupação urbana, população caracterizada por sub-bacia para os cenários de interesse;
- Drenagem: definição da bacia e sub-bacias, sistema de drenagem natural e construído, com as suas características físicas tais como: seção de escoamento, cota, comprimento e bacias contribuintes à drenagem;
- Dados hidrológicos: precipitação, sua caracterização pontual, espacial e temporal; verificação da existência de dados vazão que permitam ajustar os parâmetros dos modelos hidrológicos; dados de qualidade da água e produção de material sólido.

2) Definição dos cenários

Os cenários são definidos de acordo com o desenvolvimento previsto para a cidade representado pela Lei de Ordenamento Territorial, áreas ocupadas que não foram previstas, áreas desocupadas parceladas, áreas que deverão ser parceladas no futuro. Poderão existir variantes dos cenários em função de condições específicas de cada bacia.

3) Simulação dos cenários

Os cenários são simulados para as condições de drenagem existentes ou projetadas, identificando se o sistema tem capacidade para atender a evolução urbana prevista. Esta análise é realizada considerando apenas a capacidade de drenagem.

4) Simulação

Simulação das alternativas previstas na etapa anterior para o risco e cenário definidos como metas. Nas simulações são avaliados se a mesma evita a inundação das ruas para riscos menores ou iguais ao de projeto. Nesta análise deve ser examinado o impacto para riscos superiores aos de projeto (até 100 anos), como orientação às autoridades e à população sobre os riscos envolvidos nesta situação.

5) Avaliação econômica

Os custos das alternativas são quantificados permitindo analisar a alternativa mais econômica para controle da drenagem, envolvendo, quando possível, também a melhoria da qualidade da água pluvial.



6) Seleção da alternativa

Em função dos condicionantes econômicos, sociais e ambientais, deve ser recomendada uma das alternativas de controle para o sistema estudado, estabelecendo etapas para projeto executivo, seqüência de implementação das obras e programas que sejam considerados necessários.

4.3.1. Alternativas de Controle

As principais alternativas de controle na macrodrenagem são:

- a) Amortecimento com reservatório de detenção ou retenção
- b) Ampliação da capacidade de escoamento do sistema de drenagem

O processo de estudo de alternativas é baseado nos seguintes passos:

1. Determinação da capacidade do sistema de drenagem.
2. Simulação do cenário e identificação dos locais onde a capacidade não comporta o escoamento simulado.
3. Com base nos mapas da bacia e visita ao local, são selecionados locais para detenção em função do espaço disponível.
4. Estabelecer um projeto preliminar da detenção para os locais escolhidos.
5. Simular as diferentes configurações, comparando os custos das alternativas até a definição da alternativa escolhida.
6. Com a alternativa escolhida simular os riscos maiores que os de projeto.

Os itens a seguir apresentam alguns exemplos de elementos estruturais de macrodrenagem.

4.3.2. Parque Isolado Associado a Reservatório de Amortecimento

São parques implantados em locais estratégicos da bacia hidrográfica para aumentar a área permeável e amortecer as vazões de cheias. Dessa forma, reduz-se a necessidade de ampliar a capacidade do sistema de drenagem à jusante.

Um Parque Isolado Associado a Reservatório de Amortecimento combina a funcionalidade de um espaço de lazer com a capacidade de gestão de águas pluviais. Basicamente, trata-se de um parque que incorpora um reservatório de amortecimento, projetado para captar, armazenar temporariamente e liberar de forma controlada as águas das chuvas. Esta infraestrutura ajuda a reduzir o risco de inundações, controlar a erosão e melhorar a qualidade da água.

Os Parques Isolados Associados a Reservatórios de Amortecimento representam uma solução inovadora e sustentável para a gestão de águas pluviais em áreas urbanas. Ao integrar infraestrutura de drenagem com espaços verdes, esses parques não apenas mitigam os riscos de inundações, mas também proporcionam benefícios ambientais e sociais significativos. A implementação dessa estratégia em municípios pode transformar a abordagem de macrodrenagem, promovendo cidades mais resilientes, sustentáveis e agradáveis para viver.

Ao conceber o parque isolado, é essencial projetá-lo para promover a infiltração das águas pluviais e permitir que os lagos amortecem o escoamento. Além disso, o projeto deve melhorar o caráter paisagístico da região.

4.3.3. Parque Linear Ribeirinho

Os parques lineares ribeirinhos são espaços públicos projetados ao longo das margens de rios, riachos ou córregos em áreas urbanas. Esses parques não apenas fornecem áreas de recreação e lazer para a população, mas também desempenham funções críticas de conservação ambiental, controle de enchentes, revitalização urbana além de proteger as áreas ribeirinhas contra ocupações irregulares. A criação de um parque linear ribeirinho integra o desenvolvimento sustentável com a melhoria da qualidade de vida urbana, proporcionando múltiplos benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Diversas funções, que vão desde a proteção das áreas ribeirinhas contra ocupações irregulares – o que evita o confinamento de corpo de água – passando pela restauração das várzeas, proteção contra erosão das margens, recomposição de vegetação ciliar, até redução da poluição, possibilidade de estabelecimento de novas áreas verdes e recreativas para a região.

Um dos problemas de se implantar um parque linear ribeirinho, é se a área onde se deseja implantar o parque estiver ocupada (situação encontrada em alguns cursos d'água de Joinville) pois implica em custos de desapropriações e/ou reassentamentos de população de baixa renda. E exigindo uma maior fiscalização do poder público para evitar a ocupação irregular destas áreas

4.3.4. Bacias de Contenção e Sedimentos

As bacias de contenção e sedimentos são componentes cruciais em projetos de drenagem, especialmente em áreas urbanas sujeitas a inundações e erosão. Essas estruturas são projetadas para gerenciar o escoamento superficial das águas pluviais,

controlando volumes excessivos de água e sedimentos. Ao desempenhar um papel fundamental na redução de inundações, mitigação de impactos ambientais e melhoria da qualidade da água, as bacias de contenção e sedimentos contribuem para uma gestão hídrica sustentável e eficiente

Geralmente são instaladas nos pontos de quebra de greide ou de inflexão de declividade para reduzir a velocidade de escoamento das águas pluviais e, conseqüentemente, possibilitar a sedimentação dos sólidos nelas suspensos.

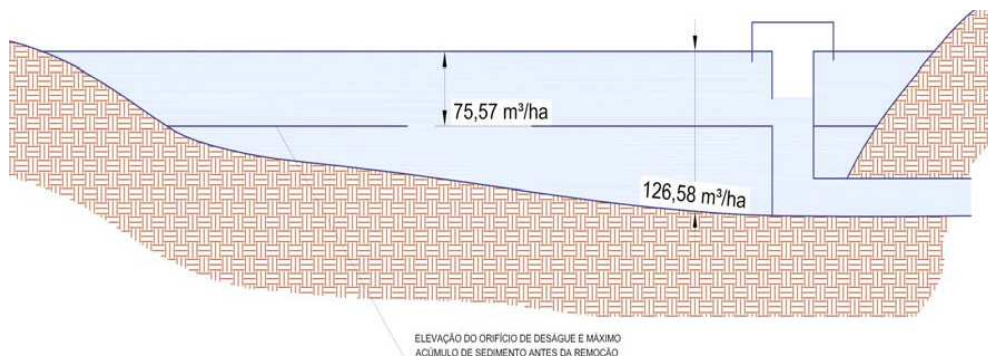


Figura 19 – Exemplo de Bacia de Detenção

Fonte: Manual de Drenagem de Curitiba

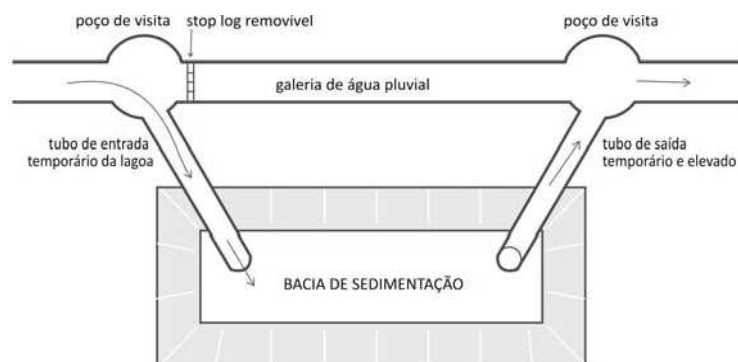


Figura 20 – Exemplo de Lagoa de Sedimentos

Fonte: Manual de Drenagem Urbana de Curitiba

Observa-se que os sedimentos retidos na bacia de sedimentação requerem uma disposição ambientalmente correta.

4.3.5. Sistemas de Galerias de Águas Pluviais

Os sistemas de galerias de águas pluviais são vitais para a gestão sustentável e eficiente do escoamento das águas da chuva em áreas urbanas. As galerias celulares são normalmente utilizadas nas obras de macrodrenagem, servindo como coletoras das redes de microdrenagem.

Entretanto observa-se, que apesar de solucionarem as questões de drenagem localmente as galerias podem acelerar e concentrar o escoamento da água a jusante, transferindo o problema de inundação para outras áreas. Por este motivo é recomendado que as galerias sejam projetadas em conjunto com outras medidas de controle não-estruturais para reter ou retardar o escoamento pluvial, diminuindo assim os impactos negativos decorrentes dos sistemas convencionais.

O planejamento cuidadoso, o dimensionamento preciso utilizando fórmulas como a equação racional e a fórmula de Manning, e a consideração de fatores ambientais e sociais garantem que esses sistemas protejam tanto a infraestrutura urbana quanto o meio ambiente

A seguir são apresentadas algumas recomendações para estudos e projetos de galerias. Caso o projetista venha a adotar valores diferentes daqueles aqui recomendados, uma justificativa deverá acompanhar os novos valores adotados.

Dentre os procedimentos e critérios básicos de projeto de uma rede de galerias de águas pluviais, alguns podem ser resumidamente citados abaixo:

- Para o projeto de uma rede de galerias de águas pluviais é necessário dispor do arranjo geral da rede em planta;
- O ponto inicial de uma rede de galerias celulares de águas pluviais deve corresponder ao ponto onde resulte mais econômica a utilização deste tipo de seção em comparação com a utilização de galerias circulares simples ou múltiplas.
- Em seguida é necessário estabelecer um perfil preliminar do terreno e da galeria, adotando, de início, dimensões arbitrárias para os diversos trechos, com a finalidade de uma avaliação preliminar das velocidades de escoamento para a determinação dos respectivos tempos de concentração.
- O dimensionamento é efetuado utilizando a fórmula de Manning que retrata as condições de operação do conduto em regime permanente uniforme e que é dada pela expressão:

$$Q = \frac{\sqrt{x} A \times \sqrt[3]{R^2}}{n}$$

Onde:

- $Q = \text{Vazão (m}^3/\text{s)}$

- $I = \text{Declividade (m/m)}$
- $n = \text{Coeficiente de Rugosidade}$
- $A = \text{Área (m}^2\text{)}$
- $P = \text{Perímetro Molhado (m)}$
- $R = \text{Raio Hidráulico} = A/P \text{ (m)}$

Os elementos geométricos característicos da galeria celular, necessários aos cálculos a serem efetuados, estão indicados na Figura 21.

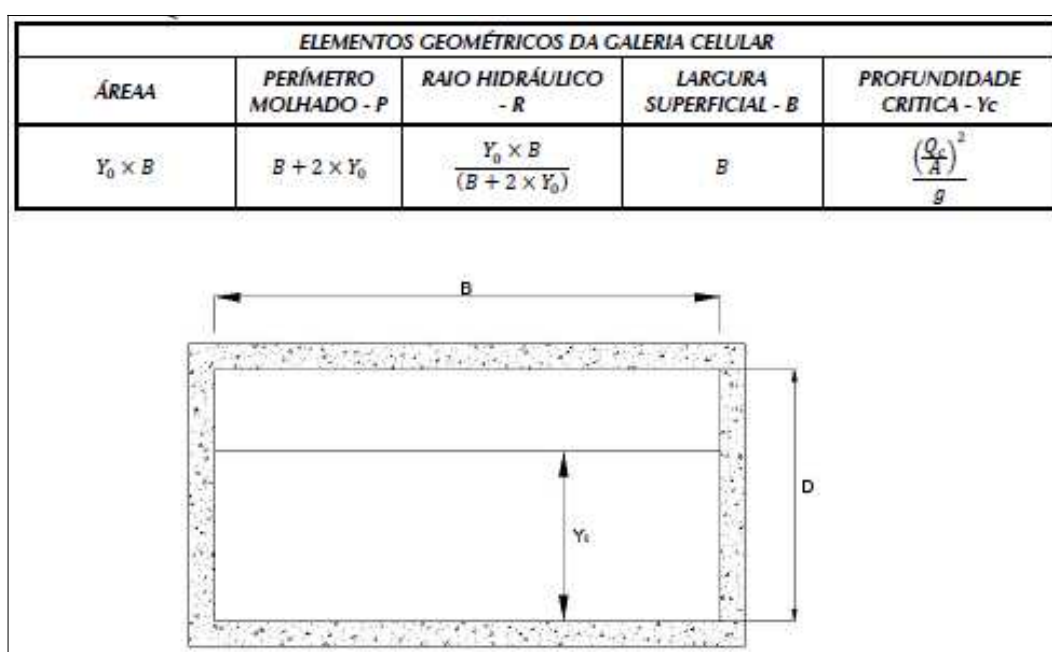


Figura 21 – Elementos Geométricos da Galeria Celular

Fonte: Adaptado – PDDU do Rio Cachoeira

- Para Galerias em concreto utilizar na base do fundo um coeficiente de rugosidade para canal em terra e nas laterais para canal em concreto e fazer uma média conforme a fórmula abaixo:

$$n_e = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (n_i^{3/2} \times P_i)}{P} \right]^{2/3}$$

Onde:

- n_e = coeficiente de rugosidade equivalente;
- N = número de subseções;
- P_i = perímetro molhado de cada seção
- P = perímetro molhado total da seção
- n_i = coeficiente de rugosidade de cada seção
- Com os elementos acima indicados são calculadas as velocidades de escoamento nos diversos trechos da rede de galerias. As galerias pluviais são normalmente projetadas para funcionamento em regime livre e a seção plena para a vazão de projeto. A velocidade máxima admissível é determinada em função do tipo de material a ser empregado na rede. Para galerias celulares de concreto, a velocidade máxima permissível é de 5,0m/s, e a mínima é de 0,75 m/s, lâmina deverá respeitar a borda livre de 20 centímetros (h=20cm);
- A critério do projetista o tempo de concentração para determinação das vazões que percorrem cada trecho poderá ser obtido a partir de métodos cinemáticos, que determinam o tempo de concentração considerando o tempo de escoamento ao longo da rede de drenagem, desde o ponto mais distante ou de formas empíricas;
- Normalmente as declividades a serem adotadas correspondem às próprias declividades das ruas, entretanto, quando as velocidades superarem os limites permissíveis é necessário inserir poços de queda a fim de reduzir as declividades de determinados trechos visando não ultrapassar os referidos limites;
- Uma vez conhecidos os tempos de concentração são calculadas as vazões ao longo de toda a rede utilizando o método racional ou, preferencialmente,

o método do SCS, mais adequado ao dimensionamento das redes de macrodrenagem;

- Conhecidas as vazões de dimensionamento da rede, definem-se as dimensões finais da galeria de modo a respeitar tanto a lâmina d'água máxima da galeria (relação de enchimento) quanto as velocidades mínimas (para evitar o assoreamento) e máximas (para evitar erosão);
- Uma vez definidas as dimensões das galerias ao longo dos diversos trechos, é conveniente efetuar uma atualização das velocidades de escoamento e seus respectivos tempos de concentração, bem como as vazões finais de projeto;
- O recobrimento mínimo da rede deve ser de 0,80m. Quando for necessária a utilização de recobrimentos menores, deverá ser feita a análise do comportamento das redes de drenagem afluentes a galeria em projeto e justificada a utilização desta solução.

4.3.6. Bacias de Detenção ou Retenção

Estas estruturas são projetadas para capturar e armazenar temporariamente grandes volumes de escoamento superficial durante eventos de chuva intensa, liberando a água de maneira controlada para minimizar o risco de enchentes a jusante.

As Bacias de amortecimento de cheias desempenham um papel crucial na gestão do escoamento de águas pluviais, e podem ser classificados de duas maneiras, dependendo de sua função durante períodos de estiagem:

- Reservatório (ou Bacia) de Detenção: Mantido seco durante a estiagem, ele está pronto para receber e armazenar grandes volumes de água durante eventos de chuva intensa, liberando-a de forma controlada para evitar inundações.
- Reservatório (ou Bacia) de Retenção: Mantém um volume permanente de água durante a estiagem. Este tipo de reservatório também controla o escoamento, mas oferece benefícios adicionais como a criação de habitats aquáticos e a melhoria estética da paisagem.

Os reservatórios podem ser ainda classificados conforme sua forma e posicionamento em relação ao canal de contribuição:



- Reservatório em Linha: Instalado ao longo do canal, possui uma estrutura de barramento com um descarregador de fundo e um extravasor. A capacidade do descarregador é ajustada à capacidade do canal a jusante, enquanto o extravasor funciona como um dispositivo de segurança para vazões que excedem o projeto.
- Reservatório Lateral: Construído ao lado do canal principal, recebe a vazão excedente através de um vertedor lateral. O nível da soleira do vertedor é ajustado conforme o nível máximo permitido no canal. A descarga do reservatório ocorre por gravidade através de válvulas de retenção, que se abrem quando o nível do canal baixa, ou por bombeamento, se o fundo do reservatório estiver abaixo do fundo do canal.

Entretanto, observa-se algumas restrições em relação a instalação das referidas bacias como: a exigência de grandes áreas para sua implantação; e a necessidade de manutenção contínua, como poda de grama, aplicação de herbicidas e limpeza periódica para a remoção de sedimento.

Outro ponto que requer atenção no projeto das bacias é o dimensionamento dos dispositivos de saídas, pois estes devem reter parte das enxurradas por suficiente para a decantação de sólidos, contribuindo para a remoção de poluentes e melhorando a qualidade da água.

5. INTERFERÊNCIAS COM OUTRAS REDES IMPLANTADAS (ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL, ESGOTAMENTO SANITÁRIO, GÁS, ENERGIA, TELEFONIA, ENTRE OUTRAS)

A redução das interferências com outras redes implantadas, como abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, gás, energia, telefonia, entre outras, é essencial para garantir a eficiência, segurança e durabilidade das infraestruturas urbanas. Essas interferências podem resultar em custos adicionais, atrasos na conclusão de projetos e, em alguns casos, até mesmo em danos às redes existentes. Aqui estão algumas práticas e estratégias para minimizar essas interferências:

- **Planejamento Integrado:** O planejamento urbano deve integrar todas as redes de infraestrutura desde as fases iniciais do projeto. Isso envolve a colaboração entre diferentes departamentos municipais e empresas de serviços públicos para identificar áreas onde as redes podem ser implantadas de forma conjunta ou coordenada.
- **Levantamento de Informações:** Realizar levantamentos detalhados do subsolo para mapear a localização exata das redes existentes. Essas informações são essenciais para evitar conflitos durante a instalação de novas redes e para garantir que haja espaço suficiente para futuras manutenções e reparos.
- **Padronização de Normas Técnicas:** Estabelecer normas técnicas e diretrizes claras para o projeto e a instalação de redes de infraestrutura. Isso ajuda a garantir a compatibilidade entre as diferentes redes e a reduzir a necessidade de adaptações ou modificações durante a execução dos projetos.
- **Coordenação de Cronogramas:** Coordenar os cronogramas de instalação e manutenção das diferentes redes para evitar conflitos de tempo e minimizar os impactos sobre os serviços existentes. Isso pode envolver a realização de reuniões regulares entre as partes envolvidas para garantir uma comunicação eficaz e a sincronização das atividades.
- **Utilização de Tecnologias de Mapeamento Avançadas:** A utilização de tecnologias como GIS (Sistemas de Informação Geográfica) e GPR



(Radar de Penetração no Solo) pode ajudar na identificação precisa da localização das redes existentes e na detecção de potenciais conflitos antes do início das obras.

- **Proteção das Redes Existentes:** Implementar medidas de proteção adequadas para evitar danos às redes existentes durante a execução de obras próximas. Isso pode incluir o uso de técnicas de escavação não destrutiva, como perfuração direcional horizontal, e o estabelecimento de zonas de exclusão durante as atividades de construção.
- **Educação e Treinamento:** Fornecer treinamento adequado para os profissionais envolvidos na instalação e manutenção das redes de infraestrutura, enfatizando a importância da coordenação e da prevenção de conflitos com outras redes.
- **Monitoramento e Auditoria:** Realizar monitoramento regular das atividades de construção e manutenção para garantir o cumprimento das normas e diretrizes estabelecidas e identificar eventuais problemas precocemente.

Ao adotar essas práticas e estratégias, é possível reduzir significativamente as interferências com outras redes implantadas, garantindo um desenvolvimento urbano mais eficiente, seguro e sustentável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Cadernos Temáticos Saneamento Básico. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**, 2016

BRASIL / FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408p.

BRASIL / MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL / SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnósticos Temático: Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília, DF: Ministério do Des. Regional. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/aguas-pluviais>>. Acesso em: 19 de abril de 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445**, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

BRASIL. **Lei Federal nº 14.026**, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento.

BELO HORIZONTE. **Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem**, 2022

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS CUBATÃO E CACHOEIRA – CCJ. **Bacias Hidrográficas da Região de Joinville: Gestão e Dados**. 2017.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Pluviométrico do Brasil. Equações Intensidade-Duração**. 2014. 18 p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações de Joinville - Relatório**. 2018. 40 p.

CURITIBA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba – Volume IV – Manual de Drenagem.** 2013

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Manual de Drenagem de Rodovias**, 2006.

IPPUJ – FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE. **Joinville bairro a bairro 2015**. Joinville, 2015a. 106 p.

JOINVILLE / SEPUR. Prefeitura Municipal de Joinville. Secretaria de Pesquisa e Planejamento Urbano. **Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo)**. 2022. Disponível em: < <https://simgeo.joinville.sc.gov.br/>>. Acesso em: 11 de maio de 2024.

JOINVILLE. Prefeitura Municipal de Joinville. **Plano Diretor de Drenagem Urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (PDDU)**. Secretaria de Administração. Joinville. 2011.

JOINVILLE. Prefeitura Municipal de Joinville. **Plano Municipal de Drenagem e Águas Pluviais Urbanas**. SEINFRA. Joinville. 2013, 235p.

JOINVILLE. Prefeitura Municipal de Joinville. Secretaria de Administração. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2010.

JOINVILLE. Prefeitura Municipal de Joinville. Secretaria de Planejamento Urbano e Desenvolvimento Sustentável. **Joinville cidade em dados**. 2022. Disponível em: <<https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/joinville-cidade-em-dados/>>. Acesso em: 10 de abril de 2024.

KNIE, Joachim L.W. **Atlas ambiental da região de Joinville: Complexo Hídrico da Baía da Babitonga**. 2ª Edição. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2003.

KOBIYAMA, M., MENDONÇA, M., MORENO, D.A., MARCELINO, I.P.V.O., MARCELINO, E.V., GONÇALVES, E.F., BRAZETTI, L.L.P., GOERL, R.F., MOLLERI, G.S.F. & RUDORFF, F. (2006) **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Organic Trading, 109p.

MAIA, B. G. O et al. **Bacias Hidrográficas da Região de Joinville**. Joinville: **Comitê Cubatão Cachoeira Joinville**; Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), 2013.

MARTINS, José Augusto. **Escoamento Superficial**. In: PINTO, Nelson L. de Sousa et al. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. Cap. 3. p. 36-55.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.

OLIVEIRA, D. D. (Coord.). **Plano municipal de saneamento básico de Joinville – SC: Diagnóstico do meio físico, biótico, econômico e social**. Joinville, 2010. 164 p.

OLIVEIRA, Therezinha et al. **Distribuição Pluviométrica na Região de Joinville**. Joinville, 2016. 16 p.

PARANÁ. **Manual de Drenagem Urbana - Região Metropolitana de Curitiba**, 2002. 150p

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana – Manual de Drenagem Urbana**. 2005. 167p.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Hidrologia e Recursos Hídricos**. São Carlos: Eescusp, 1998. 840 p.

SANTA CATARINA. **Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação: REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS ESTADUAIS DO ESTADO DE SANTA CATARINA**. Florianópolis, 2006. 1 v.

SANTA CATARINA. **Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação: Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 2006. 1 v.

SANTA CATARINA. **Estudos dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para sua Implementação: REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS ESTADUAIS DO ESTADO DE SANTA CATARINA**. Florianópolis, 2006. 1 v.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. Florianópolis, 1986. 173 p.

SANTA CATARINA. SDS – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina – PERH/SC**. Florianópolis, 2008. 204 p. (Tomo VI: RH 6 – Baixada Norte).

SÃO PAULO. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – Gerenciamento do Sistema de Drenagem Urbana Volume I**. 2012. 170 p.

SILVEIRA, W. N. *et al.* **História das inundações em Joinville: 1851-2008**. Curitiba: Organic Trading, 2009.

Tucci, C. E. M.; Genz, F. **Controle do impacto da urbanização In: Drenagem Urbana**. Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. ABRH 428 p. 1995.

TUCCI, C. *et al.* **Drenagem Urbana e Controle de Erosão**. 1995.

Tucci, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais**, 2005.

UNIVILLE. Universidade da Região de Joinville. **Bacias Hidrográficas da Região de Joinville: Gestão e Dados**. Joinville, 2017. 95 p.

VILLELA, Swami M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mcgraw-hill, 1975. 245 p.

WILKEN, P. S. (1978). Engenharia de Drenagem Superficial.



Prefeitura de
Joinville

MEIO AMBIENTE



Nova Engevix
ENGENHARIA



MPB
Engenharia

7. ANEXOS

ANEXO 1 – PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO – MODELO DRENAGEM

ANEXO PLANILHA MODELO DRENAGEM

BUEIROS CIRCULARES DE CONCRETO								PLANILHA DE CÁLCULO - MÉTODO RACIONAL			DRENAGEM PLUVIAL:													
								DATA DO DIMENSIONAMENTO		ELABORADO POR:	REVISADO POR:	NOME DA RUA												
COL ETOR	COLETOR				FUNDO DE VALA			ÁREA TRIBUTÁRIA					CHUVA DE PROJETO (m³ /s ha)				HIDRÁULICA – BUEIRO Ø (cm)							
	COTAS TERRENO		ESCAVAÇÃO		COTAS TOPOGRÁFICAS			COMPRIMENTO L (m)	DECLIVI DADE i (m/m)	RUN OFF "C"	TRECHO	Σ A	Tc Montante (min.)	TRECHO (min.)	T (anos)	Intens. de Precipitação (m³ /s ha)	Deflúvio Q (m3 /s)	SECCÃO Ø (cm)	V PLENA	Q PLENA	VELOC. (m/s)	Q/QP	V/VP	RELA ÇÃO (yo/D)
	M	J	M	J	M	J	DIFEREN.				(ha)	(ha)												

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO	T (ANOS)
MICRODRENAGEM	RESIDENCIAL/COMERCIAL	5

FÓRMULAS E PARAMETROS		
1. Equação de Chuva para Área Urbana de Joinville - Microdrenagem $i = \frac{1,14 \cdot e^{1,5 \cdot \ln(\ln(7,3) \cdot \{ 75.802 - 27.068 \cdot \ln[-\ln(1-1/T)] - 15.622 \}}}{t}$ i = intensidade média máxima da chuva, em mm/min; T = período de retorno, em anos; t = duração da chuva, em minutos. Obs: dividindo-se "t" por 6, tem-se a intensidade da chuva em m³/s.ha	4. Vazão Máxima (Qmáx) $Q_{máx} = \frac{(D \cdot K1)^{8/3} \cdot (I)^{1/2}}{\eta}$ Q = vazão em m³/s D = diâmetro, em m fixado para maior eficiência do sistema K1 = 0,664 para y_o I = declividade do fundo, em m/m η = coeficiente de rugosidade de Manning (0,015) 5. Velocidade Máxima (m/s) $V = \frac{D^{2/3} \cdot I_0^{1/2} \cdot (1 - \text{sen} \theta / \theta)^{2/3}}{2,52 \cdot \eta}$ Obs: Para velocidade máxima temos valor de θ = 257°, correspondente à y_o = 0,81.D η = coeficiente de rugosidade de Manning (0,015) Vmin= 0,75m/s Vmáx=5,00m/s 6. Tempo de concentração No inicio do trecho deve ser utilizado o tc de 10min* *caso verificado pelo projetista um tempo maior, deverá ser apresentado a formula utilizada e o memorial de cálculo	7. Elementos Hidráulicos da Seção Circular $V/V_p = (1 - \text{sen} \theta / \theta)^{2/3}$ $Q/Q_p = (\theta - \text{sen} \theta) \cdot (1 - \text{sen} \theta / \theta)^{2/3}$ $\theta = 2 \text{ arc cos}(1 - 2y_o/D)$ 8.RUN OFF "C" -Para dimensionamento das vazões considerar um índice de impermeabilização conforme consta na "LEI COMPLEMENTAR Nº 470, de 09 de janeiro de 2017, Seção IV, Da Taxa de Ocupação".



Prefeitura de
Joinville

MEIO AMBIENTE