



PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE MACRODRENAGEM

Etapa 4 – Plano Diretor Municipal de Macro drenagem Produto 6 – Manual de Drenagem

ENDEREÇO	AV. TIRADENTES, 520, CENTRO – TAUBATÉ/SP		EXECUÇÃO:		
DATA	20/03/2024	FOLHA	1-88 FOLHAS		
RESP. TÉCNICO	JOSÉ AUGUSTO PINELLI				
ART	28027230221979044	CREA	06018153-07	CLIENTE:	 PREFEITURA MUNICIPAL DE TAUBATÉ/SP
GESTÃO PROJETO	GIMENA PICOLO	E-mail	gpicolo@vallenge.com.br		
N. PROJ VALLENGE	VLG1936-PLN-P6				

REV.	DATA	MODIFICAÇÃO	VERIFICAÇÃO	APROVAÇÃO
00				
01				
02				
03				
04				

■ LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PERÍODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES TIPOS DE OCUPAÇÃO	12
QUADRO 2 – VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA ÁREAS URBANAS	13
QUADRO 3 –VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO PARA ÁREAS RURAIS	13
QUADRO 4 – VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C2)	17
QUADRO 5 – RECOMENDAÇÕES PARA VALORES MÍNIMOS DE PERÍODOS DE RETORNO	18
QUADRO 6 – COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	20
QUADRO 7 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA PARA USOS RESTRITIVOS NÃO POTÁVEIS	25
QUADRO 8 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING	28
QUADRO 9 – VELOCIDADE MÉDIA RECOMENDADA DE ACORDO COM O REVESTIMENTO DO CANAL	29
QUADRO 10 – VELOCIDADE MÁXIMA RECOMENDADA DE ACORDO COM O REVESTIMENTO DO CANAL	30
QUADRO 11 –VALORES MÍNIMOS DE BORDA LIVRE	30
QUADRO 12 – COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ACORDO COM A SUPERFÍCIE.....	40
QUADRO 13 – PROFUNDIDADE REQUERIDA PARA CADA 50 M ² DE ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO.....	40
QUADRO 14 – SUBPROGRAMA 1.1 – RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR AO LONGO DOS CURSOS D’ÁGUA	51
QUADRO 15 – SUBPROGRAMA 1.2 – CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS.....	52
QUADRO 16 – SUBPROGRAMA 1.3 – CRIAÇÃO DA UC DO BUGIO.....	52
QUADRO 17 - SUBPROGRAMA 2.1 – PROPOSIÇÃO E REFORMULAÇÃO DE LEGISLAÇÕES	53
QUADRO 18 – SUBPROGRAMA 2.2 – DISCIPLINAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	53
QUADRO 19 – SUBPROGRAMA 2.3 – REVISÃO DO PLANO DIRETOR.....	54
QUADRO 20 – SUBPROGRAMA 2.4 – ÁREAS PERMEÁVEIS EM NOVOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS	54
QUADRO 21 – SUBPROGRAMA 2.5 - ATUALIZAÇÃO DAS DIRETRIZES DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA – EIV	54
QUADRO 22 – SUBPROGRAMA 2.6 –ZONEAMENTO DAS ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO	55
QUADRO 23 – SUBPROGRAMA 3.1 – DESOCUPAÇÃO DE MORADIAS SITUADAS EM ÁREAS DE RISCO	55
QUADRO 24 – SUBPROGRAMA 3.2 – MONITORAMENTO DE VAZÃO DAS CHEIAS E QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	56
QUADRO 25 – SUBPROGRAMA 3.3 – FORMALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RESERVA LEGAL.....	56
QUADRO 26 – SUBPROGRAMA 4.1 – INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS	57
QUADRO 27 – SUBPROGRAMA 4.2 – CAPACITAÇÃO DOS TÉCNICOS MUNICIPAIS	57
QUADRO 28 – SUBPROGRAMA 4.3 – GESTÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM	58
QUADRO 29 – SUBPROGRAMA 4.4 – MANUTENÇÃO E LIMPEZA DOS CURSOS D’ÁGUA	58
QUADRO 30 – SUBPROGRAMA 4.5 – REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	58
QUADRO 31 – SUBPROGRAMA 5.1 – PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA ESTADOS CRÍTICOS DE CHUVA EXCESSIVA NA BACIA	59

QUADRO 32 – SUBPROGRAMA 5.2 – SISTEMA DE ALERTA	59
QUADRO 33 – SUBPROGRAMA 6.1 – EDUCAÇÃO NAS ESCOLAS.....	60
QUADRO 34 – SUBPROGRAMA 6.2 – CAMPANHAS DE CONSCIENTIZAÇÃO	60
QUADRO 35 – SUBPROGRAMA 6.3 – APRESENTAÇÃO DO PLANO DE MACRODRENAGEM	60
QUADRO 36 – SUBPROGRAMA 7.1 – CONSCIENTIZAÇÃO E AUMENTO DE INFRAESTRUTURA PARA DESCARTE DE RESÍDUOS	61
QUADRO 37 – SUBPROGRAMA 7.2 – NOTIFICAÇÃO E MULTA PARA O DESPEJO IRREGULAR DE RESÍDUOS	61
QUADRO 38 – SUBPROGRAMA 7.3 – ESTRUTURAS AUXILIARES DE CONTENÇÃO DE RESÍDUOS	61
QUADRO 39 – HIERARQUIZAÇÃO DOS SUBPROGRAMAS	63
QUADRO 40 – ORDEM DE PRIORIDADE DOS SUBPROGRAMAS	64
QUADRO 41 – FATOR DE REDUÇÃO DO ESCOAMENTO PARA BOCAS DE LOBO.....	66
QUADRO 42 – FREQUÊNCIA DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA	70
QUADRO 43 – INFLUÊNCIAS DO RSU	71
QUADRO 44 – RESÍDUOS DOMICILIARES COLETADOS EM TAUBATÉ.....	71
QUADRO 45 – EQUIPE DE COLETA DE RSU.....	72
QUADRO 46 – DISTÂNCIA ATENDIDA PELA VARRIÇÃO EM TAUBATÉ	76
QUADRO 47 –EQUIPAMENTOS DE ROÇAGEM	77
QUADRO 48 – DISTÂNCIA ATENDIDA PELA VARRIÇÃO EM TAUBATÉ	77
QUADRO 49 – MODELOS DE COLETA DE RESÍDUOS REICLÁVEIS	79
QUADRO 50 –RESÍDUOS REICLÁVEIS	80
QUADRO 51 – ESCALA SEMANAL DE COLETA COMUM EM TAUBATÉ	82
QUADRO 52 – ESCALA SEMANAL DE COLETA SELETIVA EM TAUBATÉ	82
QUADRO 53 – PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEVs) LOCALIZADOS EM TAUBATÉ.....	83
QUADRO 54 – CONTATO DE AUTORIDADES MUNICIPAIS DE TAUBATÉ.....	87

■ LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ÁBACO DE DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO “K”	19
FIGURA 2 – CANAL ABERTO COM PAREDES REVESTIDAS POR GABIÃO, RUA BLUMENAU, TAUBATÉ-SP.....	31
FIGURA 3 – CANAL ABERTO REVESTIDO POR CONCRETO, RUA PEDRO FRANCISCO DOS SANTOS, TAUBATÉ-SP	31
FIGURA 4 – TUBULAÇÃO EM AÇO CORRUGADO, AV. ANTÔNIO GARCIA DA CUNHA, TAUBATÉ-SP.....	32
FIGURA 5 – TUBULAÇÃO EM CONCRETO, PRÓXIMO À RUA PAULO DIAS RAPOSO, TAUBATÉ-SP.....	32
FIGURA 6 – ADUELA, AVENIDA DA FRATERNIDADE, TAUBATÉ-SP.....	32
FIGURA 7 – ADUELA LOCALIZADA ABAIXO DE FERROVIA, TAUBATÉ-SP	32
FIGURA 8 – RESERVATÓRIO DE CONTENÇÃO, RUA BRASILINA MOREIRA DOS SANTOS, TAUBATÉ-SP	33
FIGURA 9 – RESERVATÓRIO DE CONTENÇÃO, RUA BRASILINA MOREIRA DOS SANTOS, TAUBATÉ-SP	33
FIGURA 10 – PONTILHÃO	34
FIGURA 11 – CONFIGURAÇÃO DE UMA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO	37
FIGURA 12 – CONFIGURAÇÃO DE UM POÇO DE INFILTRAÇÃO	39
FIGURA 13 – CONFIGURAÇÃO DE UM JARDIM DE CHUVA	42
FIGURA 14 – MODELO ESQUEMÁTICO DE MICRORRESERVATÓRIO	44
FIGURA 15 – CONFIGURAÇÃO TÍPICA DO TELHADO RESERVATÓRIO	46
FIGURA 16 – TIPOS DE BOCA DE LOBO	66
FIGURA 17 – CLASSIFICAÇÃO DAS LIXEIRAS.....	80
FIGURA 18 – DIFERENÇA DE MICRO E MACRODRENAGEM.....	85

■ ÍNDICE

1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
2.	CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO, CONTROLE E PROJETO	9
3.	MANUAL TÉCNICO	10
3.1	Legislação e Regulamentação	10
3.1.1	REGULAMENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE TAUBATÉ.....	10
3.2	Variáveis Hidrológicas Regionalizadas.....	11
3.2.1	RISCO E INCERTEZA	11
3.2.2	DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS E CRITÉRIOS HIDROLÓGICOS	12
	A. Método Racional.....	12
	B. Método I-PAI-WU	15
	C. Modelo Hidrológico do Natural Resources Conservation Service-NRCS	20
3.3	Critérios para Avaliação e Controle dos Impactos do Desenvolvimento Urbano	24
3.4	Controle da Qualidade da Água Pluvial	24
4.	MANUAL DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS	27
4.1	Elementos Hidráulicos para Projeto e Estruturas de Controle	27
4.1.1	ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA PROJETO	27
	A. Canais	30
	B. Tubos.....	31
	C. Aduelas.....	32
	D. Bacias de Detenção	33
	E. Pontilhões e Pontes.....	34
4.1.2	ELEMENTOS HIDRÁULICOS PARA ESTRUTURAS DE CONTROLE NA FONTE	35
	A. Trincheiras de Infiltração e Detenção	35
	B. Poços de Infiltração	38
	C. Jardins de Chuva e Biovaletas	41
	D. Microrreservatórios.....	43
	E. Pavimentos Permeáveis com Estruturas de Detenção e Infiltração.....	45
	F. Telhados Verdes	45
5.	MANUAL DE MANUTENÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS	47
5.1	Estruturas Convencionais.....	47
5.1.1	REMOÇÃO OU SUBSTITUIÇÃO DO CONCRETO.....	48
	A. Remoção do Concreto.....	48
	B. Substituição de Concreto	48
5.1.2	REMOÇÃO DE CORROSÃO	49
	A. Remoção de Manchas.....	49
	B. Tratamento de Vazios, Cavidades, Ninhos e Disgregação	49
5.1.3	TRATAMENTO DE TRINCAS E FISSURAS	49
	A. Fissuras Inativas.....	49
	B. Fissuras Ativas	49
5.2	Estruturas Não Convencionais	50

6.	MANUAL DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS	51
6.1	Programa 01 – Proteção e Recuperação Ambiental	51
6.2	Programa 02 – Legislações e Normativas	53
6.3	Programa 03 – Fiscalização e Monitoramento	55
6.4	Programa 04 – Operação e Manutenção	56
6.6	Programa 06 – Educação Ambiental	59
6.7	Programa 07 – Gestão de Resíduos Sólidos	61
6.8	Hierarquização das Ações	61
7.	MANUAL DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE MICRODRENAGEM	65
7.1	Manual de Implantação de Microdrenagem	65
7.1.1	PLANEJAMENTO	65
7.1.2	ESCAVAÇÃO E PREPARAÇÃO DO TERRENO	67
7.1.3	INSTALAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MICRODRENAGEM	67
7.1.4	COMPACTAÇÃO DO SOLO	68
7.2	Manual de Manutenção de Microdrenagem	68
7.2.1	INSPEÇÃO REGULAR	68
7.2.2	LIMPEZA	68
7.2.3	DESOBSTRUÇÃO	68
7.2.4	REPAROS	69
7.2.5	CONSTRUÇÃO DE RAMPAS	69
7.2.6	MANUTENÇÃO DAS BOCAS DE LOBO	69
8.	MANUAL DE LIMPEZA PÚBLICA	70
8.1	Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	70
8.1.1	DIMENSIONAMENTO DA COLETA E TRANSPORTE DE RSU	72
	A. Quantidade de RSU a Ser Coletada	72
	B. Número de Veículos Compactadores	73
	C. Quantidade de Coletores	75
	D. Quantidade de Motoristas	75
8.1.2	DESTINAÇÃO FINAL	76
8.2	Varrição	76
8.2.1	DIMENSIONAMENTO	76
8.3	Roçagem, Capina, Raspagem e Deobstrução das Bocas de Lobo	77
8.3.1	DIMENSIONAMENTO	78
	A. Quantidade de Roçadores	78
	B. Quantidade de Trabalhadores	78
8.4	Remoção de Entulho	78
8.4.1	DIMENSIONAMENTO	78
	A. Quantidade de Operadores, Motoristas, Auxiliares, Caminhões Basculantes e Pás Carregadeiras	78
8.5	Pintura de Meio-fio	79
8.5.1	DIMENSIONAMENTO	79
	A. Quantidade de Pintores	79
8.6	Coleta de Resíduos Recicláveis	79

8.6.1	CLASSIFICAÇÃO	80
8.7	Coleta de Resíduos Sólidos em Taubaté	81
9.	MANUAL DA POPULAÇÃO	84
9.1	Drenagem Urbana	84
9.2	Microdrenagem e Macrodrenagem.....	84
9.3	Conjunto de Ações	85
9.3.1	COMO SE PROTEGER DAS INUNDAÇÕES	85
9.3.2	AÇÕES DIÁRIAS	86
9.3.3	CONSTRUÇÕES.....	86
	A. Taxa de Permeabilidade do Lote.....	86
	B. Áreas de Preservação Permanente (APP).....	86
9.4	Autoridades.....	87
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Plano de Drenagem é um instrumento estabelecido no Capítulo II da Lei Federal nº 11.445/2007 em conjunto com sua atualização, a Lei Federal nº 14.026/2020. Essas leis convocam todos os municípios em território nacional a elaborar e revisar, periodicamente, seus respectivos planos.

O presente relatório é o sexto produto (Produto 6 – Manual de Drenagem) do contrato estabelecido entre a Prefeitura Municipal de Taubaté e a empresa Vallenge Consultoria, Projetos e Obras Ltda.

Este produto está dividido em manuais que abordam as diversas áreas e alternativas voltadas a gestão do sistema de drenagem pluvial urbana. Em seu conteúdo, são apresentadas diretrizes imprescindíveis à padronização e unificação de critérios para a elaboração, verificação e fiscalização de projetos de drenagem. Essas diretrizes estão divididas em:

Manual Técnico: apresenta a base legal e normativas relacionadas ao Plano Diretor de Macrodrenagem, licenciamento ambiental e obras hidráulicas, além de trazer algumas metodologias de cálculo hidrológico associadas a caracterização das bacias hidrográficas.

Manual de Implantação das Medidas Estruturais: apresenta abordagens estruturais convencionais e não convencionais relacionados a gestão do sistema de drenagem pluvial, assim como instrui sobre a implantação das estruturas.

Manual de Manutenção das Medidas Estruturais: aborda metodologias sobre a manutenção correta das estruturas para garantir a funcionalidade da obra e preservação da vida útil dos materiais.

Manual de Implantação das Medidas Não Estruturais: apresenta uma série de programas de natureza não estrutural, os quais visam proporcionar ao poder público e gestores ações não estruturais que envolvem a criação de medidas de mitigação do escoamento superficial, legislação, fiscalização, ações de emergência, conscientização da população, entre outros.

Manual de Implantação e Manutenção de Microdrenagem: apresenta instruções básicas a respeito da instalação e manutenção da microdrenagem urbana, a qual constitui um importante mecanismo de captação e direcionamento da água pluvial ao sistema de macrodrenagem.

Manual de Limpeza Pública: aborda questões e metodologias fundamentais de limpeza pública, as quais atuam indiretamente na manutenção preventiva da rede de drenagem. Este item também apresenta alguns dados e informações úteis sobre o cenário da limpeza pública no município.

Manual da População: apresenta orientações sobre como agir antes, durante e depois dos eventos de inundação, tanto para o poder público e gestores quanto para a população. O manual também reforça alguns conceitos básicos relacionados a drenagem urbana e ocupação de áreas irregulares por habitações.

Variáveis Hidrológicas Regionalizadas, Elementos Hidráulicos para Projeto e Estruturas de Controle, Critérios para Avaliação e Controle dos Impactos do Desenvolvimento Urbano, Controle da Qualidade da Água Pluvial e Legislação e Regulamentação Associada.

Essas diretrizes têm seu conteúdo apresentado por meio textos e ilustrações baseados em dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Taubaté, dados disponibilizados em banco de dados de órgãos oficiais e por meio de levantamentos e análises dos técnicos da Vallenge.

2. CRITÉRIOS DE PLANEJAMENTO, CONTROLE E PROJETO

Um planejamento minucioso de controle e projeto é essencial para direcionar condutas adequadas na atuação em obras de drenagem. Normas, diretrizes e estudos serão apresentados nos manuais deste produto com o intuito de auxiliar tomadas de decisão envolvendo ações no âmbito da drenagem pluvial urbana.

Alguns critérios importantes foram estabelecidos, tais como as variáveis hidrológicas dos projetos de drenagem urbana; estudos dos elementos hidráulicos e medidas de controle; identificação dos impactos da urbanização relacionados com a drenagem urbana; avaliação e controle da qualidade da água; bem como legislação e regulamentação associada.

Deste modo, o Manual de Drenagem Urbana tem a finalidade de orientar o Poder Público, a população e os profissionais que planejam e projetam a drenagem urbana do município. Sua aplicação adequada visa contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável da cidade e o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos, visando o bem-estar da comunidade e a preservação do meio ambiente.

3. MANUAL TÉCNICO

O Manual Técnico discorre sobre a base legal e a importância da implantação do Plano Diretor de Macrodrenagem, além de apresentar a regulamentação vinculada às abordagens ambientais e estruturais hidráulicas no município. O manual também apresenta orientações técnicas para o dimensionamento e funcionamento corretos dos sistemas de drenagem. Dessa forma, através de metodologias de cálculo hidrológico e análise do cenário estrutural do município, é possível caracterizar o comportamento da água pluvial das bacias hidrográficas durante a precipitação, minimizar os impactos das chuvas, prevenir inundações e garantir a gestão adequada das águas pluviais.

3.1 Legislação e Regulamentação

A legislação consiste em um conjunto de normas jurídicas que contém diretrizes, definições, instruções e sanções a serem seguidas tanto pelas entidades quanto pela população.

O Plano Diretor é um instrumento básico definido no Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/01) que orienta a política de desenvolvimento e ordenamento da expansão urbana do município. Seu propósito é orientar o Poder Público e a iniciativa privada na construção de espaços e oferta de serviços públicos essenciais, visando garantir melhores condições de vida para a população local.

A regulamentação relacionada à drenagem urbana tem o objetivo de ordenar ações futuras na cidade a fim de controlar, na fonte, os potenciais impactos da urbanização. A política de drenagem se baseia em princípios que favorecem ações preferencialmente não-estruturais, como legislação adequada e gestão eficiente, correção de problemas existentes e o planejamento de novos empreendimentos. Nesse contexto, o foco das ações de gestão, planejamento e projeto na drenagem urbana é reduzir os riscos e impactos sobre a sociedade e o meio ambiente por meio de estratégias que incluem identificação, interligação e definição de funcionalidades das redes pluviais.

A legislação relacionada à drenagem urbana compreende os recursos hídricos e o licenciamento ambiental. O licenciamento ambiental define limites para a construção e operação de canais de drenagem, seguindo as regulamentações da Lei Federal nº 6.938/1981, da Lei Federal nº 12.651/2012 e da resolução CONAMA nº 237/1997. Além disso, a resolução CONAMA nº 1/1986, artigo 2º, VII, estabelece a necessidade de licença ambiental para obras hidráulicas de drenagem, saneamento, retificação de cursos d'água, dentre outros.

Quanto aos recursos hídricos, constituem bens da união os lagos, rios e quaisquer correntes de água em seu domínio (Constituição Federal de 1988, art. 20, III). A legislação de recursos hídricos em nível federal também define os princípios básicos de gestão por bacias hidrográficas, as quais podem ser de domínio estadual ou federal. Algumas leis estaduais definem critérios para a outorga do uso da água, porém, não abordam especificamente a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem.

No contexto da legislação ambiental, são estabelecidas normas e padrões de qualidade da água para classificação dos rios, porém não há definição de restrições quanto aos efluentes urbanos lançados nos rios. Portanto, o escoamento pluvial resultante das cidades deve ser objeto de outorga ou controle, conforme previsto nos Planos de Drenagem.

3.1.1 Regulamentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Taubaté

Com a promulgação da Lei de Saneamento Básico, a Lei Federal n.º 11.445/2007, e sua atualização, a Lei Federal nº 14.026/2020, todas as prefeituras são obrigadas a elaborar um Plano de Drenagem. A ausência desse plano impede que o poder público municipal receba recursos federais para projetos na área de saneamento.

O Plano de Drenagem deve ser elaborado pelos técnicos da Prefeitura, com o apoio da sociedade e da equipe contratada para o propósito. É necessário que o plano seja submetido a uma audiência pública, isto é, um fórum de discussão da proposta, onde são permitidas a apresentação de sugestões e reivindicações da comunidade.

Após a etapa de discussão com a comunidade, o plano deve ser apreciado pelos vereadores e aprovado pela Câmara Municipal. Dessa forma, é criada uma lei e outras normativas locais que se tornarão referência para o desenvolvimento do município no âmbito da drenagem urbana.

3.2 Variáveis Hidrológicas Regionalizadas

As variáveis hidrológicas têm o objetivo estimar as vazões máximas a serem adotadas no projeto, além de gerar hidrogramas de cheias, que auxiliam no dimensionamento e avaliação da capacidade dos reservatórios de retenção existentes.

Os principais aspectos a serem observados são:

- Critérios de cálculo das vazões;
- Chuvas de projeto;
- Subdivisão da bacia em áreas hidrológicamente homogêneas;
- Cálculo de vazões máximas e/ou hidrogramas de cheias.

3.2.1 Risco e Incerteza

O risco assumido em um projeto de drenagem urbana está diretamente associado à magnitude de um evento hidrológico e aos prejuízos que ele causar à sociedade, considerando os aspectos técnico-econômicos, ambientais e sociais.

Entende-se como risco de vazão ou precipitação a probabilidade (P) de ocorrência de um evento cuja intensidade igual ou superior a um valor determinado em um ano qualquer. O risco de vazão é comumente utilizado nas áreas de hidrologia e gestão dos recursos hídricos para avaliar a probabilidade de eventos extremos, como enchentes ou secas. O período de retorno (T), por sua vez, é o inverso da probabilidade (P) e representa o tempo médio no qual um evento de determinada magnitude pode ocorrer novamente. O período de retorno é expresso pela equação abaixo.

$$T = \frac{1}{P}$$

Em que:

T = período de retorno, em anos;

P = probabilidade de excedência.

O período de retorno utilizado para determinar a vazão do projeto e o dimensionamento de seus dispositivos de drenagem será fixo. Isso ocorrerá devido a importância e segurança da obra, bem como a partir de um estudo custo-benefício que avalia os danos para vazões superiores à vazão de projeto.

A seguir, é apresentado um quadro com os períodos de retorno usualmente adotados para cada tipo de obra a ser executada e ocupação predominante do local.

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	5-10
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro drenagem	Áreas comerciais e residenciais	20-50
Macro drenagem	Áreas de importância específica	50-100

QUADRO 1 – PERÍODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES TIPOS DE OCUPAÇÃO
 FONTE: ADAPTADO DE DRENAGEM URBANA ABRH, 1995; INTERNATIONAL CIVIL ORGANIZATION, 2006.

3.2.2 Definição de Parâmetros e Critérios Hidrológicos

As precipitações de projeto podem ser constantes ou variar ao longo da sua duração. Portanto, é necessário estudar e planejar as intervenções na bacia hidrográfica, priorizando o horizonte de projeto e o grau de proteção hidrológica a serem considerados para o dimensionamento das medidas de controle.

■ Métodos de Cálculo das Vazões de Projeto

A. Método Racional

O Método Racional é utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas (< 2 km²) e de baixa complexidade, o que torna essa metodologia recomendada, por exemplo, para cálculos de vazão nas áreas de microdrenagens. O Método Racional tem como princípios básicos:

- A duração da precipitação máxima de projeto deve ser igual ao tempo de concentração da bacia. Essa condição acontece porque a duração da chuva é inversamente proporcional à sua intensidade, e a bacia é considerada pequena para essa metodologia.
- Um coeficiente único de perdas é adotado e estimado com base nas características da bacia. Dessa forma, todas as perdas são incorporadas no coeficiente de escoamento superficial (coeficiente C).
- Não se avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.
- A chuva é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia.

O modelo da equação do Método Racional é dado por:

$$Q = 0,278 . C . i . A$$

Em que:

Q = vazão de pico (m³ /s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade média de precipitação (mm/h) e

A = área da bacia/drenagem (km²).

▣ Coeficiente de Escoamento Superficial

O Coeficiente de Escoamento Superficial (C) varia de acordo as características do ambiente e condições climáticas tais como solo, cobertura vegetal, tipo de ocupação, período de retorno e intensidade da precipitação. Basicamente, o coeficiente representa o grau de impermeabilidade da bacia hidrográfica. Dessa forma, quanto menos a água pluvial é retida pela vegetação ou infiltrada no solo, maior será o coeficiente C .

Os valores médios de C para áreas urbanas e rurais serão apresentados a seguir, de acordo com as características de ocupação e do ambiente.

Ocupação do Solo	Coeficiente de escoamento (C)
Zonas Verdes	
Relvado em solo arenoso	0,05 - 0,20
Relvado em solos pesado	0,15 - 0,35
Parques e cemitérios	0,10 - 0,25
Campos desportivos	0,20 - 0,35
Zonas comerciais	
Centro da cidade	0,70 - 0,95
Periferia	0,50 - 0,70
Zonas residenciais	
Moradias no centro da cidade	0,30 - 0,50
Moradias na periferia	0,25 - 0,40
Prédios de apartamentos	0,50 - 0,70
Zonas industriais	
Indústria dispersa	0,50 - 0,80
Indústria concentrada	0,60 - 0,90
Vias férreas	0,20 - 0,40
Ruas e estradas	
Asfaltadas	0,70 - 0,90
De betão	0,80 - 0,95
De tijolo	0,70 - 0,85
Passeios	0,75 - 0,85
Telhados	0,75 - 0,95
Baldios	0,10 - 0,30

QUADRO 2 – VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA ÁREAS URBANAS
 FONTE: ADAPTADO DE CHOW, 1964.

Tipos de solos	C		
	Cobertura da bacia		
	Culturas	Pastagens	Bosques e Florestas
Com capacidade de infiltração superior à média, usualmente arenosos.	0,20	0,15	0,10
Com capacidade de infiltração média, sem camadas de argila, solos francos ou similares.	0,40	0,35	0,30
Com capacidade de infiltração inferior à média, solos argilosos pesados ou com uma camada de argila junto à superfície, solos delgados sobre rocha impermeável.	0,50	0,45	0,40

QUADRO 3 – VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO PARA ÁREAS RURAIS
 FONTE: ADAPTADO DE CHOW, 1964.

O Método Racional pode superestimar a vazão máxima quando utilizado em áreas maiores ou mais complexas considerando o coeficiente de escoamento. Dessa forma, pode ser admitido um coeficiente de retardo na metodologia, visando corrigir o volume do escoamento superficial, principalmente no início da chuva na bacia. O Método Racional Corrido pode ser representado pela equação abaixo.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \cdot \emptyset$$

Em que:

Q = vazão de pico (m^3/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade média de precipitação (mm/h) e

A = área da bacia/drenagem (km^2).

\emptyset = coeficiente de retardo.

De acordo com o Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER, 1975), são admitas duas maneiras de calcular o coeficiente de retardo, conforme apresentado a seguir.

$$\emptyset = \frac{1}{\sqrt[n]{100 \cdot A}}$$

Em que:

A = área da bacia (km^2);

$n = 6$; para declividades fortes maiores que 1%;

$$\emptyset = \frac{1}{\sqrt[n]{10 \cdot A}}$$

Em que:

A = área da bacia (km^2);

$n = 3,5$; para declividades fortes.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), por sua vez, através do Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem, propõe outras duas maneiras de se calcular o coeficiente de retardo, conforme apresentado a seguir.

$$\phi = A^{-0,10} \quad (\text{para áreas urbanas})$$

$$\phi = A^{-0,15} \quad (\text{para áreas rurais})$$

Em que:

A = área da bacia (km²);

B. Método I-PAI-WU

Dentre as metodologias sintéticas para o cálculo de vazões máximas indicadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), encontra-se o Método I-PAI-WU. Esse método é um aperfeiçoamento do Método Racional e considera fatores intervenientes da bacia hidrográfica, como a forma da bacia, a distribuição da chuva e o armazenamento da bacia. A aplicação desse método é mais precisa, porque considera variáveis importantes no desenvolvimento de uma cheia. É recomendada para áreas de até 30 km². Contudo, pode ser aplicado para bacias com áreas de drenagem de até 200km².

O cálculo da vazão pelo Método I-PAI-WU, segundo o DAEE (2005), é realizado de acordo com a equação abaixo.

$$Q = (0,278 \cdot C \cdot I \cdot A^{0,9}) \cdot K$$

Em que:

Q = vazão de pico (m³/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

I = intensidade de chuva (mm/h);

A = área da bacia (km²);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva.

A seguir é apresentado o passo a passo do cálculo pelo Método I-PAI-WU, assim como alguns dados e informações referentes aos parâmetros utilizados nessa metodologia.

▣ Tempo de concentração

As condições atuais de ocupação do solo da bacia, quando caracterizadas, deverão avaliar os parâmetros de infiltração e tempo de concentração necessários à modelagem hidrológico-hidrodinâmica.

O tempo de concentração mede o tempo gasto para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial na seção considerada, podendo ser estimado pela seguinte equação.

$$tc = 57 * \left(\frac{L^2}{Ieq} \right)^{0,385}$$

Em que:

tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (km);

Ieq = declividade equivalente (m/km).

Em caso de haver dados de monitoramento hidrológico na bacia, a determinação dos parâmetros de infiltração poderá ser obtida através do processo de calibração da modelagem.

Quando não houver informações de monitoramento, os parâmetros serão determinados através de correlações clássicas em função das características da ocupação e dos perfis de solos da bacia.

▣ Declividade Equivalente

A declividade equivalente considera o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal, sendo calculada pela seguinte fórmula.

$$Ieq = \left(\frac{L}{\frac{L1}{\sqrt{j1}} + \frac{L2}{\sqrt{j2}} + \dots + \frac{Ln}{\sqrt{jn}}} \right)^2$$

Em que:

Ieq = declividade equivalente (m/km);

$L = L1 + L2 + \dots + Ln$ = comprimento do talvegue (km);

jn = declividade do trecho (m/km).

▣ Fator de Forma (F)

É a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica, pode ser obtido através da equação abaixo.

$$F = \frac{L}{2 \cdot \left(\frac{A}{\pi} \right)^{0,5}}$$

Em que:

L = comprimento do talvegue (Km)

A = área da bacia de contribuição (Km²)

L = fator de forma da bacia.

▫ **Coefficiente de Forma (C1)**

Normalmente quando uma bacia é alongada, o tempo de concentração será superior ao tempo de pico, ou seja, a chuva que cairá no ponto mais distante da bacia chegará tarde e não contribuirá para a vazão máxima. (TOMAZ, 2010). Assim em bacias alongadas, deve-se esperar um valor de $C_1 < 1$, calculado de acordo com a equação a seguir.

$$C_1 = \frac{4}{(2 + F)}$$

Em que:

C_1 = coeficiente de forma;

F = fator de forma.

▫ **Coefficiente Volumétrico de Escoamento (C2)**

O coeficiente volumétrico de escoamento ocorre em função do grau de impermeabilidade da superfície. Portanto, as áreas de ocupação da bacia hidrográfica adquirem papel fundamental na obtenção do coeficiente volumétrico de escoamento.

O Quadro a seguir apresenta os valores recomendados para o coeficiente de escoamento superficial de acordo com o Guia Prático para Projetos de Pequena Obras Hidráulicas (DAAE, 2008).

Características físicas	Valores de C	
	Mínimos	Máximos
Área totalmente urbanizada	0,50	1,00
Área parcialmente urbanizada	0,35	0,50
Área predominantemente de plantações, pastos, etc.	0,20	0,35

QUADRO 4 – VALORES MÉDIOS DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C2)
 FONTE: GUIA PRÁTICO PARA PROJETOS DE PEQUENA OBRAS HIDRÁULICAS, DAAE, 2008.

▫ **Coefficiente de Escoamento Superficial (C)**

De acordo com Tomaz (2010) o coeficiente de escoamento superficial corresponde ao uso do solo de um determinado local, calculado pela equação a seguir.

$$C = \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{2}{(1 + F)}$$

Em que:

C = coeficiente de escoamento superficial

$C2$ = coeficiente volumétrico de escoamento

$C1$ = coeficiente de forma

F = fator de forma da bacia

▣ Período de Retorno

Período de retorno (T) é o tempo médio que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez. É um parâmetro fundamental para a avaliação e projeto de sistemas hídricos, como reservatórios, canais, vertedores, bueiros, galerias de águas pluviais, etc. (Righeto, 1998).

No quadro abaixo são apresentadas recomendações para o período de retorno a ser utilizados nos cálculos de acordo com as características da obra hidráulica.

Obra	Seção Geométrica		TR (anos)	
			Área Urbana	Área Rural
Canalização	À céu aberto	Trapezoidal	50	Análise caso a caso
		Retangular	100	
	Contorno Fechado		100	
Travessias: Pontes, Bueiros e estruturas afins	Qualquer		100	100 (Para rodovias de menor importância e obras de menor porte e riscos poderão ser utilizados TR's menores que 100 anos)

QUADRO 5 – RECOMENDAÇÕES PARA VALORES MÍNIMOS DE PERÍODOS DE RETORNO
 FONTE: ADAPTADO DE DAEE, 2008.

▣ Intensidade da Chuva de Projeto

As chuvas intensas para as bacias hidrográficas de Taubaté deverão ser estimadas por meio da equação I-D-F (intensidade, duração e frequência). A equação varia de acordo com o município e pode ser acessada através da publicação sobre Precipitações Intensas no Estado de São Paulo, disponibilizada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), disponível no site www.sigrh.sp.gov.br. A equação I-D-F para o município de Taubaté é representada pela fórmula a seguir.

$$I_{t,T} = 54,53 (t + 30)^{-0,9637} + 11,03 (t + 20)^{-0,9116} \cdot [-0,4740 - 0,8839 \ln \ln(T / T - 1)]$$

Para $10 \leq t \leq 1.440$

Em que:

$I_{t,T}$ = intensidade de chuva crítica (mm/h);

t = duração da chuva, com $10 \leq t \leq 1.440$ (min);

T = período de retorno (anos).

▣ Coeficiente de Distribuição Espacial (k)

A chuva de projeto é determinada para um local (ponto) específico da área (DAEE, 2012). Desta forma, deve-se aplicar um coeficiente de redução espacial. Um dos critérios mais utilizados é o gráfico do US Weather Bureau (ASCE apud DAEE, 2012), que apresenta a relação entre a chuva em um ponto e a chuva na área, em função da área e da duração da chuva. Para definir o coeficiente de distribuição espacial, pode ser utilizado o ábaco disponibilizado pelo DAEE, conforme apresentado na Figura a seguir.

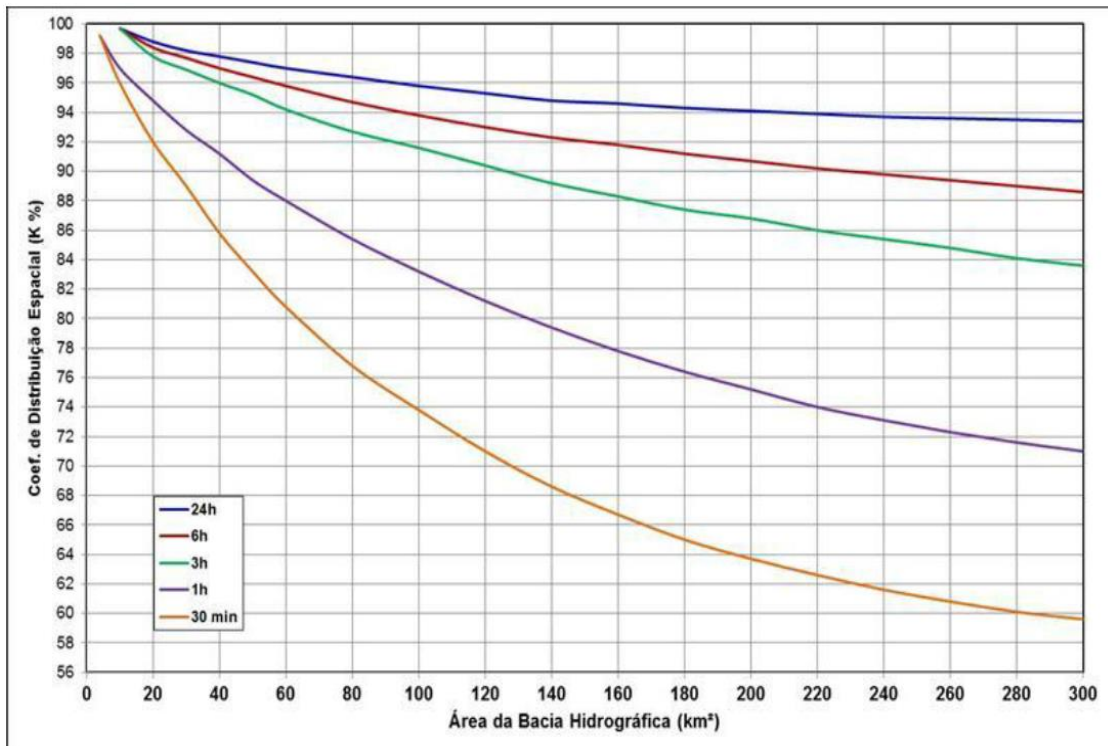


FIGURA 1 – ÁBACO DE DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO “K”
FONTE: DAEE, 2005.

Para bacias com área de até 5.000 km², sendo situações mais complexas, podem ser utilizadas as curvas do “Weather Bureau” (BRASIL, 2005) de acordo com a equação:

$$P_{\text{área}} = P_{\text{ponto}} \frac{35 \log(0,7D + 1)}{35 \log(0,7 + 1) + \log^2(A/5)}$$

Em que:

D = duração da chuva (h);

$P_{\text{área}}$ = precipitação na área (mm);

P_{ponto} = precipitação no ponto (mm);

A = área da bacia (km²).

Alguns valores de coeficiente de distribuição espacial são apresentados a seguir, de acordo com a redução da chuva pontual em função da área da bacia hidrográfica.

Duração (min)	Área (km²)									
	1	5	10	30	100	300	1000	3000	10000	30000
5	0,90	0,82	0,76	0,65	0,51	0,38	-	-	-	-
10	0,93	0,87	0,83	0,73	0,59	0,47	0,32	-	-	-
15	0,94	0,89	0,85	0,77	0,64	0,53	0,39	0,29	-	-
30	0,95	0,91	0,89	0,82	0,72	0,62	0,51	0,41	0,31	-
60	0,96	0,93	0,91	0,86	0,79	0,71	0,62	0,53	0,44	0,35
120	0,97	0,95	0,93	0,90	0,84	0,79	0,73	0,65	0,55	0,47
180	0,97	0,96	0,94	0,91	0,87	0,83	0,78	-0,71	0,62	0,54
360	0,98	0,97	0,96	0,83	0,90	0,87	0,83	0,79	0,73	0,67
1440	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,89	0,86	0,83	0,80
2880	-	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86	0,82

QUADRO 6 – COEFICIENTE DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL
 FONTE: NATURAL ENVIRONMENTAL RESEARCH COUNCIL (1975).

Quando disponível, a distribuição espacial das chuvas de projeto pode ser adquirida através de informações de redes de postos pluviográficos, pluviométricos ou de radares meteorológicos. Os pluviômetros apresentam a quantidade pontual de precipitação para um dado período, com uma razoável precisão. Também há radares meteorológicos em operação, sendo instrumentos que observam a ocorrência de chuvas com base na emissão de radiação eletromagnética.

Os Modelos de Precipitação Pontuais são caracterizados por uma série temporal de precipitação (horária, diária, semanal) num simples ponto, e são baseados nas observações pluviométricas de um único pluviômetro em um intervalo de tempo relevante.

C. Modelo Hidrológico do Natural Resources Conservation Service-NRCS

O modelo hidrológico desenvolvido pelo *Natural Resources Conservation Service* (1975) é indicado para bacias com área de até 50 km² e predominantemente rurais. Este método é comumente utilizado devido ao reduzido número de dados necessários para sua aplicabilidade, o que permite associar rapidamente os resultados obtidos com as características físicas da bacia (TUCCI, 2005).

O modelo citado tem a finalidade de simular hidrogramas de cheias em obras de hidráulica e definir o risco de enchente para um determinado local. Ele também pode ser utilizado em conjunto com um modelo de escoamento em rios e canais para simular a propagação de hidrogramas em diferentes sub-bacias (TUCCI, 2005).

Em sua estrutura estão presentes os seguintes algoritmos:

- Precipitação de projeto;
- Determinação do volume superficial;
- Propagação do escoamento na bacia.

O hidrograma unitário, por sua vez, é usado para estimar o volume gerado pelo escoamento superficial propagado até o rio (TUCCI, 2005).

▣ Hidrograma Unitário

O hidrograma unitário (HU) representa a resposta da bacia à uma determinada precipitação, denominada precipitação unitária, indicando o comportamento da vazão na bacia ao longo do tempo devido à chuva. Sherman (1932), propôs um modelo linear de transformação de chuva efetiva em vazão superficial (RAMOS et. al, 1989).

A obtenção do Hidrograma Unitário é fundada em três princípios básicos:

- ▣ Para chuvas efetivas de intensidade constante e de mesma duração, os tempos de escoamento superficial direto são iguais;
- ▣ Chuvas efetivas de mesma duração, porém com volumes de escoamento superficial diferentes, irão produzir em tempos correspondentes, volumes de escoamento superficial direto (ESD) proporcionais às ordenadas do hidrograma e às chuvas excedentes;
- ▣ A duração do escoamento superficial de uma determinada chuva efetiva independe de precipitações anteriores. O hidrograma total referente a duas ou mais chuvas efetivas é obtido adicionando-se as ordenadas de cada um dos hidrogramas em tempos correspondentes.

O equacionamento de um hidrograma unitário é dado pela equação a seguir.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$
$$I_a = 0,2 \cdot S$$

Em que:

P_e = precipitação efetiva (mm);

P = precipitação total (mm);

I_a = perdas iniciais por retenção na bacia;

S = armazenamento do solo.

A precipitação efetiva consiste no volume de escoamento superficial resultante da chuva não retida em depressões do solo ou infiltração. A fórmula também pressupõe que a precipitação total sobre a bacia seja maior que a água retida e infiltrada no solo, além disso, o cálculo considera uma retenção inicial de 20% da capacidade de infiltração do solo, por condições médias.

Para determinar a capacidade máxima da camada superior do solo (S) foi estabelecida uma escala na qual utiliza-se como variável o parâmetro *curve number* (CN) ou número de curva, representado pela equação abaixo.

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

Em que:

S = armazenamento do solo;

CN = número de curva.

O número de curva (CN) é um parâmetro que indica do potencial de infiltração do solo. O número de curva varia de 0 a 100 e quanto maior o valor menor é o potencial de infiltração do solo, isto é, quanto mais próximo de 100 maior será o escoamento superficial do solo.

Os principais fatores que influenciam o valor do CN são o grupo hidrológico do solo, o tipo de cobertura do solo e a condição de umidade anterior do solo (*Natural Resources Conservation Service*, 1986). Além disso, o CN pode variar em função da permeabilidade do solo, da cobertura vegetal e do tipo de superfície. Com base na precipitação total em cada intervalo do hietograma, a precipitação excedente (P_e) é calculada e, então, convertida em escoamento direto.

Valores estimados de CN são fornecidos em tabelas classificadas por tipo de cobertura do solo para cada grupo hidrológico e condição anterior de umidade.

A precipitação efetiva irá determinar o volume do escoamento superficial direto, conforme equação abaixo.

$$V_{esd} = AD \cdot P_e$$

Em que:

V_{esd} = volume do escoamento superficial direto;

AD = área de drenagem;

P_e = precipitação excedente.

Um hidrograma unitário considera que a intensidade da chuva é constante durante sua ocorrência. Assim, o hidrograma varia em função do tempo de ascensão (t_A), tempo base (t_B), tempo de retardamento (t_R) e do tempo de concentração (t_C). O t_A representa o tempo decorrido desde o início da precipitação excedente até o pico do hidrograma. O t_B consiste na duração total do escoamento superficial direto (base do hidrograma).

O t_R vai do centro de massa do hietograma de precipitação excedente até o pico do hidrograma. O t_C corresponde ao tempo desde o fim da chuva até o ponto de inflexão localizado na zona descendente do hidrograma. Segundo Porto et al. (1995), essa inflexão corresponde ao momento em que a água proveniente do ponto mais longe da bacia passa pela seção de controle. A partir de então, passará por essa seção somente a água que estava momentaneamente acumulada na bacia.

O *Natural Resources Conservation Service* (NRSC) considera as seguintes relações:

$$t_A = t_R + \frac{D}{2}$$
$$t_R = 0,6 \cdot t_C \text{ ou } t_R = \frac{2}{3} \cdot t_C$$

Em que:

t_A = tempo de ascensão;

t_R = tempo de retardamento;

t_C = tempo de concentração.

Deste modo:

$$t_A = \frac{D}{2} + 0,6 \cdot t_C$$

Em que:

t_A = tempo de ascensão;

t_C = tempo de concentração;

D = duração do bloco de chuva.

Para uma chuva unitária de 1 cm, a vazão de pico (Q_p) é dada pela expressão:

$$Q_p = 2,08 \cdot \frac{A}{t_A}$$

Em que:

Q_p = vazão de pico (m^3/s);

A = área da bacia, para uma chuva unitária de 1 cm (km^2);

t_A = tempo de ascensão (horas).

▣ **Condição de jusante: cursos d'água do município de Taubaté**

O nível dos cursos d'água na região e os valores de chuva determinados deverão ser considerados conjuntamente no dimensionamento das estruturas, por meio da combinação de seus riscos. Isto implicará em um período de retorno final obtido por meio da multiplicação dos períodos de retorno de ambos, considerando total independência entre os eventos de cheia do Rio Paraíba do Sul e dos cursos d'água do município de Taubaté.

3.3 Critérios para Avaliação e Controle dos Impactos do Desenvolvimento Urbano

Nas últimas décadas, a população urbana brasileira tem crescido significativamente, resultando em um desenvolvimento urbanizado que traz consigo diversas consequências hídricas negativas, tais como inundações, assoreamento dos córregos e deterioração da qualidade da água. Infelizmente, os impactos causados pelo planejamento inadequado da infraestrutura urbana, como pontes e taludes obstruindo o escoamento, deposição de lixo e sedimentos em rios e canais, agravam ainda mais esse cenário.

A drenagem urbana é um componente essencial do saneamento básico e deve ser planejada de forma integrada aos demais sistemas, seguindo os princípios da Lei de Saneamento brasileira. No entanto, há inúmeros problemas relacionados à infraestrutura de água no espaço urbano, como falta de tratamento de esgoto, ocupação do leito de inundação ribeirinha, impermeabilização do solo, canalização dos rios urbanos e sistemas ineficientes de coleta, limpeza e disposição de resíduos.

Para um gerenciamento urbano integrado e ambientalmente sustentável, é fundamental preservar as funções naturais do espaço, como a infiltração e a rede natural de escoamento. Isso exige uma política que considere dois fatores:

- No setor público, a adoção de um plano estratégico de dimensão ambiental é crucial para promover uma concepção integrada dos empreendimentos, garantindo o cumprimento das diretrizes do desenvolvimento sustentável e da legislação ambiental em vigor.
- No setor privado, é comum a presença de incertezas e riscos relacionados às questões ambientais que, se não forem tratados adequadamente a curto, médio e longo prazos, podem resultar em maiores custos e trâmites mais longos para licenciamento e implementação de projetos.

As práticas de gestão, planejamento e projeto na drenagem urbana têm como objetivo reduzir a interferência humana no espaço, garantindo que os riscos de impactos na sociedade e no meio ambiente sejam minimizados. É importante também mitigar os riscos existentes por meio de uma distribuição adequada da água e controle dos poluentes gerados pela população.

Em suma, é essencial organizar procedimentos e metodologias em todas as etapas do processo de planejamento e tomada de decisão. O processo que envolve a exploração dos recursos, as orientações de investimento, os critérios de desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais deve ser consistente com as necessidades atuais e futuras, garantindo um ambiente urbano mais sustentável e resiliente.

3.4 Controle da Qualidade da Água Pluvial

A impermeabilização da bacia, resultante do adensamento urbano, e o aumento da produção de lixo somado à falta de conscientização ambiental da população e coleta pública ineficiente, trazem uma série de problemas ao sistema de drenagem urbano. A grande quantidade de lixo produzido e descartado de maneira incorreta, além de obstruir as estruturas de coleta e passagem da água pluvial, impacta severamente o ambiente seja aquático ou terrestre.

A qualidade da água pluvial é diretamente afetada pela poluição presente na bacia, especialmente nas áreas urbanizadas. Durante os primeiros momentos de chuva, a quantidade de material suspenso na drenagem pluvial pode ser superior à encontrada no esgoto *in natura*. Ou seja, o controle e gestão adequados dos resíduos produzidos pela cidade é essencial para a proteção tanto do meio ambiente quanto da saúde pública.

Outro agravante relacionado à poluição da água pluvial encontra-se na coleta desta por meio de sistemas unitários, nos quais o transporte da água da chuva é realizado nos mesmos condutos que o esgoto

sanitário. Embora as normas técnicas brasileiras preconizem que as redes sejam do tipo separador absoluto (água pluvial e esgoto sanitário transportados em condutos separados), o alto custo para separar as redes unitárias já existentes muitas vezes torna essa alternativa economicamente inviável. Dessa forma, é de extrema importância o planejamento de novas redes visando esta separação.

A contaminação da água pluvial pelo esgotamento sanitário também dificulta a implantação de dispositivos de amortecimento, uma vez que as estruturas de detenção não são projetadas para reter águas contaminadas, gerando danos de difícil mitigação.

Além da poluição atmosférica que afeta a qualidade da água pluvial, os aquíferos urbanos também estão sujeitos a fontes de contaminação associadas a água pluvial tais como aterros sanitários implantados em áreas de recarga, fossas sépticas utilizadas pela população e até mesmo a baixa energia do fluxo pluvial ou entupimento dos condutos pluviais, fazendo com que a água contaminada saia da estrutura e percole o solo.

Os principais indicadores utilizados para análise da qualidade da água pluvial, constituem os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais. Destaca-se que, geralmente, os estudos sobre a qualidade da água pluvial visam caracterizar a viabilidade da água para reuso em fins diversos, sem que gerem danos à saúde humana ou ao meio ambiente.

Atualmente, a existência de legislação que definem critérios de captação e valores de qualidade da água pluvial é bastante escassa e superficial. A NBR 15527, voltada para captação de águas pluviais por coberturas (telhados), apresenta índices de qualidade mínimos da água precipitada para usos mais restritivos (Quadro a seguir), embora esses padrões possam variar de acordo com a utilização prevista pelo responsável.

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15,0 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção; ^b uT é a unidade de turbidez; ^c uH é a unidade Hazen.		

QUADRO 7 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA PARA USOS RESTRITIVOS NÃO POTÁVEIS
 FONTE: NBR 15527, 2007.

Para desinfecção, a critério do responsável, pode-se utilizar derivado de clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante, deve ser usado derivado de clorado. Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 e 3,0 mg/L.

A resolução CONAMA nº 274/2000, que define padrões de balneabilidade, isto é, índices mínimos para que a água possa ser utilizada para uso recreativo de contato primário, também pode ser utilizada como base para a avaliação da qualidade da água pluvial, definindo-a como própria ou imprópria.

Os cursos hídricos selecionados para o monitoramento podem ser aqueles que recebem grande quantidade de esgoto sem tratamento, identificando a necessidade de realização de intervenções, ou seja, o

monitoramento está diretamente ligado com o plano de ação de tratamento dos efluentes gerados no município.

As atividades previstas para o programa de monitoramento da qualidade ambiental dos cursos hídricos são apresentadas a seguir:

- Identificar os pontos de amostragem e intervalos de amostragem que tragam segurança e consistência aos resultados do monitoramento;
- Identificar as metas de redução de cargas poluidoras nos cursos d'água;
- Realizar o monitoramento frequentemente dos córregos e rios selecionados da cidade;
- Analisar os dados de melhoria para subsidiar as atividades de outros planos de ação, principalmente o de tratamento de efluentes;
- Avaliar periodicamente a qualidade ambiental do Município e a eficácia das ações do programa como um todo.

Por fim, a limpeza urbana e manutenção preventiva das redes influencia diretamente a quantidade de lixo direcionado aos cursos d'água. A educação ambiental e conscientização da população facilita o trabalho do município à medida que a quantidade de resíduos descartados irregularmente diminui.

4. MANUAL DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS

O Manual de Implantação das Medidas Estruturais tem como objetivo orientar o gestor responsável pela projeção e execução dos projetos sobre as ações de implantação de medidas estruturais, sejam elas convencionais ou não convencionais, além de trazer breves explicações sobre as características de cada alternativa.

4.1 Elementos Hidráulicos para Projeto e Estruturas de Controle

Atualmente, os serviços de drenagem urbana são prestados pela Prefeitura Municipal de Taubaté. As principais deficiências encontradas no município incluem a escassez de cadastro das redes já existentes, a ocorrência de ligações clandestinas de esgoto nas redes de condução de águas pluviais, trechos onde a água da chuva possui elevado escoamento superficial ou não possui coleta adequada, falta de manutenção das redes de drenagem, poucos dispositivos de amortecimento da água pluvial, existência de moradias irregulares próximos às canalizações e cursos d'água e também a falta de verba pública específica para a manutenção da rede de drenagem. Diante desse cenário, foram elaboradas propostas para reverter e/ou minimizar as deficiências observadas.

4.1.1 Elementos Hidráulicos para Projeto

Os estudos hidráulicos têm como objetivo avaliar a capacidade das estruturas de drenagem em comportar a vazão das bacias na qual elas se inserem. A solução adequada para o manejo das águas pluviais urbana envolve a aplicação de medidas estruturais (obras) e não estruturais (planos, legislação, educação ambiental, entre outros). Além disso, as medidas estruturais geralmente dividem-se em dois grandes grupos: as estruturas que aceleram a água para jusante e as que amortecem e retêm a água pluvial à montante, favorecendo a infiltração hídrica no solo.

A escolha entre o uso de medidas estruturais ou não estruturais, retentoras ou aceleradoras da água para jusante, depende das características dos corpos hídricos e de como a urbanização se desenvolveu nas áreas marginais aos cursos d'água.

Existem soluções de projeto que fazem uso de diferentes tipos de revestimento ao longo do perímetro molhado, como os casos em que os canais têm suas paredes revestidas por concreto ou gabião mantendo o leito em sua composição natural. Para obras que modificam as características de escoamento da água, é necessário considerar o fator de atrito, isto é, avaliar a rugosidade do material existente ou a ser implantado, e sua influência sobre o fluxo hídrico no canal ou galeria.

▫ Rugosidade

A fórmula desenvolvida por Robert Manning é uma metodologia amplamente utilizada na hidrologia e engenharia hidráulica para estimar a velocidade hídrica e vazão de canais naturais ou artificiais. A partir do desenvolvimento da Equação de Manning e da Equação da Continuidade é possível obter a equação abaixo, a qual permite a determinar a vazão de canais em função do coeficiente de Manning, do raio hidráulico, da declividade média e da área molhada (DAEE, 2005).

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Em que:

Q = vazão de escoamento (m^3/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

A = área molhada (m^2);

R_H = raio hidráulico (m);

i = declividade do canal (m/m).

O coeficiente de rugosidade refere-se ao atrito da passagem do fluido pela tubulação e influencia diretamente a velocidade da água, conseqüentemente aumentando ou diminuindo a vazão do trecho. Os valores de rugosidade de Manning para alguns materiais comumente utilizados em obras hidráulicas são tabelados a seguir.

Revestimento	Coeficiente de Rugosidade de Manning (n)
Terra	0,035
Rachão	0,035
Gabião	0,028
Pedra argamassada	0,025
Aço corrugado	0,024
Concreto	0,018

QUADRO 8 – COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING
 FONTE: DAEE, 2005.

Os canais de concreto lisos bem acabados, com revestimento em todo seu perímetro molhado, podem apresentar coeficientes de rugosidade de Manning menores, com valores de n entre 0,012 e 0,014. O Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE), por exemplo, adota $n=0,013$ para canais revestidos de concreto liso bem acabado, de traçado retilíneo e águas limpas. Outra possibilidade de estimar a rugosidade de trechos com singularidades ou que possuem diferentes materiais em seu percurso, é utilizar a rugosidade equivalente (n_{eq}), conforme equação a seguir.

$$n_{eq} = \frac{P_a \cdot n_a + P_b \cdot n_b + \dots + P_n \cdot n_n}{P}$$

Em que:

n_{eq} = coeficiente de rugosidade equivalente;

P_a, P_b, \dots, P_n = perímetros molhados referentes aos revestimentos do tipo “a”, “b”, ... , “n”;

n_a, n_b, \dots, n_n = rugosidades referentes aos diferentes revestimentos;

$P = P_a + P_b + \dots + P_n$ = somatório dos perímetros molhados.

▫ **Velocidade**

O controle da velocidade de escoamento visa evitar danos causados pela passagem da água nas estruturas, e que, com o tempo, possam comprometer o funcionamento da obra hidráulica. Entre eles, tem-se:

Para velocidades baixas:

- Assoreamento de canais e tubulações;
- Deposição de detritos com obstrução de canais e tubulações;
- Necessidade constante de manutenção;
- Possibilidade de desenvolvimento de plantas aquáticas.

Para velocidades altas:

- Erosão do leito e/ou das margens de canais;
- Desgaste do revestimento interno de tubulações;
- Desgaste de revestimento.

A velocidade mínima consiste na menor velocidade que não ocasione sedimentação e que não induza o aparecimento de plantas aquáticas e musgo. A velocidade máxima, por sua vez, é a maior velocidade que não gere erosão ou desgastes nos canais e tubulações, além de casos de subpressão.

A velocidade média adequada deve ser utilizada como critério de projeto para que a seção seja estável. No quadro a seguir são apresentadas as velocidades médias recomendadas para alguns materiais, a fim de garantir a integridade e manutenção da vida útil da obra hidráulica.

Revestimento do canal	Velocidade média (m/s)
Areia muito fina	0,23 a 0,30
Areia solta-média	0,30 a 0,46
Areia grossa	0,46 a 0,61
Terreno arenoso comum	0,61 a 0,76
Terreno silte-argiloso	0,76 a 0,84
Terreno de aluvião	0,84 a 0,91
Terreno argiloso compacto	0,91 a 1,14
Terreno argiloso duro	1,14 a 1,22
Solo cascalhado	1,22 a 1,52
Cascalho grosso, pedregulho, piçarra	1,52 a 1,83
Rochas sedimentares moles - xistos	1,83 a 2,44
Alvenaria	2,44 a 3,05
Rochas compactas	3,05 a 4,00
Concreto	4,00 a 6,00

QUADRO 9 – VELOCIDADE MÉDIA RECOMENDADA DE ACORDO COM O REVESTIMENTO DO CANAL
 FONTE: PORTO, 2006.

O DAEE também disponibiliza recomendações para velocidades máximas de acordo com o revestimento do leito e paredes do canal, conforme mostrado no quadro abaixo.

Revestimento do canal	Velocidade máxima (m/s)
Terra	1,5
Gabião	2,5
Pedra argamassada	3,0
Concreto	4,0

QUADRO 10 – VELOCIDADE MÁXIMA RECOMENDADA DE ACORDO COM O REVESTIMENTO DO CANAL
 FONTE: PORTO, 2006.

▫ Borda Livre

A borda livre é uma altura adicional da seção transversal que visa garantir segurança extra quanto ao transbordamento, assim como suportar elevações do fluxo em curvas ou transição de seções, ondas geradas pelo escoamento supercrítico e mitigar problemas causados pelo assoreamento e aluxo de resíduos.

O dimensionamento da borda livre das canalizações depende do tipo e finalidade da obra hidráulica, podendo ter critérios mais ou menos restritivos. No estado de São Paulo, todas as intervenções em cursos d'água naturais precisam ser outorgadas pelo DAEE, e devem ser atendidas as premissas conforme apresentadas abaixo:

Obra Hidráulica	Tipo / Características	Borda livre (BL)
Canalização	seção aberta	$BL \geq 0,20h_{TR}$
	seção em contorno fechado	$BL \geq 0,20H$
Travessia	aérea (pontes)	$BL \geq 0,20 h_{TR}$, com $BL \geq 0,4$ m
	bueiro	$BL \geq 0,20 H$
	intermediária (galerias)	Previsto para trabalhar em carga
Barramento	de qualquer tipo, exceto soleiras submersíveis	$BL \geq 0,10 HM$, com $BL \geq 0,5$ m

QUADRO 11 – VALORES MÍNIMOS DE BORDA LIVRE
 FONTE: DAEE, 2007.

Abaixo são apresentadas as principais soluções de projeto envolvendo medidas estruturais.

A. Canais

Os canais abertos (Figuras a seguir) são comumente utilizados em sistemas de drenagem urbana, pois permitem aumentar a capacidade da condução hidráulica. Sua adoção apresenta vantagens tais como a possibilidade de veicular vazões superiores à de projeto, mesmo com prejuízo da borda livre; facilidade de manutenção e limpeza; capacidade de adoção de seções transversais de configuração mista, o que resulta em maior economia de investimentos; viabilidade de integração paisagística, valorizando as áreas ribeirinhas; e maior facilidade para ampliações futuras, se necessário.



FIGURA 2 – CANAL ABERTO COM PAREDES REVESTIDAS POR GABIÃO, RUA BLUMENAU, TAUBATÉ-SP
FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2023.



FIGURA 3 – CANAL ABERTO REVESTIDO POR CONCRETO, RUA PEDRO FRANCISCO DOS SANTOS, TAUBATÉ-SP
FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2023.

Entretanto, os canais abertos possuem limitações em sua implantação principalmente em áreas de grande concentração urbana, onde o espaço disponível é reduzido.

Uma configuração ideal para um canal de drenagem urbana é a seção trapezoidal simplesmente escavada com taludes gramados, pois possui execução e manutenção simples, além do baixo custo de implantação. O canal escavado normalmente admite velocidades máximas reduzidas, exigindo maior espaço para sua implantação e declividades menores.

Quando não há espaço suficiente para implantação de canais mais simples e naturais, o uso de canal revestido pode ser inevitável para garantir velocidades de escoamento maiores e, conseqüentemente, a diminuição das seções transversais.

Para evitar e minimizar problemas de assoreamento e deposição de detritos decorrentes das vazões de cheias e melhorar as condições de operação para vazões mais frequentes, é recomendável adotar seções compostas, dimensionadas no seu conjunto. Essa medida permite veicular as vazões máximas previstas e conduzir as vazões mais frequentes em subleitos menores com condições adequadas de velocidade.

Em canais trapezoidais simplesmente escavados, é possível prever um leito menor, trapezoidal ou retangular, em concreto; nos casos de canais revestidos, sejam eles de seção trapezoidal ou retangular, é possível utilizar um fundo com configuração triangular, mediante simples rebaixo do fundo ao longo do eixo.

No entanto, observa-se que, mesmo com todos os cuidados na fase construtiva, durante a vida útil da canalização ocorrem desgastes na superfície do concreto devido à abrasão natural, principalmente no período de cheias. Nesses casos, a demanda hidrodinâmica é intensa, com altas velocidades, gerando um transporte elevado de material detrítico pesado, capaz de produzir um efeito de "martelamento" sobre a superfície de concreto. Além disso, ocorrem os desgastes naturais do intemperismo, eventuais recalques localizados ou deformações, produzindo desalinhamentos, principalmente nos pontos de juntas. Portanto, deve-se considerar o apreciável incremento da rugosidade decorrente de depósitos localizados de sedimentos, lixo e vegetação nativa ou transportada, que se acumulam ao longo da canalização.

B. Tubos

As tubulações (Figuras a seguir) são estruturas cilíndricas comumente construídas de concreto ou aço corrugado e utilizados em sistemas subterrâneos. A implantação de tubos apresenta diversas vantagens tais como a possibilidade de adequar o tamanho da estrutura com o projeto; controle da erosão do solo; minimização dos impactos ambientais; aumento da segurança e saúde pública, dentre outros.



FIGURA 4 – TUBULAÇÃO EM AÇO CORRUGADO, AV. ANTÔNIO GARCIA DA CUNHA, TAUBATÉ-SP
FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2023.



FIGURA 5 – TUBULAÇÃO EM CONCRETO, PRÓXIMO À RUA PAULO DIAS RAPOSO, TAUBATÉ-SP
FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2023.

Entretanto, as tubulações possuem desvantagens como a manutenção, visto que seu acesso é restrito e custo de troca ou limpeza das estruturas é elevado. Além disso, a instalação de sistemas de tubulação pode ser dispendiosa, especialmente em áreas já densamente desenvolvidas, onde se torna necessário adaptar a infraestrutura urbana existente.

As tubulações apresentam um escoamento interno que gera grande influência sobre as paredes internas das estruturas. As partículas, ao entrar em contato com a parede do tubo, perdem velocidade, passando a influir nas partículas vizinhas, também dissipando energia. Essa dissipação provoca uma diminuição da pressão total do fluido ao longo do escoamento, fenômeno chamado Perda de Carga.

Mesmo com todos os cuidados na fase construtiva, durante a vida útil das tubulações ocorrem desgastes e corrosões nos materiais. Esses eventos ocorrem devido ao material do encanamento, suas conexões, composição da água e demais detritos, podendo causar contaminação da água e vazamentos, que permitem a infiltração da água no solo, o tornando saturado e, portanto, mais suscetível a desmoronar.

C. Aduelas

As aduelas (Figuras a seguir) são estruturas pré-moldadas em concreto armado e que possuem formato quadrático ou retangular. Sua adoção traz diversas vantagens como uma aplicação versátil e fácil, reduzindo o tempo e custo com mão-de-obra; possui grande durabilidade e resistência, além de poderem ser construídas em cenários industriais.



FIGURA 6 – ADUELA, AVENIDA DA FRATERNIDADE, TAUBATÉ-SP
FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2023.



FIGURA 7 – ADUELA LOCALIZADA ABAIXO DE FERROVIA, TAUBATÉ-SP
FONTE: ACERVO DO AUTOR, 2023.

No entanto, por serem pré-moldadas, as aduelas possuem limitação de dimensão e formato. Além disso, elas precisam ser transportadas do local de fabricação para o de implantação, esse limitador pode tornar o uso das aduelas inviável à execução do projeto, sendo recomendado buscar alternativas mais viáveis.

As aduelas também podem ser implantadas sob pontes. Diante disso, elas estão sujeitas a forças verticais constantes, devendo-se considerar:

- Peso próprio da estrutura;
- Carga do solo acima;
- Pressões do fluido dentro da estrutura;
- Cargas produzidas por sobrecargas na superfície, em função da natureza do tráfego;
- Esforços horizontais devido à sobrecarga (frenagem, aceleração etc.);
- Ações por sobrecargas da construção;
- Empuxos laterais produzidos pelo solo;
- Ações produzidas por equipamentos de compactação durante a execução do aterro da estrutura;
- Ações durante o manuseio e o transporte da estrutura.

Dependendo do comprimento da aduela, a estrutura pode estar sujeita ao efeito de arqueamento do solo. Quando a altura de terra equivalente (h_{equ}) é menor que a largura externa da galeria (b_{ext}), o efeito é pouco significativo. No entanto, à medida que a altura de solo sobre a galeria aumenta, esse efeito passa a ser relevante e impactante.

D. Bacias de Detenção

As Bacias de Detenção (Figura abaixo), também denominados “piscinões”, são constituídas de uma área de armazenamento das águas, acoplada a um conjunto de estruturas hidráulicas de controle, geralmente compostas por tubulações.



FIGURA 8 – RESERVATÓRIO DE CONTENÇÃO, RUA BRASILINA MOREIRA DOS SANTOS, TAUBATÉ-SP
FONTE: GOOGLE EARTH, 2023.



FIGURA 9 – RESERVATÓRIO DE CONTENÇÃO, RUA BRASILINA MOREIRA DOS SANTOS, TAUBATÉ-SP
FONTE: GOOGLE EARTH, 2023.

Uma grande vantagem dessa estrutura hidráulica refere-se ao caráter de retenção, pois ela permite armazenar sedimentos e lixo, facilitando a limpeza e manutenção das demais estruturas a jusante do rio. Além disso, as bacias de contenção reduzem a poluição difusa de origem pluvial e pode ser agregada a áreas verdes de recreação e lazer.

Entretanto, a implantação destes dispositivos necessita da disposição de grande área. A construção de uma bacia de contenção, além de dispendiosa, pode gerar impactos ambientais significativos quando não planejada adequadamente.

Em geral, as bacias de contenção têm a capacidade de redistribuir as vazões ao longo de um intervalo de tempo maior, resultando na redução das vazões de pico, sem afetar o volume total do escoamento direto. Essas estruturas criam um volume útil temporário, correspondente à área entre o hidrograma afluente e efluente da bacia de contribuição, onde parte do escoamento direto é armazenada temporariamente antes de ser liberada (GIUDICE, 2019).

E. Pontilhões e Pontes

Os pontilhões (Figura a seguir) são estruturas construídas para possibilitar a transposição de talvegues em situações que a descarga projetada ou a inclinação planejada impedem a construção de bueiros.



FIGURA 10 – PONTILHÃO
FONTE: CASSOL PRÉ - FABRICADOS.

Segundo o Manual de Drenagem de Rodovias do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), os elementos utilizados no projeto dos pontilhões e das pontes são similares, com exceção do tempo de recorrência para cálculo do projeto, que geralmente é considerado menor para pontilhões.

Já as pontes, são estruturas maiores, que são destinadas a ultrapassar os talvegues, cuja transposição não pode ser feita por bueiros e pontilhões. Devido a sua complexidade, seu dimensionamento e cálculos devem ser mais rigorosos, conforme apresentado abaixo.

▫ Dimensionamento Hidráulico

O dimensionamento hidráulico de pontes pode ser obtido pela aplicação da fórmula de Manning (já abordada nos itens anteriores), apresentada abaixo.

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Em que:

Q = vazão de escoamento (m^3/s).

A = área de drenagem (m^2);

R = raio hidráulico (m);

S = declividade do fundo do trecho (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning;

▫ Vão da Ponte

Para determinar a área de vão livre da ponte projetada, deve-se considerar os seguintes fatores complementares:

- Vão livre: nos rios que não possuem caixas definidas, a seção da vazão deve ser fixada;
- Influência de remansos e marés;
- Verificação do vão: confirmação da seção de vazão, levando em consideração a largura e a forma dos pilares, a fim de verificar a ocorrência de alguma variação significativa que comprometa a velocidade da água;
- Verificação da velocidade: tendo em vista o comprimento das pontes, é necessário verificar as velocidades do rio, dentro da probabilidade de ocorrer erosão no talvegue e nas margens do rio. A primeira possibilidade implica em obras de proteção, enquanto a segunda uma análise do limite das fundações da ponte.

4.1.2 Elementos Hidráulicos para Estruturas de Controle na Fonte

Medidas de controle são construídas com intuito de reduzir o volume e/ou remover os poluentes do escoamento. A escolha das medidas mais apropriadas deve considerar o grau de urbanização da região. Se a região estiver em processo de urbanização há a possibilidade de implantação de medidas não estruturais, como zoneamento urbano. Em regiões já urbanizadas torna-se mais difícil esta implementação. Além disso, as características hidrológicas, topográficas e pedológicas da bacia devem ser consideradas.

A. Trincheiras de Infiltração e Detenção

As trincheiras de infiltração e detenção são valas com material poroso sobre o solo permeável. Sua função é reduzir o escoamento e retardar os picos de vazão, favorecendo a infiltração e proporcionando o armazenamento temporário das águas pluviais.

▫ Configuração típica das Trincheiras de Infiltração

A camada de armazenamento da trincheira consiste na presença de material bastante poroso, usualmente constituída por brita, com diâmetros entre 5 e 8 centímetros, caracterizando uma média de 30% de espaço vazio.

A camada de filtragem, localizada acima da camada de armazenamento da trincheira, possui a função de separar a água dos sedimentos e resíduos, além de facilitar a manutenção. Essa camada geralmente é composta por geotêxtil e 15 cm de material do mesmo preenchimento.

A camada de revestimento, composta por geotêxtil de alta permeabilidade ($> 0,37\text{cm/s}$) e resistência, localiza-se entre a estrutura da trincheira e o solo natural. Essa camada possui a função de evitar a migração de partículas finas para o solo adjacente. As emendas da malha geotêxtil devem ser executadas com trespasse mínimo de 20 cm.

As propriedades do solo podem dificultar a infiltração da água retida. Em solos com baixa permeabilidade é possível implantar orifícios na trincheira, que atuarão como dispositivos de retenção da água pluvial. Ressalta-se que, as dimensões do tubo devem ser adequadas ao coeficiente da vazão direcionada à trincheira.

O extravasor possui a função de garantir que o volume suportado pela trincheira não exceda seu limite e acabe fazendo com que a água pluvial transborde. O extravasor deve ser dimensionado como um vertedor de acordo com as equações abaixo.

Para vertedores retangulares de soleira livre:

$$Q = 1,550 \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Em que:

Q = vazão de saída (m^3/s);

L = largura do vertedor (m);

H = altura da lâmina d'água no vertedor (m);

Quando o vertedor tiver largura inferior à largura do reservatório, deve-se considerar um valor corrigido para as medidas do vertedor, devido a influência das contrações, conforme equações abaixo.

$$Q = 1,550 \cdot (L - 0,1 \cdot H) \cdot H^{3/2} \text{ (para uma contração)}$$

$$Q = 1,550 \cdot (L - 0,2 \cdot H) \cdot H^{3/2} \text{ (para duas contrações)}$$

Para vertedores de seção circular:

$$Q = 1,518 \cdot D^{0,693} \cdot H^{1,807}$$

Em que:

Q = vazão de saída (m^3/s);

D = diâmetro do vertedor (m);

H = altura da lâmina d'água no vertedor (m);

Na Figura abaixo é apresentada uma composição típica de trincheiras de infiltração.

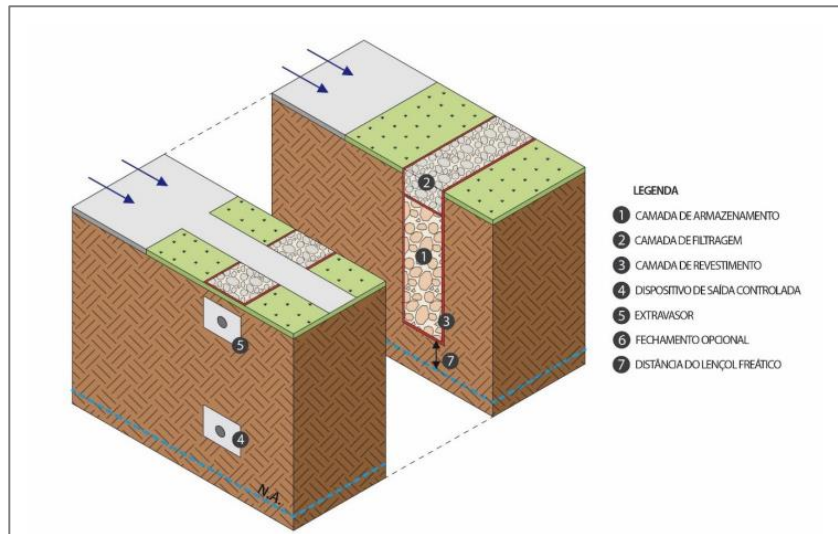


FIGURA 11 – CONFIGURAÇÃO DE UMA TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO
FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

□ Dimensionamento das Trincheiras de Infiltração

O dimensionamento da trincheira depende do nível de proteção desejado para a estrutura, o qual é avaliado com base na probabilidade de ocorrência de determinado evento hidrológico.

Para as trincheiras de infiltração é necessário determinar suas dimensões iniciais considerando a vazão de infiltração (vazão de saída) que, por sua vez, depende da superfície de infiltração e sua geometria. As dimensões iniciais são estabelecidas com base na área disponível para a implantação.

As vazões são influenciadas por vários fatores tais como capacidade de infiltração do solo, da superfície de infiltração e da altura da água na trincheira. A implantação da trincheira é recomendada para áreas contribuintes menores que 6 hectares e solos com capacidade de infiltração de 7,0 a 200,0 mm/h.

A área de infiltração e volume armazenado podem ser estimados por meio das equações a seguir, admitindo que a trincheira terá capacidade de infiltração pelo fundo e metade das laterais.

Para estimativa da área de infiltração:

$$A_L = L \cdot (H/2)$$

$$A_f = L \cdot a \text{ (ou medido em planta)}$$

$$A_{inf} = 2 \cdot A_L + A_f$$

$$A_{inf i} = L \cdot h_i + A_f \text{ (} h_i \text{ máximo} = H/2)$$

Em que:

A_L = área lateral (m²);

L = comprimento da trincheira de infiltração;

H = profundidade (m);

A_f = área do fundo (m²);

a = largura da trincheira de infiltração (m).

A_{inf} = área de infiltração total (m²);

$A_{inf\ i}$ = área de infiltração do passo i (m²);

h_i = profundidade no passo i (m).

Para estimativa do volume armazenado:

$$V = A_f \cdot (H/2)$$

$$V_i = A_f \cdot h_i$$

$$(h_i \text{ máximo} = H/2)$$

Em que:

V = volume de armazenamento total (m³);

A_f = área do fundo (m²);

H = profundidade (m);

V_i = volume do passo i (m³);

h_i = profundidade no passo i (m);

B. Poços de Infiltração

Os poços de infiltração são estruturas pontuais geralmente cobertas por brita ou revestimento fixado na parede, deixando seu interior vazio. Uma das vantagens em utilizar essas estruturas é que elas se integram facilmente ao ambiente urbano, ocupando pequenas áreas.

▫ Configuração típica dos Poços de Infiltração

A camada de armazenamento é preenchida, geralmente, por brita 4, com diâmetro entre 5 e 8 cm, com 30% de espaço vazio. O preenchimento dos poços é recomendado para locais onde o solo que possui baixa taxa de permeabilização, isso faz com que a superfície de contato aumente, embora haja uma redução do volume armazenado. Nos poços preenchidos utiliza-se uma camada de filtragem, composta por geotêxtil e 15 cm de material de mesmo preenchimento.

Os poços sem preenchimento devem ser revestidos com concreto poroso, alvenaria com aberturas ou outro tipo de material que permita o escoamento da água do reservatório para o solo. Por outro lado, caso a estrutura possua preenchimento, recomenda-se revestir o poço com geotêxtil de alta permeabilidade (> 0,37

cm/s) e resistência (tração longitudinal mínima de 7kN/m), a fim de impedir a migração de partículas finas para o solo adjacente e garantir a funcionalidade da estrutura.

O extravasor de emergência deve ser dimensionado como um vertedor conforme apresentado no item anterior (trincheira de infiltração). Além disso, para garantir que a água captada não extravase, é necessário que o diâmetro do extravasor seja superior ao diâmetro de entrada. No caso de poços em série, deve ser previsto extravasores interligando os poços, para que quando um poço encha, a água passe para a próxima estrutura.

A entrada de fluxo nos poços de infiltração pode concentrada por meio de dispositivos de condução ou direcionada pela declividade do terreno até as estruturas de captação. Nos casos em que a entrada da água seja feita de forma concentrada, o poço pode ser fechado e sua superfície usada para outros fins, desde que seja previsto alçapão para limpeza, manutenção e substituição da camada de filtragem.

Na Figura abaixo é apresentada uma composição típica de poços de infiltração.

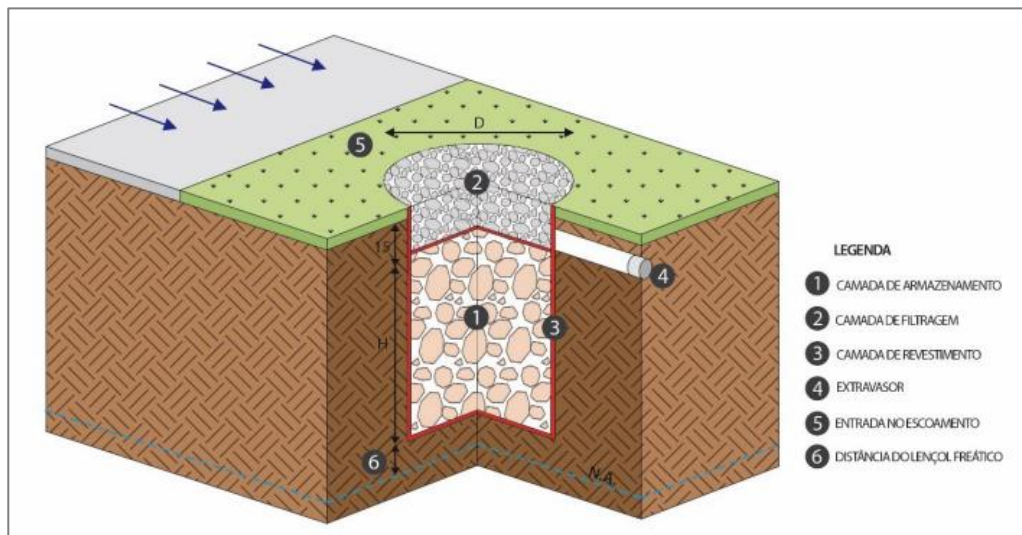


FIGURA 12 – CONFIGURAÇÃO DE UM POÇO DE INFILTRAÇÃO
FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

▣ Dimensionamento dos Poços de Infiltração

A área de contribuição deve ser obtida a partir do levantamento das áreas que tem seu fluxo direcionado para o poço de infiltração. O coeficiente de escoamento, por sua vez, baseia-se no valor médio, ponderado pela relação entre a área de contribuição com cada tipo de revestimento e a área de contribuição total ao poço de infiltração. O cálculo do escoamento superficial é dado pela equação a seguir.

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A}$$

Em que:

C = coeficiente de escoamento superficial;

C_n = coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de superfície;

A_n = área com o tipo de revestimento n (m^2);

A = área total (m^2).

O coeficiente de escoamento superficial para superfícies e revestimentos mais comuns é apresentado no quadro a seguir.

Tipo de superfície	Coeficiente de Escoamento Superficial
Telhado	0,95
Asfalto	0,95
Concreto	0,95
Solo Exposto	0,95
Solo coberto por brita, seixo rolado, areia, saibro	0,90
Paralelepípedo	0,85
Gramma sintética, revestimento emborrachado	0,95
Pavimento permeável em asfalto ou concreto	0,85
Bloco intertravado	0,85
Gramma, jardim	0,25
Terreno natural vegetado	0,25

QUADRO 12 – COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ACORDO COM A SUPERFÍCIE
 FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

A profundidade do poço de infiltração, para cada 50 m^2 de área de contribuição, em função da condutividade do solo onde será implantado o dispositivo, é dada pelo quadro abaixo.

Condutividade Hidráulica do solo (m/s)	Profundidade Requerida (m)
$\geq 10^{-5}$	6,88
10^{-6} a 10^{-5}	9,10
$\leq 10^{-6}$	9,41

QUADRO 13 – PROFUNDIDADE REQUERIDA PARA CADA 50 m^2 DE ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO
 FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

A altura do dispositivo varia de acordo com o nível do lençol freático e leito rochoso, devendo ser realizado sondagens para obtenção das alturas de segurança adequadas. Para garantir a proteção do lençol freático, a distância entre o fundo do poço de infiltração e a camada mais alta do lençol freático não deve ser superior a 1,5 metros. Além disso, o nível do lençol freático deve ser aferido entre os meses de janeiro a março. No caso de corpos rochosos, o fundo do poço de infiltração deverá estar a uma distância de duas vezes a altura de escavação do leito da rocha impermeável.

Para estimativa da área de infiltração dos poços, pode ser utilizada a equação apresentada a seguir:

$$A_{inf} = A_L$$

$$A_L = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A_{inf i} = 2 \cdot L \cdot h_i$$

Em que:

A_{inf} = área de infiltração total (m²);

A_L = área lateral (m²);

L = comprimento do poço de infiltração;

H = profundidade (m);

D = diâmetro do poço de infiltração (m);

h_i = profundidade no passo i (m).

$A_{inf i}$ = área de infiltração do passo i (m²);

Para estimativa do volume de infiltração dos poços, pode ser utilizada a equação apresentada a seguir:

$$V = A_f \cdot (H/2)$$

$$V_i = A_f \cdot h_i$$

$$(h_i \text{ máximo} = H/2)$$

Em que:

V = volume de armazenamento total (m³);

A_f = área do fundo (m²);

H = profundidade (m);

V_i = volume do passo i (m³);

h_i = profundidade no passo i (m);

C. Jardins de Chuva e Biovaletas

O primeiro passo para implementação de um jardim de chuva é avaliar a inclinação da área, esse estudo pode ser realizado de maneira simples utilizando uma longa tábua de madeira plana e um nível. Para receber água suficiente da chuva no jardim, é necessário ter uma inclinação de ao menos 2%, caso não haja essa inclinação natural, é preciso criá-la escavando-a.

Posteriormente, deve-se avaliar se o solo é adequado para o jardim ou biovaleta, cavando um buraco raso na área desejada e enchendo-o de água. Se ela permanecer no lugar por dois dias, esse é um indicio de que o solo pode não ser permeável o suficiente para esse fim.

Com o solo adequado, é importante preparar o espaço com linhas e estacas para demarcar a área que deseja ter, que geralmente variam de 30 a 90 m². Para a profundidade, o ideal é de 10 a 20 cm, variando conforme a inclinação que se deseja ter no jardim.

Após todo o planejamento, a próxima etapa é a compra das plantas. As melhores opções a serem escolhidas são plantas nativas da região, uma vez que já estão acostumadas com o clima, e já maduras, porque as mais jovens não crescem bem com grandes volumes de água.

Para a construção efetiva do jardim, após a cavação, deve-se aterrar a área, com taboa de madeira, malha filtrante ou terra. O resto de terra que sobrar pode ser usado para construção de uma berma, a fim de reter a água. A bacia formada deve ser recoberta com solo, contendo 20 a 30% de material orgânico e pouco conteúdo de argila. Após essas etapas, pode-se plantar as mudas selecionadas.

A Figura abaixo apresenta a configuração típica de um jardim de chuva.

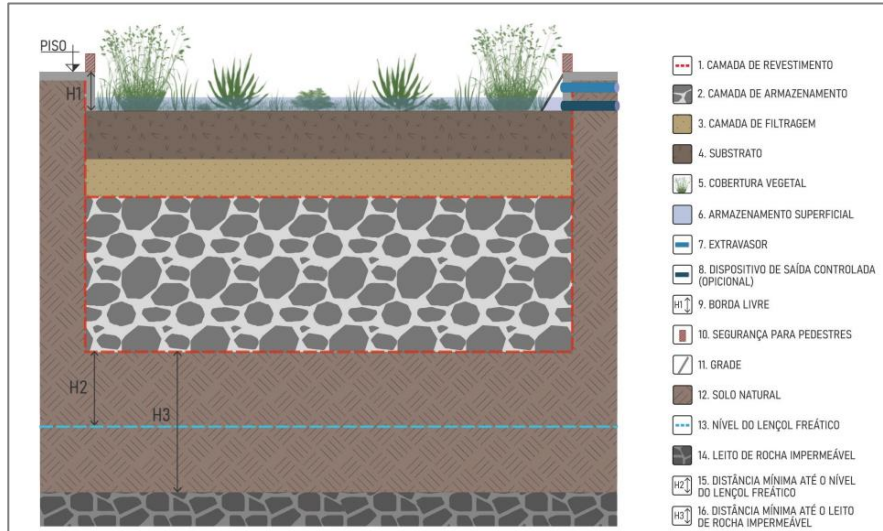


FIGURA 13 – CONFIGURAÇÃO DE UM JARDIM DE CHUVA
FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

Para estimativa da área de infiltração dos jardins de chuva, pode ser utilizada a equação apresentada a seguir:

$$A_{inf} = A_f$$

$$A_f = L \cdot a \text{ (ou medido em planta)}$$

$$A_{inf i} = A_f$$

Em que:

A_{inf} = área de infiltração total (m²);

A_f = área do fundo (m²);

L = comprimento da trincheira de infiltração;

a = largura do jardim de chuva (m).

$A_{inf i}$ = área de infiltração do passo i (m²);

Para estimativa do volume armazenado, pode-se utilizar a seguinte equação:

$$V = A_f \cdot (H_1 \cdot n_1 + H_2 \cdot n_2)$$

$$V_i = A_f \cdot (h_i \cdot n_1 + h_i \cdot n_2)$$

Em que:

V = volume de armazenamento total (m^3);

A_f = área do fundo (m^2);

H = profundidade (m);

n = porosidade da camada (%);

V_i = volume do passo i (m^3);

h_i = profundidade no passo i (m);

Obs.:

1 - camada de armazenamento;

2 - camada de substrato.

D. Microrreservatórios

Os microrreservatórios ou reservatórios em lote são dispositivos de controle de águas pluviais que retardam o tempo de concentração, reduzindo os picos dos hidrogramas efluente. Dessa forma, eles compensam a perda da capacidade de armazenamento do terreno devido à impermeabilização do solo.

Quanto às características da estrutura, os microrreservatórios podem ser divididos em dois tipos:

- Microrreservatório estanque: construídos com alvenaria ou fibrocimento e esgotando para a rede pluvial.
- Microrreservatório poroso: normalmente escavados e estruturados com material poroso, como a brita, permitindo a infiltração de seu conteúdo no solo ou esgotamento para a rede pluvial enterrada, caso o solo seja pouco permeável.

Para calcular a capacidade do microrreservatório, recomenda-se adotar uma taxa de armazenamento de 30 litros/ m^2 de área efetiva de contribuição. A capacidade da estrutura pode ser pré-dimensionada de acordo com a equação abaixo.

$$V_t = 0,03 \cdot A$$

Em que:

V_t = volume útil total de pré-dimensionamento (m^3);

A = área total de contribuição (m^2).

O volume útil total deve ser dividido em duas câmaras. A primeira armazena cerca de 80% do volume total, destinada ao amortecimento da vazão para o TR de 2 anos, enquanto a segunda visa proporcionar 50% da

redução da vazão de pico de pós-urbanização para chuvas com TR de 100 anos. Essa estrutura pode ser visualizada na Figura abaixo.

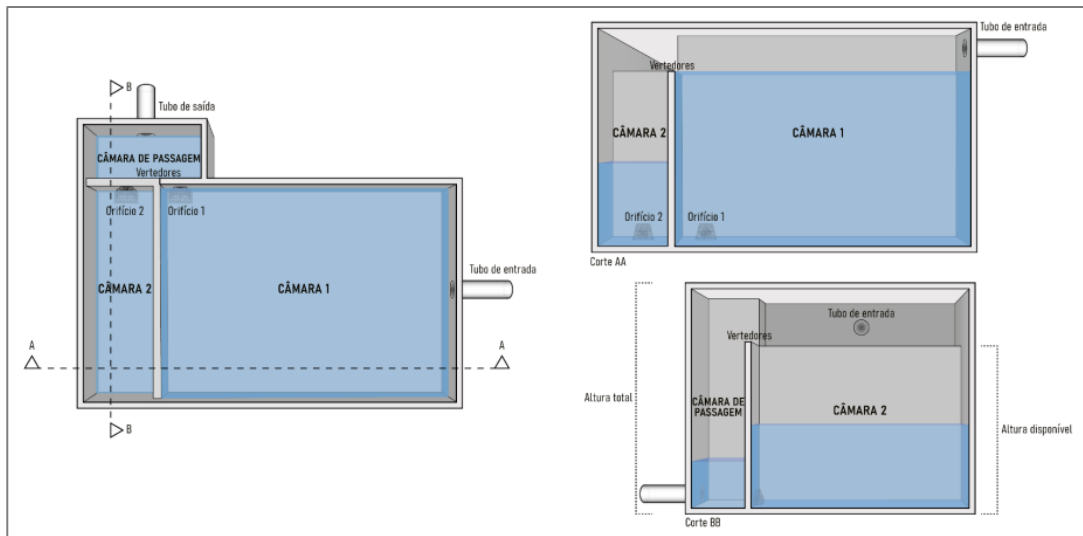


FIGURA 14 – MODELO ESQUEMÁTICO DE MICRORRESERVATÓRIO
FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

Dessa forma, calcula-se o volume útil do microrreservatório conforme equações a seguir.

$$V_t = V_1 + V_2$$

$$V_1 = 0,024 \cdot A$$

$$V_2 = 0,006 \cdot A$$

Em que:

V_t = volume útil total de pré-dimensionamento (m³);

A = área total de contribuição (m²).

V_1 = volume útil da câmara 1 (m³);

V_2 = volume útil da câmara 2 (m³).

Nos casos em que a estrutura ficará enterrada ou semienterrada, deve ser previsto um dreno de alívio preenchido com cascalho envolto em manta geotêxtil, para que seja possível esvaziar o fundo do reservatório e evitar o acúmulo de água. Nos microrreservatórios que ficam sobre a superfície, o dreno de alívio é substituído por uma descarga de fundo, composta por válvula ou torneira, a qual permite o esvaziamento do dispositivo para facilitar a limpeza e manutenção.

Em alguns casos, pode-se construir o dispositivo com fundo permeável. Esta prática apresenta diversas vantagens tais como aumento de infiltração da água no solo e consequente recarga do lençol freático, redução do custo da estrutura e do volume de escoamento superficial, amortecimento da vazão de pico a jusante, entre outros. Nesse tipo de abordagem, deve-se instalar acima do nível do solo uma camada de

pedra de mão, com espessura aproximada de 15 cm, e uma manta geotêxtil para drenos entre a camada de pedra e o solo, de modo a evitar a colmatção do solo.

E. Pavimentos Permeáveis com Estruturas de Detenção e Infiltração

Pavimentos permeáveis são mecanismos hidráulicos que permitem a redução do escoamento superficial em passeios, estacionamentos, quadras de esporte, ruas de pouco tráfego entre outros locais (MARQUES, 2006).

Pavimentos permeáveis podem ser caracterizados pela infiltração total, parcial ou sem infiltração da água no solo. Ao instalar pavimentos de detenção, deve-se realizar o cálculo de volume no armazenamento de camada base do pavimento seguindo as solicitações impostas pelo projeto. Assim, os volumes armazenados poderão ser infiltrados diretamente no solo ou destinados ao sistema de águas pluviais por meio de drenos projetados para essa finalidade.

Em pavimentos com infiltração total, há modelos de reserva temporária e posterior de infiltração no terreno, e aqueles que permitem a infiltração da água diretamente para o subleito, sem a preocupação de retardar o escoamento.

No caso da pavimentação permeável, deverá ser dimensionado tanto mecanicamente, a partir das propriedades da pavimentação convencional, como hidraulicamente, assumindo-se a camada reservatório. A espessura final das camadas de base e sub-base deverão ser aquelas que resultarem na maior espessura.

Durante a construção da obra devem ser tomados cuidados para não colmatar precocemente o pavimento.

F. Telhados Verdes

Telhados verdes baseiam-se na utilização de uma cobertura vegetal no topo de casas e edifícios para retardar e reter o escoamento superficial. No Brasil, essa técnica é também conhecida como Cobertura Verde Leve (CVL).

Para o dimensionamento da estrutura, devem ser atendidos requisitos como a inclinação mínima de 2% e máxima de 30%. Além disso, a estrutura do telhado deve suportar a sobrecarga estática dos materiais saturados de água e sua superfície deve ser impermeabilizada seguindo as normas da NBR 9952 - Manta asfáltica para impermeabilização.

No que diz respeito aos estudos hidrológicos, a NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais descreve como instalar condutos de águas pluviais dimensionados para um período de retorno de 5 anos, para coberturas e/ou terraços.

Uma configuração típica do telhado armazenador é observada na Figura abaixo.

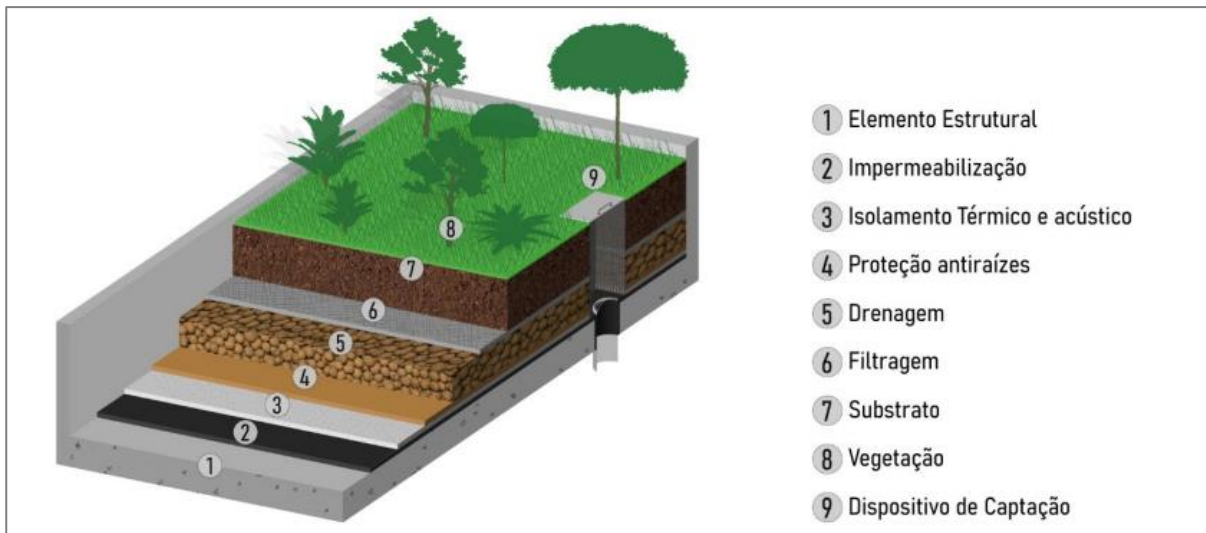


FIGURA 15 – CONFIGURAÇÃO TÍPICA DO TELHADO RESERVATÓRIO
FONTE: SMOBI, BELO HORIZONTE, 2022.

A camada estrutural deve seguir os critérios definidos pelo projetista, contudo ressalta-se a importância de atendimento às exigências legais e com grau de segurança apropriado de acordo com o projeto. A camada de impermeabilização garante a estanqueidade do telhado, não permitindo que haja infiltração na estrutura.

A camada de isolamento térmico e acústico é opcional tendo em vista que a própria camada vegetal já possui essas funcionalidades.

A camada de proteção contra raízes protege mecanicamente as camadas inferiores contra possíveis danos gerados pelas raízes. Geralmente, os materiais utilizados para impermeabilização já possuem uma resistência contra a ação das raízes. Contudo, caso seja necessário, essa camada pode ser feita em argamassa de cimento e areia, polietileno de alta densidade, geomembrana de PVC ou termoplástica, ou ainda sob a forma de pintura asfáltica.

A camada de drenagem deve ter espessura variando entre 7 e 10 cm, executada em material poroso, como argila expandida, ou com membranas pré-fabricadas. Recomenda-se que o material possua um índice de vazios de no mínimo 25%.

Geralmente, a camada de filtragem é constituída por manta geotêxtil por conter alto índice de permeabilidade e resistência. Uma das funções mais importantes dessa camada é impedir que haja perda de substrato e consequente entupimento da camada de drenagem.

O substrato é a camada onde se encontra o solo e os nutrientes que dão suporte à vegetação. O substrato é constituído por uma mistura de argila, silte, areia, compostos orgânicos e minerais, possuindo espessura mínima de 20 cm e pelo menos 15% de espaços vazios. Quanto mais espessa maior será o porte vegetal que a camada irá suportar e consequentemente maior o volume hídrico armazenado.

As espécies vegetais, por sua vez, dependem do objetivo do projeto, condições de estrutura e manutenção do telhado e substrato disponível. Porém, recomenda-se priorizar o uso de espécies diversificadas e haver sempre vegetação rasteira visando a maior retenção da umidade no solo e proteção contra a ação eólica.

Os dispositivos de captação direcionam a água para outros setores. Recomenda-se que, seja adotado pelo menos dois dispositivos um diâmetro mínimo de 100 mm para cada 100 m² de telhado (área de captação). A entrada dessas estruturas deve ser gradeada, visando a retenção de folhas e resíduos maiores que possam comprometer o funcionamento da tubulação. Estes sistemas são compostos por uma caixa de acesso para manutenção e limpeza, um ralo grelha (tipo abacaxi) e tubo de drenagem.

5. MANUAL DE MANUTENÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS

Neste item são apresentadas metodologias para a gestão adequada das estruturas abordadas no item anterior. Este manual tem a finalidade de orientar a administração do sistema de drenagem na manutenção das estruturas convencionais, principalmente aquelas constituídas por concreto, e não convencionais. A manutenção correta e preventiva da obra hidráulica aumenta a vida útil dos materiais e minimiza o impactos causados por precipitações inesperadas.

5.1 Estruturas Convencionais

Todos os materiais possuem uma vida útil, isto significa que todo objeto, equipamento ou produto possui um tempo no qual eles irão manter suas funcionalidades originais com eficiência e desempenho adequados. É importante entender a vida útil do material, uma vez que esse fator influencia no planejamento de projetos e decisões como manutenção, substituição ou descarte.

A durabilidade é a capacidade do material de resistir a intemperes, ataques químicos, abrasão e outros processos de deterioração. Abaixo são listados alguns fatores que afetam a durabilidade da obra, sejam eles naturais ou antrópicos.

- Fatores resultantes do tráfego rodoviário:
 - Frequência, velocidade e concentração das cargas rodoviárias;
 - Efeitos dinâmicos, inclusive fadiga;
 - Colisões de veículos;
 - Sobrecarga e impacto de veículos pesados.

- Fatores ambientais:
 - Fenômenos ambientais como chuva, granizo, neve e vento;
 - Variação do nível das águas em rios;
 - Pressão do vento e seus efeitos nas estruturas das pontes e seus elementos secundários;
 - Abalos sísmicos;
 - Variações diárias de temperatura;
 - Efeitos da insolação não uniforme na estrutura;
 - Chuvas ácidas;
 - Produtos químicos que possam vir a cair

Diante dos danos aos quais os materiais estão sujeitos, é recomendável que algumas ações sejam tomadas tanto na fase de projeto quanto nos processos de execução e utilização a fim garantir a maior durabilidade das estruturas. Abaixo são apresentadas algumas destas ações cuja função é proteger e colaborar com a manutenção das características originais da obra.

- Proteção do concreto contra a agressividade do meio ambiente:
 - Cobrimento normativo das armaduras;
 - Cimento e agregados de boa qualidade, compatíveis entre si e resistente às intempéries naturais;

- Baixo valor da relação água/cimento;
- Aditivos adequados;
- Dosagem que proporcione baixa porosidade e baixa permeabilidade do concreto;
- Cura prolongada.
- Detalhamento do projeto:
 - Drenagem de todos os pontos baixos e interior de células;
 - Permitir acesso a todos os pontos da estrutura;
 - Proteção contra choques de veículos e embarcações.
- Construção: Atenção especial às boas práticas da construção, empregando equipamentos e materiais adequados e mão-de-obra especializada, conforme as normas técnicas vigentes.
- Manutenção: Imprescindível uma manutenção profissional, rotineira e continuada.

Dessa forma, compreende-se que a manutenção frequente e adequada promova maior segurança para a estrutura e estende sua vida útil. É fundamental realizar periodicamente fiscalizações e vistorias nessas estruturas para detecção de falhas e possíveis danos. Considerando que a maioria das estruturas de drenagem propostas no produto anterior do presente Plano Diretor de Macrodrenagem são de concreto, apresenta-se a seguir, técnicas de recuperação e tratamento dos danos aos concretos, com base no Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários.

5.1.1 Remoção ou Substituição do Concreto

A. Remoção do Concreto

Antes de iniciar qualquer remoção de concreto, é fundamental verificar se a estabilidade do elemento estrutural ou da obra não será prejudicada. Após a remoção, a superfície do concreto remanescente deve estar íntegra e apresentar uma textura áspera o suficiente para garantir a aderência adequada do novo concreto, argamassa cimentícia ou outros materiais que serão aplicados.

Existem diferentes métodos para remover o concreto deteriorado, sendo os principais meios mecânicos, térmicos ou químicos, escolhidos de acordo com a localização, extensão e espessura da camada a ser removida. Os meios mecânicos são os mais comuns e incluem a remoção por ponteiros ou cinzéis, a utilização de rompedores, o jateamento de areia e o uso de jatos de água de alta pressão. A limpeza pode ser realizada com jatos de ar comprimido. Vale destacar a importância de controlar o barulho, a poeira e as vibrações em todos os métodos mecânicos utilizados.

B. Substituição de Concreto

O concreto utilizado para reparos deve apresentar propriedades finais idênticas às do concreto existente na estrutura, incluindo resistência, módulo de elasticidade, fluência e demais características relevantes.

É importante ressaltar que qualquer tipo de reparo deixa marcas na estrutura, podendo afetar seu aspecto estético. Portanto, é recomendado considerar a possibilidade de aplicar acabamentos que ajudem a reduzir o contraste entre a estrutura original e os reparos realizados. Dessa forma, busca-se uma maior harmonia visual entre as partes reparadas e a parte existente da estrutura.

5.1.2 Remoção de Corrosão

A remoção da corrosão em elementos como armaduras de concreto armado, cabos de proteção, ancoragens, aparelhos de apoio metálicos, guarda-corpos metálicos e outros elementos, pode ser realizada de acordo com a extensão do problema, empregando escovas de aço, lixas manuais ou mecânicas e jatos de areia. É crucial que a remoção abranja a camada de concreto contaminada. Após o processo, é necessário verificar se houve perda de seção nas armaduras. Caso a perda de seção seja superior a 10%, é imprescindível que essa área seja reforçada com armadura adicional, devidamente ancorada para garantir a integridade e segurança da estrutura.

A. Remoção de Manchas

Basicamente, as manchas são áreas em que a coloração do material é diferente da sua cor original. Elas podem ser causadas por vários motivos como oxidação ou corrosão, e sua remoção é feita eliminando suas causas e passando nas áreas escovas de aço, lixas manuais ou mecânicas, jatos de água ou ar, e, dependendo da porosidade do concreto, uma solução levemente acida.

B. Tratamento de Vazios, Cavidades, Ninhos e Disgregação

Posteriormente a remoção do concreto deteriorado e limpeza da região, pode ser aplicado no local argamassa de cimento, argamassa epóxi, argamassa polimérica, entre outras, entretanto, o preferível para faces inferiores é o concreto projetado.

5.1.3 Tratamento de Trincas e Fissuras

A. Fissuras Inativas

A fissuras inativas são aquelas cujas aberturas não aumentam e nem diminuem mais. Para seu tratamento, deve-se impedir a penetração de água, escovando a fissura e comprimindo uma argamassa de cimento ou areia, ou alargar a fissura, em forma de V, possibilitando a recomposição da superfície.

B. Fissuras Ativas

As fissuras ativas são aquelas que ainda estão sujeitas a movimentação. Atualmente há muitos selantes para a vedação de fissuras ativas.

Para selar as fissuras ativas com aberturas pequenas, deve-se fazer a injeção de algum selante através de purgadores distanciados de uma vez e meia a profundidade da fissura, com os intervalos selados.

Para as fissuras de grande abertura e fraturas, o tratamento se inicia com a abertura de uma cavidade ao longo da fissura, esta abertura deve ser preenchida com um selante elástico adequado, conforme a movimentação prevista para a fissura. Os tipos de selante recomendados são:

- Mastiques: recomendados quando o movimento previsto não exceder 15% da abertura da cavidade, que deve ser aberta na relação 2:1 (profundidade/largura);
- Termoplásticos: as cavidades devem ser abertas com inclinações de 1:1, com movimentações máximas da ordem de 25%;

- Elastômeros: apresentam grande vantagem sobre outros tipos de selantes porque não necessitam ser aquecidos antes da aplicação, possuem excelente adesão ao concreto, não perdem a elasticidade nas temperaturas normais e, também, possuem maior capacidade de alongamento.

5.2 Estruturas Não Convencionais

Para a manutenção das estruturas não convencionais, novamente a fiscalização e manutenção regular é fundamental para a detecção de falhas ou necessidades de melhorias. Dentre as ações que podem ser tomadas estão:

- Manutenção da estrutura: em pavimentações permeáveis, por exemplo, devido à composição de concreto, o material pode sofrer os mesmos danos citados no item anterior e necessitar de reparos;
- Limpeza de reservatórios: por serem áreas expostas e com água parada, pode ocorrer o surgimento de algas ou vetores, como larvas de insetos e outros pequenos animais, que podem transmitir doenças. Para evitar isso, pode-se escovar o reservatório, realizar a aeração dele e até o controle químico com a adição de aditivos. Além disso, uma forma de impedir o surgimento desses organismos é tampando a superfície do reservatório;
- Podas: nos jardins de chuvas, trincheiras, biovaletas e outras estruturas, as plantas presentes podem necessitar de podas caso seu tamanho seja superior ao permitido na área ou haja galhos atrapalhando o fluxo de carros e pessoas, entre outros;
- Adubação: caso os solos onde as plantas presentes nas estruturas não convencionais estejam deficientes em nutrientes, é aconselhado a adubação;
- Controle de praga: nos pequenos jardins podem aparecer pragas, por exemplo cochonilhas, lagartas, ácaros e formigas, que podem ser prejudiciais à saúde das plantas. Por conta disso, é necessário realizar uma investigação da causa e atacá-la para manter a saúde das plantas.

6. MANUAL DE IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

Neste item, serão apresentados 7 programas que abordam medidas não estruturais que podem ser implantadas no município. Essas alternativas não possuem natureza estrutural, contendo um importante papel principalmente na gestão e prevenção dos danos gerados por eventos hidrológicos intensos.

6.1 Programa 01 – Proteção e Recuperação Ambiental

Esse programa visa proteger e restaurar ambientes naturais fundamentais para a gestão sustentável das águas pluviais, contribuindo para uma macrodrenagem mais eficaz e reduzindo o risco de enchentes e problemas relacionados à drenagem no município.

As ações deste programa estão estruturadas em subprogramas, conforme detalhado a seguir.

SUBPROGRAMA 1.1 – RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR AO LONGO DOS CURSOS D'ÁGUA	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo principal a recuperação das matas ciliares, com a finalidade de controlar a erosão nas margens dos corpos d'água, prevenir o assoreamento dos mananciais e minimizar os impactos das enchentes. Além disso, busca reter e controlar as enxurradas que possam alcançar as margens dos córregos e manter a qualidade e quantidade das águas, preservando o equilíbrio erosivo e conservando as encostas das margens dos cursos d'água.
Ações	1 - Realizar um levantamento e mapeamento detalhado dos trechos dos rios que necessitam de restauração da vegetação ciliar, permitindo identificar as áreas prioritárias e o tipo de vegetação que deve ser restaurada. 2 - Criar programas de plantio de árvores envolvendo a comunidade local, organizações não governamentais e voluntários no processo de recuperação da vegetação ciliar 3 - Desenvolver um plano de restauração com metas claras e objetivos definidos, incluindo a seleção de espécies vegetais nativas apropriadas para a região e a criação de um calendário de plantio e manutenção. 4 - Promover programas de educação ambiental para conscientizar a comunidade sobre a importância da vegetação ciliar e seu papel na proteção dos rios. 5 - Realizar a restauração da vegetação ciliar gradualmente para garantir o estabelecimento adequado das plantas e a proteção contra o pastejo de animais e o controle de invasoras. 6 - Realizar a manutenção regular da vegetação ciliar para garantir seu crescimento saudável. 7 - Implementar um sistema de monitoramento para avaliar o progresso da restauração e fazer ajustes conforme necessário. 8 - Garantir que existam leis e regulamentos locais que protejam a vegetação ciliar e imponham práticas sustentáveis ao longo dos rios. 9 - Buscar parcerias com agências governamentais, organizações sem fins lucrativos e instituições financeiras para garantir o financiamento necessário para projetos de restauração da vegetação ciliar. 10 - Continuar o monitoramento e a manutenção da vegetação ciliar a longo prazo para garantir sua saúde e sustentabilidade ao longo do tempo.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no estudo.

QUADRO 14 – SUBPROGRAMA 1.1 – RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILIAR AO LONGO DOS CURSOS D'ÁGUA
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

Neste estudo, delimitam-se as Áreas de Preservação Permanente (APPs) no município, que desempenham um papel essencial na redução dos riscos ambientais e na proteção das comunidades urbanas. A demarcação das APPs ao longo dos cursos d'água segue os critérios estabelecidos pelo artigo 4º do Código Florestal (Lei Federal nº 12651/2012), que considera as seguintes áreas:

- I. Faixas Marginais dos Cursos d'Água Naturais:
 - a. 30 metros para cursos d'água com menos de 10 metros de largura.
 - b. 50 metros para cursos d'água com 10 a 50 metros de largura.
 - c. 100 metros para cursos d'água com 50 a 200 metros de largura.
 - d. 200 metros para cursos d'água com 200 a 600 metros de largura.

- e. 500 metros para cursos d'água com largura superior a 600 metros.
- II. Áreas no Entorno de Lagos e Lagoas Naturais:
 - a. 100 metros em zonas rurais, com exceção dos corpos d'água com até 20 hectares, cuja faixa marginal é de 50 metros.
 - b. 30 metros em zonas urbanas.
- III. Áreas no Entorno de Reservatórios Artificiais: Delimitadas de acordo com a licença ambiental do empreendimento.

Ressalta-se que a preservação e recuperação dessas áreas são fundamentais para a manutenção da integridade dos ecossistemas, a proteção dos recursos hídricos e a redução dos riscos associados a eventos climáticos extremos.

SUBPROGRAMA 1.2 – CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS	
Objetivo	O objetivo principal deste subprograma é promover a criação de corredores verdes, a fim de desempenhar um papel fundamental na gestão de águas pluviais, absorvendo e direcionando a água de maneira natural. Isso contribuirá para a redução do escoamento superficial, a recarga de aquíferos e a melhoria da qualidade da água.
Ações	1 - Realizar levantamentos e estudos para identificar áreas dentro da cidade que sejam adequadas para a criação de corredores verdes, levando em consideração fatores como topografia, uso do solo e necessidades de drenagem. 2 - Realizar o plantio das vegetações e estabelecer programas de manutenção para garantir o desenvolvimento saudável das áreas verdes. 3 - Promover programas de educação ambiental para a comunidade, destacando a importância dos corredores verdes na gestão de águas pluviais e na melhoria do meio ambiente. 4 - Implementar sistemas de monitoramento para avaliar o desempenho dos corredores verdes em termos de absorção de água, qualidade da água e biodiversidade. 5 - Estabelecer parcerias com organizações locais e envolver a comunidade na criação e manutenção dos corredores verdes. 6 - Desenvolver ou ajustar regulamentações municipais para promover a criação de corredores verdes e incentivar seu desenvolvimento em novos empreendimentos.
Abrangência	Bacia hidrográfica do Ribeirão Piracangaguá, Ribeirão do Pinhão e Córrego do Convento Velho.

QUADRO 15 – SUBPROGRAMA 1.2 – CRIAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 1.3 – ESTUDO PARA CRIAÇÃO DA UC DO BUGIO	
Objetivo	O objetivo deste subprograma é a criação da UC do Bugio como uma medida de proteção e conservação de áreas ambientalmente sensíveis relacionadas à macrodrenagem. Salienta-se que essa área foi tombada pela Prefeitura Municipal a partir do Decreto nº 9.728, sendo localizada no bairro do Barreiro com 72.000 m ² , abrigando os maíos primatas da América do Sul, os Bugios.
Ações	1 - Realizar estudos para delimitar e mapear a área da UC do Bugio, identificando as áreas de maior relevância para a macrodrenagem e a conservação ambiental. 2 - Elaborar e promulgar legislação e regulamentações municipais que definam as diretrizes para a criação e gestão da UC do Bugio. 3 - Desenvolver um plano de manejo detalhado para a UC do Bugio, delineando estratégias para a conservação de ecossistemas, a gestão de águas pluviais e a promoção da macrodrenagem sustentável. 4 - Envolver a comunidade local em programas de educação ambiental e conscientização sobre a importância da UC, incentivando a participação na sua conservação. 5 - Estabelecer parcerias com organizações locais, agências governamentais e grupos de interesse para apoiar a criação e gestão da UC do Bugio.
Abrangência	Bacia hidrográfica do Ribeirão Piracangaguá, Ribeirão do Pinhão e Córrego do Convento Velho.

QUADRO 16 – SUBPROGRAMA 1.3 – CRIAÇÃO DA UC DO BUGIO
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.2 Programa 02 – Legislações e Normativas

O principal objetivo deste programa é a revisão e criação de legislações e regulamentos municipais destinados a estabelecer um controle efetivo sobre os recursos hídricos do município. Nesse contexto, foram desenvolvidas ações organizadas em subprogramas, conforme detalhado a seguir.

SUBPROGRAMA 2.1 – PROPOSIÇÃO E REFORMULAÇÃO DAS LEGISLAÇÕES	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo propor e reformular os instrumentos técnicos municipais relacionados à prevenção e gestão de riscos geoambientais, especialmente nas áreas identificadas como suscetíveis a inundação no Plano Diretor de Macrodrenagem de Taubaté, por meio de estudos de modelagem hidráulica-hidrológica. A finalidade é garantir que a legislação ambiental do município esteja alinhada com as últimas informações e necessidades relacionadas à macrodrenagem.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Realizar uma revisão abrangente das leis e regulamentos municipais relacionados à macrodrenagem e áreas suscetíveis a inundação para garantir que estejam atualizados e eficazes. 2 - Incorporar os resultados dos estudos de modelagem hidráulica-hidrológica e outras informações técnicas nas legislações existentes, garantindo que reflitam as condições reais das áreas de risco. 3 - Estabelecer zonas de risco de inundação com base em critérios técnicos, identificando áreas de ocupação restrita ou controlada. 4 - Estabelecer normas construtivas específicas para áreas de risco de inundação, incluindo requisitos de elevação de edificações, materiais resistentes à água e sistemas de drenagem adequados.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas em estudo, especialmente as áreas mapeadas como suscetíveis a inundação.

QUADRO 17 - SUBPROGRAMA 2.1 – PROPOSIÇÃO E REFORMULAÇÃO DE LEGISLAÇÕES
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 2.2 – DISCIPLINAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo disciplinar o processo de ocupação do solo, especialmente nas Zonas de Expansão delineadas no Plano Diretor. Isso será alcançado por meio de ações fiscalizatórias e da emissão de autorizações condicionadas à existência de infraestrutura de drenagem e saneamento adequada.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Realizar uma avaliação abrangente das áreas propensas a enchentes e identificar os principais fatores de risco, como padrões de precipitação, topografia, drenagem existente e desenvolvimento urbano. 2 - Implementar regulamentos para as zonas de expansão, promovendo construções sustentáveis, elevação de edifícios e práticas de gestão de águas pluviais. 3 - Promover a instalação de infraestrutura de drenagem sustentável, como pavimentos permeáveis, jardins de chuva e sistemas de retenção de água, para reduzir o escoamento superficial. 4 - Desenvolver e atualizar legislações e regulamentos municipais que apoiem o disciplinamento do uso do solo para prevenção de enchentes.
Abrangência	Bacias hidrográfica do Ribeirão Piracangaguá ou Barranco Alto, do Ribeirão do Pinhão.

QUADRO 18 – SUBPROGRAMA 2.2 – DISCIPLINAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 2.3 – REVISÃO DO PLANO DIRETOR	
Objetivo	O objetivo deste subprograma é inserir as considerações na próxima revisão do Plano Diretor do Município de Taubaté, integrando-o de maneira coesa e estratégica com o Plano de Macrodrenagem. Essa integração visa garantir o desenvolvimento urbano sustentável e a gestão eficaz dos recursos hídricos.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Realizar uma revisão do Plano Diretor existente, considerando as diretrizes do Plano de Macrodrenagem e as necessidades atuais do município. 2 - Garantir que as diretrizes e objetivos do Plano de Macrodrenagem estejam plenamente incorporados na próxima revisão do Plano Diretor, especialmente em relação à gestão de áreas suscetíveis a inundação e uso do solo. 3 - Definir zonas urbanas e rurais com base em critérios técnicos, considerando a capacidade de absorção de água, áreas de risco e planejamento sustentável. 4 - Planejar a infraestrutura de drenagem urbana de forma integrada com o desenvolvimento urbano, priorizando soluções de drenagem sustentável.

Abrangência	Todas as bacias hidrográficas em estudo, visto que o Plano Diretor tem impacto direto na organização e no desenvolvimento de todas as áreas urbanas e rurais do município.
-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

QUADRO 19 – SUBPROGRAMA 2.3 – REVISÃO DO PLANO DIRETOR
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 2.4 – ÁREAS PERMEÁVEIS EM NOVOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS

Objetivo	O objetivo deste subprograma é fiscalizar a responsabilidade da aplicação da taxa de permeabilidade para os novos empreendimentos imobiliários, reduzindo a necessidade de que os lotes individuais contenham áreas permeáveis. Assim, garantindo que uma parte significativa da área seja mantida como permeável, uma vez que, frequentemente, após a aprovação de novos imóveis, muitos tendem a pavimentar ou impermeabilizar essas áreas. Esta abordagem busca promover a conservação de espaços permeáveis em novos empreendimentos, contribuindo para a mitigação de problemas relacionados ao escoamento das águas pluviais e para a sustentabilidade ambiental do município.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Analisar e revisar a legislação municipal relacionada ao uso do solo, regulamentos de construção e códigos de edificação para incorporar requisitos de permeabilidade em novos empreendimentos. 2 - Estabelecer porcentagens específicas da área total do lote ou empreendimento que devem ser mantidas como áreas permeáveis, considerando as características locais e as necessidades de drenagem. 3 - Integrar diretrizes de planejamento urbano que promovam o uso de pavimentos permeáveis, sistemas de drenagem sustentável e técnicas de paisagismo que facilitem a infiltração da água. 4 - Estabelecer um sistema eficaz de monitoramento e fiscalização para garantir o cumprimento das regulamentações de permeabilidade em novos empreendimentos. 5 - Divulgação e Conscientização: Promover campanhas de conscientização pública sobre a importância das áreas permeáveis e os benefícios ambientais que elas proporcionam.
Abrangência	Todas as Bacias Hidrográficas em Estudo

QUADRO 20 – SUBPROGRAMA 2.4 – ÁREAS PERMEÁVEIS EM NOVOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 2.5 – ATUALIZAÇÃO DAS DIRETRIZES DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA – EIV

Objetivo	Este subprograma visa aprimorar as Diretrizes Gerais para a elaboração de Estudos de Impacto de Vizinhança (EIV), conforme estabelecido pela Lei Complementar nº 412/17. O objetivo principal é incorporar a caracterização e estudos relacionados à macrodrenagem nas proximidades de novos empreendimentos.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 – Revisar e atualizar das diretrizes gerais que orientam a elaboração dos estudos de impacto de vizinhança, de forma a incorporar as informações e procedimentos relacionados à macrodrenagem. 2 - Estabelecer os requisitos e o conteúdo mínimo que deve ser incluído nos Estudos de Impacto de Vizinhança em relação à caracterização e estudos de macrodrenagem.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 21 – SUBPROGRAMA 2.5 - ATUALIZAÇÃO DAS DIRETRIZES DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA – EIV
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 2.6 – ZONEAMENTO DAS ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO

Objetivo	Este subprograma prevê mapear as áreas do município com alto e baixo risco de inundação e a partir disso, criar um zoneamento, associado a regras específicas de uso do solo.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Realizar uma avaliação técnica detalhada para identificar e mapear as áreas de risco de inundação no município. 2 - Estabelecer critérios claros para a classificação das áreas de risco, levando em consideração o grau de exposição ao risco e a probabilidade de inundação. 3 - Criar mapas geoespaciais detalhados que indiquem as áreas de risco de inundação, incluindo informações sobre as zonas de inundação, níveis de inundação e cenários de risco. 4 - Dividir o município em zonas com base no risco de inundação, como "Zona de Risco Alto," "Zona de Risco Moderado" e "Zona de Risco Baixo." 5 - Desenvolver ou atualizar regulamentações municipais que definam as restrições e os requisitos para o uso do solo em cada zona de risco de inundação, incluindo restrições à construção, exigências para elevação de edifícios, entre outros. 6 - Envolver a comunidade e partes interessadas no processo de zoneamento, realizando consultas públicas para obter informações locais relevantes. 7 - Conduzir campanhas de conscientização pública para informar os moradores sobre os riscos de inundação e as medidas de segurança apropriadas. 8 - Desenvolver planos de evacuação claros e eficazes para as áreas de risco de inundação, garantindo que os

	<p>moradores saibam como agir em caso de emergência.</p> <p>9 - Controlar rigorosamente o uso do solo nas áreas de risco, garantindo que qualquer nova construção ou desenvolvimento esteja em conformidade com as regulamentações estabelecidas.</p>
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 22 – SUBPROGRAMA 2.6 – ZONEAMENTO DAS ÁREAS COM RISCO DE INUNDAÇÃO
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.3 Programa 03 – Fiscalização e Monitoramento

O Programa de Fiscalização e Monitoramento visa realizar um controle constante dos recursos hídricos e das áreas associadas a eles no município. Através de diagnósticos detalhados, podem ser identificadas situações críticas, como moradias em locais suscetíveis a inundação e o descarte inadequado de resíduos sólidos nas margens dos corpos d'água.

Em resposta a essas preocupações, foram desenvolvidas uma série de ações, organizadas em subprogramas, conforme detalhado a seguir.

SUBPROGRAMA 3.1 – DESOCUPAÇÃO DE MORADIAS SITUADAS EM ÁREAS DE RISCO	
Justificativa	Este subprograma visa a desocupação de moradias situadas em áreas com risco de inundação e deslizamento, de forma a proteger as pessoas e seus bens.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Realizar uma avaliação técnica detalhada para determinar o grau de risco das áreas afetadas, levando em consideração fatores como inundações, deslizamentos de terra, erosão e outros perigos naturais ou ambientais. 2 - Identificar e registrar todas as moradias que estão em áreas de risco elevado, com base na avaliação de risco. 3 - Desenvolver um plano abrangente de realocação que inclua alternativas de moradia segura, como habitações temporárias, aluguel social ou realocação permanente em áreas seguras. 4 - Oferecer apoio social e psicológico aos moradores afetados, levando em consideração suas necessidades emocionais e sociais durante o processo de desocupação. 5 - Fornecer orientação jurídica aos moradores, garantindo que seus direitos sejam respeitados e que todos os procedimentos legais sejam seguidos. 6 - Oferecer indenização justa ou compensação financeira aos moradores pelas perdas materiais sofridas devido à desocupação. 7 - Desenvolver infraestrutura de moradia alternativa, como conjuntos habitacionais seguros, em colaboração com agências governamentais ou organizações parceiras. 8 - Implementar medidas para mitigar os impactos ambientais causados pela ocupação anterior, como a recuperação de áreas degradadas. 9 - Atualizar ou criar regulamentações municipais que proíbam novas ocupações em áreas de risco e estabeleçam diretrizes claras para a desocupação. 10 - Comunicar amplamente à comunidade sobre os perigos da construção de moradias em áreas de risco.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 23 – SUBPROGRAMA 3.1 – DESOCUPAÇÃO DE MORADIAS SITUADAS EM ÁREAS DE RISCO
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 3.2 – MONITORAMENTO DE VAZÃO DAS CHEIAS E QUALIDADE DAS ÁGUAS	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo estabelecer um sistema de monitoramento contínuo para acompanhar as vazões dos rios e realizar análises periódicas da qualidade da água.

Ações	<p>1 - Instalar estações de monitoramento ao longo dos rios e corpos d'água relevantes para coletar dados de vazão e qualidade da água. Essas estações podem ser equipadas com sensores automáticos para medir parâmetros como níveis de água, temperatura, turbidez, pH e concentração de poluentes.</p> <p>2 - Implementar sistemas de coleta de dados em tempo real para permitir o monitoramento contínuo e o acesso imediato às informações.</p> <p>3 - Realizar amostragens regulares da água em diferentes locais ao longo dos rios, levando em consideração as variações sazonais e eventos climáticos extremos.</p> <p>4 - Intensificar o monitoramento durante períodos de chuvas intensas ou outros eventos climáticos que possam levar a enchentes e aumentar a carga de poluentes nos rios.</p> <p>5 - Processar e analisar os dados coletados para identificar tendências, padrões de vazão e qualidade da água, e comunicar essas informações por meio de relatórios acessíveis ao público.</p> <p>6 - Desenvolver sistemas de alerta precoce para notificar a comunidade e autoridades locais sobre o potencial de cheias e problemas de qualidade da água.</p> <p>7 - Disponibilizar os dados de monitoramento para o público, pesquisadores, agências governamentais e órgãos de proteção ambiental por meio de plataformas online e relatórios públicos.</p> <p>8 - Trabalhar em conjunto com agências estaduais e federais de gestão de recursos hídricos para garantir a conformidade com regulamentações e diretrizes de água.</p> <p>9 - Desenvolver estratégias de gestão sustentável dos recursos hídricos com base nos dados de monitoramento, incluindo medidas de conservação e reabilitação de ecossistemas aquáticos.</p>
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 24 – SUBPROGRAMA 3.2 – MONITORAMENTO DE VAZÃO DAS CHEIAS E QUALIDADE DAS ÁGUAS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 3.3 – FORMALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RESERVA LEGAL	
Objetivo	O objetivo deste subprograma é analisar e formalizar as áreas de reserva legal do município, em total conformidade com as Propostas dos Cadastros Ambientais Rurais (CAR), visando expandir e fortalecer as áreas protegidas e com vegetação nativa.
Ações	<p>1 - Examinar e analisar minuciosamente as propostas de Cadastros Ambientais Rurais apresentadas pelos proprietários de terras rurais no município.</p> <p>2 - Avaliar a conformidade das propostas com as leis e regulamentos ambientais vigentes, garantindo que as áreas de reserva legal estejam de acordo com as exigências legais.</p> <p>3 - Identificar qualquer deficiência ou inadequação nas propostas de CAR e orientar os proprietários sobre as medidas corretivas necessárias.</p> <p>4 - Oferecer assistência técnica aos proprietários para auxiliá-los na elaboração e apresentação de propostas de CAR precisas e em conformidade.</p> <p>5 - Formalizar as áreas de reserva legal após a aprovação das propostas de CAR, emitindo os documentos legais correspondentes.</p> <p>6 - Estabelecer um sistema de monitoramento para verificar o cumprimento contínuo das áreas de reserva legal ao longo do tempo.</p> <p>7 - Promover programas de conscientização ambiental para informar a comunidade local sobre a importância das áreas de reserva legal e os benefícios da sua conservação.</p> <p>8 - Tornar as informações sobre áreas de reserva legal acessíveis ao público, pesquisadores e autoridades ambientais por meio de plataformas online.</p> <p>9 - Desenvolver incentivos financeiros ou fiscais para encorajar a conservação das áreas de reserva legal, reconhecendo e premiando boas práticas ambientais.</p> <p>10 - Implementar medidas rigorosas de fiscalização para garantir o cumprimento das leis ambientais e da legislação relacionada às áreas de reserva legal.</p>
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 25 – SUBPROGRAMA 3.3 – FORMALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RESERVA LEGAL
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.4 Programa 04 – Operação e Manutenção

O Programa de Operação e Manutenção tem como principal finalidade manter o sistema de macrodrenagem em condições de receber, conduzir, armazenar e tratar as águas pluviais a qualquer momento, reduzindo assim os riscos de falha e, conseqüentemente, os riscos de inundação e da poluição hídrica na sua área de influência.

Nesse contexto, foram desenvolvidas ações organizadas em subprogramas, conforme detalhado a seguir.

SUBPROGRAMA 4.1 – INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo fundamental a realização de inspeções regulares das condições das estruturas hidráulicas no município e a subsequente execução de ações de manutenção quando necessário. A finalidade é assegurar que todas as obras hidráulicas funcionem de maneira eficiente e segura.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Estabelecer uma agenda de inspeção regular para todas as estruturas hidráulicas, incluindo canais, galerias pluviais, bueiros e reservatórios de água. 2 - Realizar avaliações abrangentes das condições físicas, estruturais e de funcionamento das obras hidráulicas durante as inspeções. 3 - Identificar quaisquer problemas, desgastes, danos ou obstruções que possam comprometer o desempenho das estruturas hidráulicas. 4 - Implementar medidas de manutenção preventiva, como limpeza de detritos, desobstrução de canais, reparos de erosão e estabilização de margens. 5 - Realizar reparos e restaurações em obras hidráulicas que apresentem danos significativos ou degradação. 6 - Manter registros atualizados de todas as inspeções realizadas, relatórios de condição e ações de manutenção executadas. 7 - Implementar um sistema de monitoramento contínuo para acompanhar as condições das obras hidráulicas ao longo do tempo e identificar problemas emergentes. 8 - Estabelecer procedimentos para lidar com intervenções de emergência em casos de danos severos ou eventos climáticos extremos. 9 - Assegurar que o subprograma tenha acesso aos recursos necessários, incluindo orçamento adequado para execução das ações de manutenção.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 26 – SUBPROGRAMA 4.1 – INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS HIDRÁULICAS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 4.2 – CAPACITAÇÃO DOS TÉCNICOS MUNICIPAIS	
Justificativa	Este subprograma tem como objetivo principal capacitar os técnicos municipais, proporcionando habilidades e conhecimentos necessários para identificar as necessidades de manutenção em estruturas hidráulicas e nas áreas próximas aos rios.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Realizar um levantamento das necessidades de capacitação dos técnicos municipais, identificando as áreas de conhecimento e habilidades que precisam ser aprimoradas. 2 - Desenvolver programas de treinamento específicos para os técnicos, abordando tópicos como inspeção de estruturas hidráulicas, manutenção preventiva, identificação de riscos de inundação e preservação de áreas ribeirinhas. 3 - Oferecer treinamento prático em campo, permitindo que os técnicos apliquem os conhecimentos adquiridos na manutenção e inspeção de estruturas hidráulicas e em áreas próximas aos rios. 4 - Capacitar os técnicos para lidar com emergências relacionadas a enchentes, incluindo procedimentos de evacuação e ações de resposta rápida. 5 - Estabelecer um programa de atualização contínua para manter os técnicos informados sobre as melhores práticas e as últimas tecnologias relacionadas à macrodrenagem. 6 - Incentivar os técnicos a se envolverem com a comunidade local, compartilhando conhecimentos sobre medidas de prevenção de enchentes e segurança hídrica. 7 - Garantir que os técnicos tenham acesso aos recursos necessários para executar suas funções de maneira eficaz, incluindo ferramentas, equipamentos e materiais de treinamento.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas abordadas no município.

QUADRO 27 – SUBPROGRAMA 4.2 – CAPACITAÇÃO DOS TÉCNICOS MUNICIPAIS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 4.3 – GESTÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM	
Objetivo	Promover uma gestão eficaz e sustentável dos serviços de drenagem no município. Isso envolve a criação de estratégias, políticas e incentivos que visam melhorar a infraestrutura de drenagem, reduzir o risco de enchentes, proteger os recursos hídricos e promover o desenvolvimento urbano sustentável.

Ações	<p>1 - Criar um conselho para o fundo de drenagem que reúna representantes de várias secretarias relevantes, como Planejamento Urbano, Meio Ambiente, Obras Públicas, Saneamento, Defesa Civil, entre outras. Esse conselho pode ser responsável por coordenar e integrar esforços relacionados à drenagem.</p> <p>2 - Estabelecer protocolos de comunicação eficazes entre as secretarias para garantir que informações críticas sejam compartilhadas prontamente durante eventos climáticos extremos ou emergências.</p> <p>3 - Oferecer treinamento e capacitação regular para os funcionários das diferentes secretarias envolvidas na gestão de drenagem, garantindo que eles compreendam as melhores práticas e diretrizes.</p> <p>4 - Integrar sistemas de informações geográficas (SIG) e outros sistemas de monitoramento para facilitar o compartilhamento de dados relevantes entre as secretarias.</p> <p>5 - Criar equipes de gerenciamento de projetos conjuntas que reúnam especialistas de diferentes secretarias para coordenar esforços na implementação de projetos de drenagem.</p> <p>6 - Garantir que as regulamentações municipais relacionadas à drenagem estejam atualizadas e alinhadas com as melhores práticas e normas ambientais.</p>
Abrangência	Secretarias da Prefeitura Municipal de Taubaté.

QUADRO 28 – SUBPROGRAMA 4.3 – GESTÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 4.4 – MANUTENÇÃO E LIMPEZA DOS CURSOS D'ÁGUA	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo a inspeção, manutenção e revitalização dos rios e córregos do município. A preservação e o aprimoramento dos corpos d'água locais são cruciais para garantir a qualidade de vida da população e a saúde dos ecossistemas aquáticos.
Ações	<p>1 - Implementar um programa de limpeza regular dos cursos d'água, que inclui a remoção de lixo, detritos, vegetação invasora e outros resíduos das margens e leitos dos rios e córregos.</p> <p>2 - Realizar o desassoreamento dos cursos d'água, o que envolve a remoção do acúmulo de sedimentos, areia e lodo do leito dos rios e córregos. Isso ajuda a manter a capacidade de escoamento e reduz o risco de enchentes.</p> <p>3 - Inspeccionar e manter regularmente barragens, diques e outras estruturas de contenção para garantir que estejam em boas condições e evitem vazamentos ou rupturas.</p> <p>4 - Promover a conscientização da comunidade sobre a importância de não jogar lixo nos cursos d'água e adotar práticas sustentáveis para proteger esses recursos naturais.</p> <p>5 - Realizar a regularização fundiária nas áreas ribeirinhas para evitar ocupações irregulares que possam obstruir os cursos d'água e prejudicar a drenagem.</p> <p>6 - Reforçar a fiscalização e fazer cumprir as normas que proíbem despejos ilegais de resíduos sólidos e produtos químicos nos cursos d'água.</p> <p>7 - Realizar a alocação de recursos financeiros para a aquisição de equipamentos de limpeza, maquinário para desassoreamento e contratação de pessoal qualificado.</p>
Locais	Todas as bacias hidrográficas em estudos

QUADRO 29 – SUBPROGRAMA 4.4 – MANUTENÇÃO E LIMPEZA DOS CURSOS D'ÁGUA
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 4.5 – REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
Objetivo	O principal objetivo deste subprograma é promover a gestão sustentável das águas pluviais por meio da realização de estudos técnicos para a criação de sistemas eficazes de captação, limpeza e reutilização das águas da chuva. Isso visa reduzir a demanda por recursos hídricos convencionais e minimizar os impactos ambientais associados ao escoamento pluvial.
Ações	<p>1 - Realizar estudos técnicos para avaliar a viabilidade da implementação de sistemas de reutilização de águas pluviais em áreas estratégicas do município.</p> <p>2 - Desenvolver projetos detalhados para a instalação de sistemas de captação de água da chuva em edifícios públicos, escolas, parques e outras instalações municipais.</p> <p>3 - Implementar tecnologias de limpeza e tratamento da água da chuva para garantir que ela atenda aos padrões de qualidade necessários para reutilização.</p> <p>4 - Realizar campanhas de educação ambiental para conscientizar a comunidade sobre a importância da reutilização de águas pluviais e como fazê-lo de maneira segura.</p> <p>5 - Explorar a possibilidade de oferecer incentivos fiscais para edifícios residenciais e comerciais que adotem sistemas de reutilização de águas pluviais.</p>
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas em estudo.

QUADRO 30 – SUBPROGRAMA 4.5 – REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.5 Programa 05 – Contingência e Emergência

O diagnóstico realizado identificou inúmeras reclamações da população de Taubaté, que enfrenta frequentes eventos climáticos adversos, resultando em perdas significativas de bens materiais e até mesmo na impossibilidade de deslocamento seguro.

Desse modo, esse programa visa a prevenção e proteção da população de Taubaté, especialmente em cenários de inundação, alagamentos e deslizamentos. O foco é mitigar os impactos desses eventos, assegurando vidas e propriedades.

As ações desse programa são estruturadas em subprogramas, conforme apresentado a seguir.

SUBPROGRAMA 5.1 – PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA ESTADOS CRÍTICOS DE CHUVA EXCESSIVA NA BACIA	
Objetivo	Este subprograma tem como objetivo principal a elaboração de planos de contingência destinados a estabelecer ações e medidas de proteção que devem ser adotadas pela população diante de eventos críticos de chuvas excessivas.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Mapear áreas vulneráveis a inundações e alagamentos devido às chuvas excessivas. 2 - Desenvolver planos de contingência detalhados que incluam procedimentos de evacuação, pontos de refúgio, comunicação de emergência e recursos necessários para a assistência à população afetada. 3 - Estabelecer um sistema de comunicação eficaz para alertar a população sobre a iminência de chuvas excessivas e fornecer instruções claras. 4 - Realizar treinamentos regulares com a comunidade para garantir que todos saibam como agir em caso de chuvas intensas.
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas em estudo

QUADRO 31 – SUBPROGRAMA 5.1 – PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA ESTADOS CRÍTICOS DE CHUVA EXCESSIVA NA BACIA
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 5.2 – SISTEMA DE ALERTA	
Objetivo	Este subprograma tem como principal objetivo a implementação de um Sistema de Comunicação de Alertas de Riscos ou Emergências no município de Taubaté. Esse sistema incluirá o envio de mensagens por meio de SMS, WhatsApp e outros mecanismos de comunicação para que a população exposta a ameaças naturais tenha tempo suficiente para tomar ações preventivas e de resposta diante de situações de risco.
Ações	<ol style="list-style-type: none"> 1 - Estabelecer um sistema de alerta capaz de monitorar condições climáticas e hidrológicas e emitir alertas em tempo real para a população. 2 - Criar mensagens de alerta claras e informativas que indiquem o tipo de ameaça, a localização afetada e as ações recomendadas para a população. 3 - Utilizar uma variedade de canais de comunicação, como SMS, WhatsApp, aplicativos móveis e redes sociais, para garantir que os alertas alcancem o maior número possível de residentes. 4 - Realizar campanhas de conscientização para educar a comunidade sobre como se inscrever no sistema de alerta e como responder adequadamente aos alertas. 5 - Integrar o sistema de alerta com órgãos de resposta a emergências, como a defesa civil, para coordenar ações em caso de desastre. 6 - Manter o sistema de alerta atualizado com informações meteorológicas e hidrológicas em tempo real..
Abrangência	Todas as bacias hidrográficas em estudo.

QUADRO 32 – SUBPROGRAMA 5.2 – SISTEMA DE ALERTA
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.6 Programa 06 – Educação Ambiental

O Programa de Educação Ambiental tem como objetivo estreitar a relação entre os cidadãos e a conservação da natureza. Por meio da conscientização individual e coletiva, busca-se promover uma maior compreensão das questões ambientais e o engajamento ativo da comunidade na proteção do meio ambiente.

Desse modo, as ações desse programa são estruturadas em subprogramas, conforme apresentado a seguir.

SUBPROGRAMA 6.1 – EDUCAÇÃO NAS ESCOLAS	
Objetivo	Esse subprograma tem como principal objetivo sensibilizar e educar as gerações futuras sobre a importância da conservação dos rios.
Ações	1 - Realizar atividades interativas, como simulações de ecossistemas aquáticos, análise da qualidade da água e experimentos práticos que envolvam os alunos na aprendizagem sobre os rios. 2 - Promover palestras e workshops nas escolas, trazendo especialistas em recursos hídricos para compartilhar conhecimento e despertar o interesse dos alunos. 3 - Organizar visitas a rios, córregos ou áreas de conservação hídrica próximas às escolas, proporcionando aos alunos experiências diretas com os ambientes aquáticos. 4 - Envolver os alunos em projetos de monitoramento da qualidade da água e saúde dos rios, incentivando a participação ativa na proteção desses recursos. 5 - Promover concursos de arte, redação e projetos relacionados à conservação dos rios para estimular a criatividade e o comprometimento dos estudantes. 6 - Colaborar com educadores e professores na elaboração de materiais educacionais e estratégias de ensino eficazes.
Abrangência	Todas as escolas do município de Taubaté, envolvendo tanto instituições de ensino público quanto privado.

QUADRO 33 – SUBPROGRAMA 6.1 – EDUCAÇÃO NAS ESCOLAS

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 6.2 – CAMPANHAS DE CONSCIENTIZAÇÃO	
Objetivo	Esse subprograma tem como objetivo principal envolver a comunidade na proteção e conservação da macrodrenagem do município de Taubaté.
Ações	1 - Lançar campanhas de conscientização em diversos meios de comunicação, como televisão, rádio, jornais locais e redes sociais, com mensagens educativas sobre a macrodrenagem. 2 - Realizar eventos comunitários, como feiras ambientais, palestras públicas e workshops, para engajar a população e promover discussões sobre macrodrenagem. 3 - Desenvolver materiais educativos, como panfletos, cartilhas e vídeos informativos, para distribuição no município. 4 - Colaborar com empresas locais para promover a conscientização ambiental em seus locais de trabalho e entre seus funcionários. 5 - Organizar campanhas de limpeza de rios e córregos, convidando voluntários da comunidade a participar e testemunhar os efeitos diretos da poluição.
Abrangência	Todo o município de Taubaté.

QUADRO 34 – SUBPROGRAMA 6.2 – CAMPANHAS DE CONSCIENTIZAÇÃO

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 6.3 – APRESENTAÇÃO DO PLANO DE MACRODRENAGEM	
Objetivo	Este subprograma visa apresentar o Plano Diretor de Macrodrenagem às autoridades municipais, à Coordenadoria da Defesa Civil, a todas as Secretarias, órgãos e entidades relacionadas ao tema, com o intuito de fornecer esclarecimentos estratégicos sobre os desafios e soluções da macrodrenagem urbana.
Ações	1 - Realizar workshops e seminários dedicados à apresentação do Plano de Macrodrenagem, convidando a população, figuras públicas, autoridades municipais e especialistas em recursos hídricos. 2 - Organizar reuniões técnicas com representantes de todas as Secretarias, órgãos governamentais e entidades envolvidas na macrodrenagem para discutir e esclarecer aspectos do plano. 3 - Realizar visitas de campo para que as partes interessadas possam observar diretamente os locais afetados pela macrodrenagem e entender os desafios. 4 - Disseminar informações sobre o Plano de Macrodrenagem por meio de comunicados à imprensa e entrevistas para garantir que a comunidade em geral também esteja ciente dos esforços de planejamento.
Abrangência	Áreas mais centrais e de fácil acesso, garantindo a participação de todas as partes interessadas.

QUADRO 35 – SUBPROGRAMA 6.3 – APRESENTAÇÃO DO PLANO DE MACRODRENAGEM

FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.7 Programa 07 – Gestão de Resíduos Sólidos

O diagnóstico identificou a presença significativa de lixo tanto nas margens dos corpos d'água quanto nas ruas da cidade, além da falta de lixeiras públicas. Desse modo, o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos tem como objetivo reduzir a quantidade de resíduos nos corpos d'água e suas margens, minimizando os riscos de extravasamento durante eventos de chuvas intensas.

As ações desse programa são estruturadas em subprogramas, conforme apresentado a seguir.

SUBPROGRAMA 7.1 – CONSCIENTIZAÇÃO E AUMENTO DE INFRAESTRUTURA PARA DESCARTE DE RESÍDUOS	
Objetivo	Este subprograma busca aumentar o número de placas informativas sobre o descarte adequado de resíduos e a expansão da rede de lixeiras públicas. A meta é reduzir o despejo irregular de resíduos por meio da conscientização da população.
Ações	1 - Colocar placas informativas em locais estratégicos para orientar os cidadãos sobre os locais corretos de descarte de resíduos. 2 - Aumentar o número de lixeiras públicas em áreas de grande circulação, como parques, praças e locais próximos a corpos d'água. 3 - Realizar campanhas educativas para sensibilizar a comunidade sobre a importância do descarte adequado de resíduos sólidos.
Abrangência	Todo o território municipal, com foco nas áreas de maior circulação da população.

QUADRO 36 – SUBPROGRAMA 7.1 – CONSCIENTIZAÇÃO E AUMENTO DE INFRAESTRUTURA PARA DESCARTE DE RESÍDUOS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 7.2 – NOTIFICAÇÃO E MULTA PARA O DESPEJO IRREGULAR DE RESÍDUOS	
Objetivo	Este subprograma visa implementar um sistema de notificação e multas para aqueles que realizarem o despejo irregular de resíduos, criando um incentivo para que os cidadãos não cometam essa prática.
Ações	1 - Estabelecer um sistema de notificação para identificar e responsabilizar aqueles que fazem o despejo irregular de resíduos. 2 - Multar os infratores de acordo com a legislação municipal, com o objetivo de dissuadir essa prática prejudicial. 3 - Realizar campanhas de conscientização para informar a população sobre as penalizações do despejo irregular de resíduos.
Abrangência	Todo o território municipal.

QUADRO 37 – SUBPROGRAMA 7.2 – NOTIFICAÇÃO E MULTA PARA O DESPEJO IRREGULAR DE RESÍDUOS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

SUBPROGRAMA 7.3 – ESTRUTURAS AUXILIARES DE CONTENÇÃO DE RESÍDUOS	
Objetivo	Este subprograma visa à implantação de estruturas auxiliares, como filtros em bocas de lobo, para conter e evitar que os resíduos sólidos atinjam os cursos d'água
Ações	1 - Realizar estudos técnicos para identificar locais críticos onde a presença de lixo é significativa. 2 - Implantar estruturas auxiliares, como filtros em bocas de lobo, para reter resíduos sólidos.
Abrangência	Inicialmente nas áreas onde for identificada uma maior quantidade de lixo, expandindo-se gradualmente para todas as proximidades de corpos hídricos dentro dos limites municipais.

QUADRO 38 – SUBPROGRAMA 7.3 – ESTRUTURAS AUXILIARES DE CONTENÇÃO DE RESÍDUOS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

6.8 Hierarquização das Ações

A definição de uma ordem de prioridade pressupõe maximizar benefícios e garantir que as áreas com maior urgência de intervenções sejam atendidas.

Algumas premissas foram levantadas para o enquadramento dos programas nesta ordem de prioridade, quais sejam: (i) equacionar problemas relacionados a macrodrenagem; (ii) impactar positivamente outras

áreas que tenham interface com a macrodrenagem; (iii) tiver por objetivo fortalecer iniciativas já conduzidas no Município; (iv) contribuir para a redução do nível de desigualdade social do Município; (v) beneficiar o maior número de pessoas; e (vi) resultar no aumento da eficiência ou eficácia de um serviço.

A definição de uma ordem de prioridade pressupõe maximizar benefícios e garantir que as áreas com maior urgência de intervenções sejam atendidas no contexto da macrodrenagem. Para estabelecer essa ordem de prioridade, algumas premissas fundamentais foram consideradas., tendo como objetivo orientar a alocação de recursos e esforços de forma eficiente e estratégica:

- **Equacionar problemas de macrodrenagem:** os programas devem estar diretamente relacionados à resolução de questões relacionadas à macrodrenagem do município.
- **Impacto positivo em outras áreas:** além de abordar a macrodrenagem, os programas devem ter o potencial de impactar positivamente outras áreas que possuam interfaces com o sistema de macrodrenagem.
- **Fortalecer iniciativas locais:** priorizar programas que fortaleçam iniciativas já em andamento no município, especialmente aquelas lideradas pela administração municipal.
- **Contribuir para a redução da desigualdade social:** programas que buscam reduzir desigualdades sociais no município são considerados prioritários.
- **Benefício para um maior número de pessoas:** valorizar programas que beneficiem o maior número de residentes do município.
- **Aumento da eficiência ou eficácia de um serviço:** reconhecer programas que resultem no aumento da eficiência ou eficácia dos serviços existentes, levando em consideração o custo de implementação e o prazo para conclusão.

Para cada um dos critérios foram dadas notas de 0 (baixo), 1 (médio) e 2 (alto), crescentes em nível de contribuição do programa para atendimento do critério, refletindo o seu peso na agenda pública.

A hierarquia (ordem de prioridade) dos programas é resultado da soma das notas obtidas em cada um dos critérios. Logo, aqueles programas que apresentarem maior valor na coluna Somatório (Σ) serão aqueles tidos como mais importantes e, portanto, prioritários. O resultado é apresentado no Quadro a seguir.

Programas	Subprogramas	Critérios						
		A	B	C	D	E	F	Somatória
01 - Proteção e Recuperação Ambiental	1.1 – Recuperação da vegetação ciliar ao longo dos cursos d'água	1	2	0	0	0	0	3
	1.2 - Criação de corredores ecológicos	1	2	0	0	0	0	3
	1.3 – Estudo para criação da UC do Bugio	1	2	0	0	0	0	3
02 – Legislações e Normativas	2.1 – Proposição e reformulação de legislações	2	1	1	0	0	1	5
	2.2 – Disciplinamento do uso e ocupação do solo	2	1	1	0	0	1	5
	2.3 – Revisão do Pano Diretor	2	2	2	2	0	0	8
	2.4 – Áreas permeáveis em novos empreendimentos imobiliários	2	0	1	0	0	2	5
	2.5 - Atualização das diretrizes do estudo de impacto de vizinhança – EIV	1	1	1	0	0	0	3
	2.6 –Zoneamento das áreas com risco de inundação	2	2	2	0	0	1	7
03 - Fiscalização e Monitoramento	3.1 – Desocupação de moradias situadas em áreas de risco	2	2	1	2	0	0	7
	3.2 – Monitoramento de vazão das cheias e qualidade das águas	1	2	0	0	1	2	6
	3.3 – Formalização das áreas de reserva legal	1	2	0	0	0	2	5
04 - Operação e Manutenção	4.1 – Inspeção e manutenção das estruturas hidráulicas	2	2	2	0	2	2	10
	4.2 – Capacitação dos técnicos municipais	1	1	1	0	0	0	3
	4.3 – Gestão dos serviços de drenagem	2	0	2	0	0	2	6
	4.4 – Manutenção e limpeza dos cursos d'água	2	2	2	2	0	2	10
	4.5 – Reutilização de águas pluviais	1	2	0	0	1	0	4
05 - Contingência e Emergência	5.1 – Planos de contingência para estados críticos de chuva excessiva na bacia	0	0	2	2	2	0	6
	5.2 – Sistema de alerta	0	0	1	2	2	2	7
06 - Educação Ambiental	6.1 – Educação nas escolas	1	0	2	0	2	2	7
	6.2 – Campanhas de conscientização	1	0	2	0	2	2	7
	6.3 – Apresentação do Plano de Macrodrenagem	2	0	2	0	2	2	8
07 – Gestão de Resíduos Sólidos	7.1 – Conscientização e aumento de infraestrutura para descarte de resíduos	1	2	2	0	1	2	8
	7.2 – Notificação e multa para o despejo irregular de resíduos	0	2	2	0	0	2	6
	7.3 – Estruturas auxiliares de contenção de resíduos	2	2	2	0	1	2	9

QUADRO 39 – HIERARQUIZAÇÃO DOS SUBPROGRAMAS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

Na Figura a seguir é apresentado o ranking de prioridade, com os programas em ordem decrescente de pontuação.

Subprogramas	Ordem de Prioridade
4.1 – Inspeção e manutenção das estruturas hidráulicas	10
4.4 – Manutenção e limpeza dos cursos d'água	10
7.3 – Estruturas auxiliares de contenção de resíduos	9
2.3 – Revisão do Pano Diretor	8
6.3 – Apresentação do Plano de Macrodrenagem	8
7.1 – Conscientização e aumento de infraestrutura para descarte de resíduos	8
2.6 – Zoneamento das áreas com risco de inundação	7
3.1 – Desocupação de moradias situadas em áreas de risco	7
5.2 – Sistema de alerta	7
6.1 – Educação nas escolas	7
6.2 – Campanhas de conscientização	7
3.2 – Monitoramento de vazão das cheias e qualidade das águas	6
4.3 – Gestão dos serviços de drenagem	6
5.1 – Planos de contingência para estados críticos de chuva excessiva na bacia	6
7.2 – Notificação e multa para o despejo irregular de resíduos	6
2.1 – Proposição e reformulação de legislações	5
2.2 – Disciplinamento do uso e ocupação do solo	5
2.4 – Áreas permeáveis em novos empreendimentos imobiliários	5
3.3 – Formalização das áreas de reserva legal	5
4.5 – Reutilização de águas pluviais	4
1.1 – Recuperação da vegetação ciliar ao longo dos cursos d'água	3
1.2 - Criação de corredores ecológicos	3
1.3 – Estudo para criação da UC do Bugio	3
2.5 - Atualização das diretrizes do estudo de impacto de vizinhança – EIV	3
4.2 – Capacitação dos técnicos municipais	3

QUADRO 40 – ORDEM DE PRIORIDADE DOS SUBPROGRAMAS
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

7. MANUAL DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE MICRODRENAGEM

A gestão eficaz das águas pluviais nas áreas urbanas é fundamental para garantir o pleno funcionamento do sistema de drenagem urbano. Para isso, é necessário que os dispositivos de captação e direcionamento das águas pluviais sejam suficientes e estejam em bom estado de conservação. Assim como o sistema de macrodrenagem precisa estar adequado para suportar os volumes pluviais necessários, o sistema de microdrenagem precisa ser capaz de captar e direcionar a água pluvial até os canais principais de maneira eficiente. Dessa forma, este manual visa fornecer orientações para a manutenção e implantação do sistema de microdrenagem urbana, de modo a integrar os sistemas de micro e macrodrenagem do município.

7.1 Manual de Implantação de Microdrenagem

Para garantir a eficácia e a durabilidade do sistema de microdrenagem, é essencial adotar medidas adequadas durante todas as etapas de sua instalação. Neste manual, serão apresentadas orientações para a implantação desse sistema, abrangendo desde o planejamento inicial até a conclusão da instalação, visando garantir o pleno funcionamento e a integração com a infraestrutura de drenagem urbana do município.

7.1.1 Planejamento

Antes de iniciar a implantação é necessário realizar um planejamento detalhado, considerando as características do terreno, a capacidade de drenagem recomendada e a localização das estruturas. Este planejamento deve incluir uma análise das condições topográficas e geológicas da área, levando em conta fatores como declividade, tipo de solo, presença de lençóis freáticos e padrões de precipitação pluvial. Além disso, é necessário realizar estudos hidrológicos e hidráulicos para determinar a capacidade de escoamento da bacia e a estrutura a ser utilizada. Normalmente, o cálculo da capacidade necessária para as estruturas de microdrenagem consideram chuvas com períodos de retorno da ordem de 10 anos, em média.

A boca de lobo constitui o principal dispositivo de captação das águas pluviais, evitando que elas se acumulem nas vias e causem transtornos ao tráfego de veículos e pedestres. Após a captação pelas bocas de lobo, a água é direcionada para as galerias que as conduzem até o sistema de macrodrenagem. Existem quatro tipos de bocas de lobo que devem ser consideradas durante o planejamento da implantação das estruturas de microdrenagem:

- Boca de lobo simples;
- Boca de lobo com grelha;
- Boca de lobo combinada;
- Boca de lobo múltipla.

As bocas de lobo podem ser utilizadas com ou sem depressão, no meio da sarjeta ou em seus pontos baixos, conforme ilustrado pela figura a seguir.

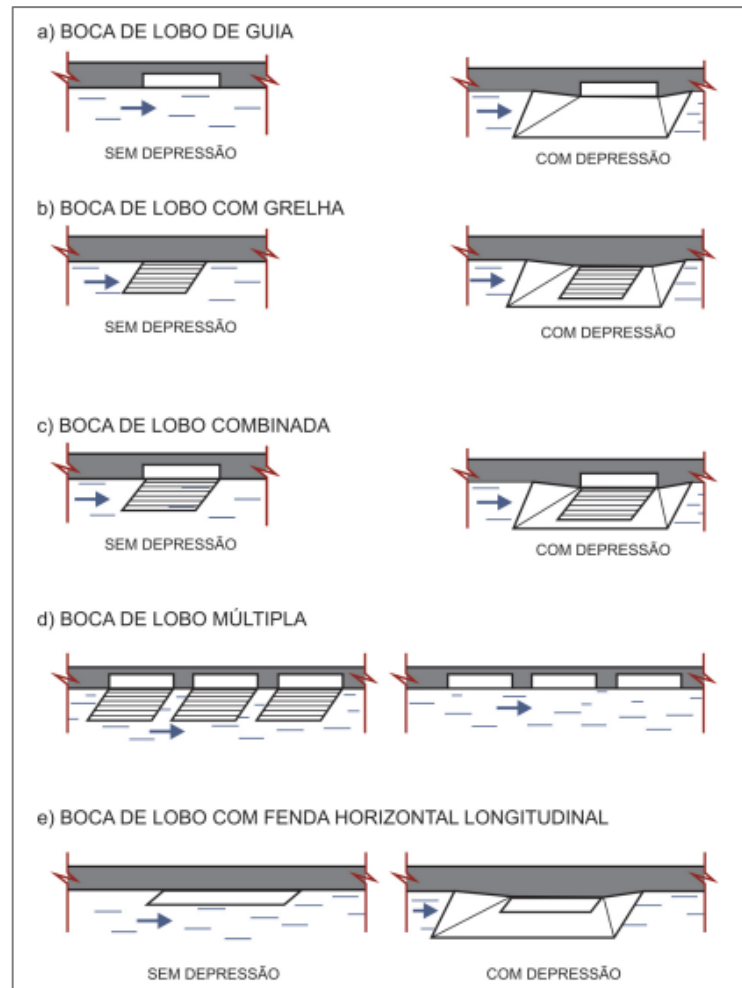


FIGURA 16 – TIPOS DE BOCA DE LOBO

FONTE: SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, SÃO PAULO, 2012.

Ao elaborar o projeto para a implantação das bocas de lobo, deve-se considerar a redução de esgotamento desses dispositivos, uma vez que, as obstruções causadas por detritos ou irregularidades no pavimento diminuem a capacidade de esgotamento calculado para a estrutura. Portanto, recomenda-se utilizar um fator de redução para garantir a eficiência da atuação das bocas de lobo na drenagem urbana. O quadro abaixo propõe alguns coeficientes para estimar essa redução.

Localização na sarjeta	Tipo de boca de lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com barras transversais combinadas	60

QUADRO 41 – FATOR DE REDUÇÃO DO ESCOAMENTO PARA BOCAS DE LOBO

FONTE: DAEE/CETESB, 1980.

7.1.2 Escavação e Preparação do Terreno

Após o planejamento, é necessário preparar o local para a implantação da rede. Realiza-se a escavação do terreno de acordo com as especificações do projeto, garantindo a inclinação adequada para o escoamento da água pluvial, além de remover obstruções, como raízes, entulhos ou outros materiais que possam interferir no funcionamento do sistema.

7.1.3 Instalação das Estruturas de Microdrenagem

A instalação das bocas de lobo, caixas e galerias devem ser feitas de acordo com as especificações do projeto, garantindo uma conexão adequada entre os componentes. Além disso, deve ser realizada uma verificação da integridade e do alinhamento das estruturas durante o processo de instalação. Antes de iniciar o projeto, é fundamental determinar os seguintes elementos:

- Planta de localização e situação;
- Delimitação da bacia hidrográfica contribuinte;
- Planta planialtimétrica;
- Levantamento topográfico;
- Cadastro das redes pluviais já existentes;
- Cota do nível d'água a montante;
- Cota do nível d'água a jusante;
- Vazão de projeto;
- Cotas do fundo da boca de lobo;
- Ocupação da área, porcentagem de ocupação dos lotes;
- Ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas pertencentes à bacia.

A elaboração do traçado preliminar deve ser realizada levando em consideração os dados topográficos disponíveis e o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. Esse processo deve ser feito de acordo com o planejamento urbanístico das ruas e quadras. Após a instalação, é importante realizar testes para verificar possíveis vazamentos.

A instalação da rede coletora pode ser feita sob a guia ou sob o eixo da via pública. O recobrimento deve ter no mínimo um metro de espessura sobre a geratriz superior do tubo. As bocas de lobo devem ser locadas considerando as seguintes aplicações:

- Serão locadas em ambos os lados da rua quando a capacidade das estruturas não for suficiente para atender à vazão necessária;
- Devem ser colocadas nos pontos baixos das quadras;
- Recomenda-se adotar um espaçamento médio de 60 metros entre elas;
- Quando próximas a cruzamentos, a instalação deve ser feita a montante das faixas utilizadas por pedestres, junto às esquinas.

O poço de visita, por sua vez, possibilita o acesso, limpeza e inspeção às canalizações. Sua locação deve ser feita nos pontos de mudança de direção, cruzamento de ruas, mudanças de declividade ou diâmetro da rede. De acordo com o DAEE/CETESB, o espaçamento entre os poços de visita pode variar entre 50, 80 e

100 metros de acordo com o diâmetro do conduto, sendo eles 0,30 m, 0,50-0,90 m e 1,00 ou mais, respectivamente.

7.1.4 Compactação do Solo

Após a conclusão da instalação, realiza-se a compactação do solo ao redor das estruturas de microdrenagem para garantir a estabilidade e durabilidade do sistema. Este processo é conduzido utilizando equipamentos adequados e seguindo as especificações do projeto, garantindo que o solo ao redor das estruturas esteja devidamente compactado e uniforme. Além disso, é importante verificar se todas as estruturas foram instaladas corretamente e se não há indícios de danos durante o processo de compactação.

7.2 Manual de Manutenção de Microdrenagem

A manutenção regular das galerias e bocas de lobo é fundamental para garantir o bom funcionamento do sistema de drenagem urbano e prevenir problemas como inundações e alagamentos. Nesta seção, serão apresentadas orientações para a manutenção dos sistemas de microdrenagem urbana, abrangendo medidas como limpeza, desobstrução, reparo e conservação das estruturas, incluindo bocas de lobo, caixas e tubulações.

7.2.1 Inspeção Regular

Devem ser realizadas inspeções periódicas do sistema de microdrenagem para identificar quaisquer obstruções, danos ou sinais de deterioração, além de verificar a ocorrência de acúmulo de detritos, sedimentos ou vegetação. Embora a inspeção seja periódica, recomenda-se intensificar os trabalhos nos períodos com menor precipitação, garantindo boa condição da rede quando as chuvas se tornarem mais frequentes e intensas.

7.2.2 Limpeza

Ao verificar a presença de detritos, folhas, galhos e outros materiais que possam obstruir as bocas de lobo ou tubulações, a limpeza dessas estruturas deverá ser realizada o mais prontamente possível para que não haja perda da capacidade de escoamento da rede. Deverão ser utilizados equipamentos adequados, como vassouras, pás e mangueiras de água, para limpar as áreas afetadas. Também se recomenda a utilização de dispositivos que mitiguem o acúmulo de resíduos na rede, como por exemplo, a utilização de grelhas nas entradas das bocas de lobo em vias mais movimentadas, onde trânsito de pessoas e o descarte inapropriado de lixo é maior, resultando em maiores chances de haver acúmulo de resíduos e consequente obstrução da rede de drenagem. Em locais menos urbanizados é preciso atentar-se ao acúmulo de material natural como folhas, galhos e sedimentos.

7.2.3 Desobstrução

Em caso de obstrução, deve-se utilizar equipamentos de desobstrução, como hidrojateamento ou máquinas desentupidoras, para realizar a liberação das estruturas de drenagem. Além disso, deve-se evitar o uso de objetos pontiagudos ou ferramentas que possam danificar o sistema durante o processo de desobstrução.

7.2.4 Reparos

Ao serem identificados danos estruturais durante as inspeções, como rachaduras, vazamentos ou afundamentos, deverão ser realizados os reparos necessários para evitar o agravamento do dano e possíveis inundações e alagamentos decorrentes deste problema. A negligência pode agravar a situação tornando-a mais grave e dispendiosa futuramente.

7.2.5 Construção de Rampas

Ao construir rampas próximas às guias, os munícipes devem se certificar de que o fluxo de água não foi obstruído, principalmente quando ocupam toda a sarjeta. Além disso, é necessário manter uma distância segura entre a rampa e as bocas de lobo para permitir o escoamento adequado da água pluvial e evitar o acúmulo de água e possíveis danos ao sistema de drenagem.

7.2.6 Manutenção das Bocas de Lobo

A manutenção preventiva das bocas de lobo é fundamental para o bom funcionamento da microdrenagem, visto que ela constitui o principal dispositivo de entrada da água pluvial do sistema de drenagem urbano. As bocas de lobo são constantemente danificadas por obras próximas ou pelo trânsito de veículos, resultando em tampas quebradas, obstrução parcial ou total da estrutura, entre outros. Ao comprometer o funcionamento da boca de lobo, todo o sistema de drenagem também é prejudicado, sendo essencial a atuação da população, relatando os problemas observados à entidade responsável. Assim, é possível gerir e solucionar os problemas relacionados à microdrenagem de modo mais rápido e eficiente, seja para troca de tampas quebradas, danificadas, manutenção ou desobstrução das estruturas.

Por outro lado, a disposição inadequada dos resíduos faz com que estes venham ser carreados para as bocas de lobo durante as chuvas e acabem dificultando ou obstruindo a passagem d'água pela estrutura. É necessário haver um gestão conjunta entre o poder público e os moradores, bem como a conscientização da população, para que o manejo inadequado dos resíduos sólidos não dificulte manutenção das redes de drenagem e conseqüentemente seu funcionamento.

8. MANUAL DE LIMPEZA PÚBLICA

A limpeza da cidade é um serviço básico, de responsabilidade da Prefeitura Municipal ou de empresa contratada. A limpeza proporciona a manutenção da cidade, saúde pública e influencia indiretamente a funcionalidade do sistema de drenagem urbana. De forma geral, a limpeza e desobstrução de bueiros e bocas de lobo devem ser constantes, com atenção especial para períodos chuvosos, nos quais a quantidade de resíduos direcionados para o sistema de drenagem é maior.

Os serviços de limpeza urbana englobam diversas ações tais como:

- Varrição de ruas: consiste em varrer ruas, calçadas, meio-fio e canteiros centrais;
- Capinação: retirada de vegetação pela raiz em calçadas e vias públicas;
- Roçada: consiste na poda e manutenção de jardins, arbustos e pequenas árvores;
- Desobstrução de boca-de-lobo;
- Raspagem de sarjetas: consiste na limpeza de bueiros;
- Limpeza de feiras: consiste na limpeza de ruas e calçadas fechadas para feiras livres;
- Coleta de resíduos: coleta e destinação correta de resíduos gerados em residências, comércios e indústrias;
- Pintura de guias e sarjetas;
- Remoção de entulhos: remoção de resíduos de constituição variada, que não são removidos pela coleta regular.

A frequência mínima com que cada serviço de limpeza deve ser executado é descrito no Quadro abaixo. Ressalta-se que, a frequência pode ser alterada de acordo com a necessidade de cada local.

Serviço	Frequência do serviço
Varrição de ruas	Diariamente
Capinação	Mensalmente (nos meses de outubro a março a frequência deve ser dobrada)
Roçada	Mensalmente (nos meses de outubro a março a frequência deve ser dobrada)
Desobstrução de boca-de-lobo	Mensalmente
Raspagem de sarjetas	Mensalmente
Limpeza de feiras	Nos dias das feiras
Coleta de resíduos comuns (RSU)	Diariamente
Coleta de resíduos recicláveis	3 vezes na semana
Pintura de guias e sarjetas	3 vezes ao ano
Remoção de entulhos	Mensalmente, informando a população da coleta previamente, ou quando houver reclamações dos moradores

QUADRO 42 – FREQUÊNCIA DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA
 FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

8.1 Coleta e Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

As características dos resíduos sólidos urbanos dependem dos fatores climáticos, demográficos, socioeconômicos e de épocas especiais. O Quadro abaixo apresenta algumas tendências do resíduos conforme alterações nos fatores.

Fatores	Influência
1. Climáticos	
Chuva	Aumento do teor de umidade (aumento de até 20% do peso original do lixo)
Outono	Aumento do teor de resíduos naturais como folhas
Primavera	Aumento do teor de resíduos naturais como flores
Verão	Aumento do teor de embalagens de bebidas
2. Datas Especiais	
Carnaval	Aumento do teor de embalagens de bebida
Natal e Páscoa	Aumento do teor de embalagens de presente Aumento do teor de embalagens de comida Aumento de matéria orgânica
Ano Novo	Aumento do teor de embalagens de bebidas
Dia dos Pais / Dia das Mães	Aumento do teor de embalagens de presente
Férias Escolares	Aumento populacional em locais turísticos Movimento menor em áreas não turísticas
3. Demográficos	
População urbana	Quanto maior a população urbana, maior a geração de resíduos <i>per capita</i>
4. Socioeconômico	
Nível Educacional	Quanto maior o nível educacional, menor a incidência de matéria orgânica
Poder Aquisitivo	Quanto maior o poder aquisitivo, maior a incidência de materiais recicláveis e menor a incidência de matéria orgânica
Desenvolvimento Tecnológico	Introdução de materiais cada vez mais leves, reduzindo o valor do peso específico aparente dos resíduos
Promoções de Lojas Comerciais	Aumento de embalagens
Campanhas Ambientais	Redução de materiais não-biodegradáveis (plásticos) e aumento de materiais recicláveis e/ou biodegradáveis (papéis, metais e vidros)

QUADRO 43 – INFLUÊNCIAS DO RSU
 FONTE: TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE GOIÁS, 2017

O quadro abaixo apresenta a quantidade anual, em toneladas, de resíduos domiciliares coletados em Taubaté, de acordo com a empresa responsável pela prestação dos serviços de coleta no município, a EcoTaubaté.

Ano	Resíduos domiciliares coletados (ton.)
2016	69.067
2017	69.524
2018	69.393
2019	69.098
2020	69.917
2021	67.225
2022	67.733

QUADRO 44 – RESÍDUOS DOMICILIARES COLETADOS EM TAUBATÉ
 FONTE: MODIFICADO DE AMPLA, 2023.

De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado em 2022 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a geração diária de RSU por habitante na região Sudeste, é em média 1,234 kg/hab/dia. De acordo com os dados disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o município de Taubaté gera, em média, de 0,88 kg/hab/dia (ano de referência 2021), considerando resíduos sólidos domésticos e resíduos sólidos comerciais com características similares (RDO) e resíduos sólidos públicos (RPU).

A capacidade de um caminhão coletor de resíduos pode variar de 6 a 20 m³. Considerando um veículo de 19 m³, sua capacidade seria de aproximadamente 12 toneladas. No entanto, segundo a Lei Federal nº 14229/2021, a carga limite de peso é de 10 toneladas, em razão do limite de peso por eixo.

Em geral, utiliza-se 4 funcionários para cada caminhão coletor, compostos por 1 (um) motorista e 3 (três) coletores.

Diante dessas informações, é possível estimar quantos veículos e funcionários são necessários para a realização do serviço de coleta. A partir do número de habitantes no município de Taubaté, pode-se calcular o quanto de RSU é gerado diariamente. Ressalta-se que, o dado gerado considera uma coleta média de três vezes por semana.

Município	População (hab.) ¹	Geração de RSU ² (ton./mês)	Veículos necessários (unid.)	Funcionários necessários (quant.)
Taubaté	310.739	8.203,51	64	255

¹ Censo IBGE, 2022.
² O RSU considerou apenas a coleta de RDO e RPU.

QUADRO 45 – EQUIPE DE COLETA DE RSU
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

8.1.1 Dimensionamento da Coleta e Transporte de RSU

A. Quantidade de RSU a Ser Coletada

A partir da população do município, é estabelecido a quantidade diária de RSU gerada. Com relação à quantidade média diária *per capita* gerada pela população, por ser um dado característico de cada município, recomenda-se fazer um estudo ou levantamento para chegar em um índice *i* que represente essa estimativa. A quantidade média de RSU gerado pelo município diariamente é obtido pela equação abaixo.

$$q = \frac{i \cdot P}{1000}$$

Em que:

q = quantidade média de RSU gerado pelo município diariamente (ton.);

i = quantidade média diária de RSU gerada por habitante no município (kg/hab/dia).

P = população do município;

Dessa forma, obtêm-se a quantidade mensal de RSU a partir da seguinte fórmula.

$$Q = 30 \cdot q$$

Em que:

Q = quantidade média de RSU gerado pelo município mensalmente (ton.);

q = quantidade média de RSU gerado pelo município diariamente (ton.).

B. Número de Veículos Compactadores

Caso o município possua coleta noturna, é necessário definir o percentual de coleta entre cada turno (diurno e noturno). Não havendo informação, adota-se que 70% da quantidade de RSU seja coletada no período diurno e 30% no período noturno.

Posteriormente, define-se a quantidade de viagens (N_v) a serem feitas por cada caminhão, segundo a fórmula abaixo.

$$N_v = \frac{q \cdot V_c \cdot J}{(L \cdot C) + (q \cdot V_c \cdot T_v)}$$

Em que:

N_v = número de viagens por veículo;

q = quantidade média de RSU gerado pelo município diariamente (ton.). Quando houver coleta em dois turnos, é necessário considerar a quantidade de resíduos coletados em cada turno (qd ou qn em ton./dia). Dessa forma, $qd = (0,7 \cdot Q)/25^*$, $qn = (0,3 \cdot Q)/25$. No caso da coleta ser realizada em apenas um turno, considera-se a quantidade diária total, portanto $q = Q/25$;

V_c = velocidade média de coleta (adotar 5 km/h);

J = jornada trabalhada (h);

L = extensão de vias atendidas no turno (km/dia);

C = capacidade de carga do caminhão (ton.) – atentar-se para o limite por eixo;

T_v = tempo de viagem para descarga (h).

* O divisor 25 corresponde ao serviço realizado de segunda a sábado, isto é, 365 dias do ano dividido pelos 12 meses, considerando que, 53 dias são domingos e 12 são feriados nacionais.

A capacidade de carga do caminhão pode ser estimada pelo equação abaixo.

$$C = \frac{P_{al} \cdot i_c \cdot C_r}{1000}$$

Em que:

P_{al} = peso aparente do lixo (kg);

i_c = índice de compactação;

C_r = capacidade real.

O tempo de viagem para descarga do resíduo pode ser estimada pelo equação abaixo.

$$T_v = \frac{2 \cdot D}{V_t} + T_1$$

Em que:

D = distância média do centro gerador até o local de descarga (caso não seja informado, adotar 10 km);

V_t = velocidade de transporte na viagem até o local de descarga (caso não seja informado, adotar 50 km/h);

T_1 = tempo necessário para pesagem e descarga (caso não seja informado, adotar 20 min (0,33 h))

Para definir a quantidade de veículos para os períodos diurno (F_d) e noturno (F_n), pode-se utilizar a seguinte fórmula. Vale enfatizar que o valor encontrado deve ser arredondado para o número inteiro superior.

$$F_d = \frac{qd}{C \cdot N_v}$$

$$F_n = \frac{qn}{C \cdot N_v}$$

Em que:

F_d = quantidade de veículos no período diurno;

F_n = quantidade de veículos no período noturno;

qd = quantidade diária de lixo coletado no período diurno (ton./dia), $qd = (Q \times \text{percentual turno diurno})/25$;

qn = (ton./dia) quantidade diária de lixo coletado no período noturno, $qn = (Q \times \text{percentual turno noturno})/25$;

N_v = número de viagens por turno;

C = capacidade de carga do caminhão (ton.).

No caso de coleta em apenas um turno, considerar a seguinte fórmula.

$$F = \frac{q}{C \cdot N_c}$$

Em razão dos caminhões utilizados no período noturno serem os mesmos do diurno, adotar o maior valor (F) entre a quantidade de veículos obtida nos turnos diurno e noturno.

C. Quantidade de Coletores

Em geral, adota-se 3 coletores (G) por caminhão. Dessa forma, a quantidade de coletores, considerando um ou dois turnos, é representada pelas fórmulas abaixo.

Quando a coleta é realizada em dois turnos:

$$G = G_d + G_n$$

Em que:

G = quantidade total de coletores;

G_d = quantidade de coletores no período diurno;

G_n = quantidade de coletores no período noturno.

$$G_d = 3.F_d \quad \text{e} \quad G_n = 3.F_n$$

Em que:

G_d = quantidade de coletores no período diurno;

F_d = quantidade de veículos no período diurno;

G_n = quantidade de coletores no período noturno;

F_n = quantidade de veículos no período noturno.

Quando a coleta é realizada em um turno:

$$G = 3.F$$

Em que:

G = quantidade total de coletores;

F = quantidade de veículos.

D. Quantidade de Motoristas

A partir da quantidade de caminhões, define-se a quantidade de motoristas na proporção 1:1.

8.1.2 Destinação Final

A destinação final dos resíduos de RSU é o aterro sanitário, que compreende uma área devidamente tratada e impermeabilizada, recebendo e armazenando os resíduos domiciliares de forma segura em termos de poluição ambiental e saúde pública.

Caso o município não possua aterro próprio, recomenda-se que ele contate outros municípios e realize contrato de colaboração.

Atualmente, o local da destinação final dos RSU coletados em Taubaté encontra-se no município de Tremembé, no Ecoparque Tremembé, o qual possui licença ambiental regularizada para o recebimento de resíduos de Classe I e Classe II.

8.2 Varrição

A varrição urbana é um serviço essencial para manter as vias públicas limpas e livres de resíduos. Esse trabalho pode ser realizado de duas formas: manualmente, por garis varredores, que podem cobrir uma área de 2 a 4 km por dia, ou mecanicamente, através de varredeiras mecânicas, que têm uma capacidade de limpar até 30 km por dia, de acordo com a Cartilha de Limpeza Urbana do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM).

Em locais como viadutos, pontes, túneis e vias pavimentadas com meio-fio em bom estado, a utilização de varredeiras mecânicas é uma opção eficiente. No entanto, em áreas com desafios como veículos estacionados, declives acentuados, calhas de águas pluviais ou elevações próximas das muretas de túneis, pontes e viadutos, a preferência se dá ao trabalho dos garis varredores.

A equipe de varrição geralmente é composta por 23 garis, incluindo 2 varredores e 1 coletor. Eles utilizam vassouras, pás, carrinhos tipo lutocar e cada varredor carrega de 6 a 10 sacos de lixo (100 L cada) por dia.

Esse serviço é fundamental para manter a cidade limpa e proporcionar uma melhor qualidade de vida para os cidadãos. A dedicação dos garis varredores e a eficiência das varredeiras mecânicas contribuem para a conservação das vias públicas e o bem-estar de toda a comunidade.

Os serviços de varrição manual em Taubaté atualmente são realizados de segunda a sábado, de acordo com a empresa responsável pelos serviços no município, a EcoTaubaté. O quadro abaixo apresenta a distância atendida pelos serviços de varrição manual no município de Taubaté.

Ano	Distância atendida pela varrição manual (km)	Distância atendida pela varrição mecanizada (km)
2016	10.688	-
2017	25.596	13.198
2018	26.308	18.946
2019	26.225	18.858
2020	20.093	10.135
2021	26.875	16.064
2022	26.048	18.673

QUADRO 46 – DISTÂNCIA ATENDIDA PELA VARRIÇÃO EM TAUBATÉ
FONTE: MODIFICADO DE AMPLA, 2023.

8.2.1 Dimensionamento

A quantidade de varredores é definida a partir da quilometragem de sarjetas a serem varridas, fornecidas pela Prefeitura Municipal.

$$N = \frac{d}{25 \cdot r}$$

Com,

N = quantidade de varredores;

d = quilometragem mensal de sarjeta a ser varrida (km);

r = produtividade por varredor (km de sarjeta/dia/varredor) – adota-se uma média de 3 km/dia.

8.3 Roçagem, Capina, Raspagem e Debostrução das Bocas de Lobo

Quando não realizado com frequência regular, as sarjetas acumulam terra, onde em geral crescem matos e ervas daninhas, que prejudicam a drenagem urbana e poluem visualmente as vias públicas.

Importante ressaltar que a prática de capina química em área urbana não é autorizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). De acordo com o art. 56 da Lei de Crimes Ambientais, a Lei Federal nº 9.605/1998, quem usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com o estabelecido na leis e regulamento, sofrerá uma pena de reclusão, de um a quatro anos, e multa.

Para a realização da roçagem, existem diversos equipamentos, com diferentes rendimentos, conforme é observado no Quadro abaixo.

Equipamento	Rendimento (dia)	Indicado
Alfanje	200 a 300 m ² /pessoa	-
Ceifadeiras mecânicas portáteis	800 m ² /máquina	São mais indicadas para terrenos acidentados e para locais de difícil acesso para ceifadeiras maiores.
Ceifadeiras acopladas a tratores	2.000 a 3.000 m ² /máquina	São indicadas para terrenos relativamente planos.

QUADRO 47 –EQUIPAMENTOS DE ROÇAGEM

FONTE: MANUAL DO IBAM, 1990.

Vale ressaltar que é de extrema importância a limpeza do mato cortado, o qual deve ser amontoado, e o lixo ensacado, à espera de remoção, que não deve demorar mais que um a dois dias, para evitar que os resíduos se espalhem.

Os serviços de roçagem manual e mecanizada, limpeza de bocas de lobo e podas em Taubaté atualmente são realizados pela empresa responsável pelos serviços no município, a EcoTaubaté. O quadro abaixo apresenta dados referentes a estes serviços prestados pela empresa.

Ano	Roçagem manual (km ²)	Roçagem mecanizada (km ²)	Limpeza de boca de lobo (unid.)	Podas de árvore (unid.)
2017	-	-	8.982	
2018	3.756	7.428	16.685	12.105
2019	7.354	7.234	28.233	12.636
2020	6.258	6.903	19.690	8.151
2021	7.960	7.791	32.981	12.135
2022	9.717	9.377	37.060	11.078

QUADRO 48 – DISTÂNCIA ATENDIDA PELA VARRIÇÃO EM TAUBATÉ

FONTE: MODIFICADO DE AMPLA, 2023.

8.3.1 Dimensionamento

A. Quantidade de Roçadores

A quantidade de roçadores ou motoristas de trator pode ser estimado pela fórmula abaixo.

$$N = \frac{A}{25 \cdot r}$$

Em que:

N = quantidade de roçadores ou motoristas;

A = área a ser roçada por mês (m^2);

r = produtividade do equipamento.

B. Quantidade de Trabalhadores

A área a ser capinada e raspada por mês pode ser estimada com base na extensão linear de sarjeta existente no município, com largura média de 0,8 m. A partir desse valor, estima-se o número de trabalhadores pela fórmula abaixo.

$$N = \frac{A}{25 \cdot r}$$

Em que:

N = quantidade de trabalhadores;

A = área a ser capinada por mês (m^2);

r = produtividade por capinador (adota-se 150 m^2 /dia).

8.4 Remoção de Entulho

De acordo com o Manual do IBAM, a geração de resíduos da construção civil varia entre 1,2 e 1,4 kg/hab/dia, sendo que, 90% são despejados na parte exterior do canteiro de obras.

8.4.1 Dimensionamento

A. Quantidade de Operadores, Motoristas, Auxiliares, Caminhões Basculantes e Pás Carregadeiras

Recomenda-se que a Prefeitura setorize o município e estabeleça uma agenda que cubra todo o município. Após definir a quantidade de equipes necessárias, são considerados, para cada equipe, 1 motorista por caminhão basculante, 1 operador por pá carregadeira e 2 auxiliares para cada conjunto caminhão/pá carregadeira.

8.5 Pintura de Meio-fio

A pintura de meio-fio é um trabalho posterior aos demais, que visa dar melhor acabamento ao serviço de limpeza pública e preserva a sinalização de segurança para veículos e pedestres.

A produtividade de pintura varia de 300 a 400 m de sarjeta pintada por funcionário, podendo atingir 6.000 m de sarjeta pintada por equipe, considerando uma pintura mecanizada. Cada equipe é composta por um motorista (do equipamento), um pintor e um ajudante.

8.5.1 Dimensionamento

A. Quantidade de Pintores

O número de funcionários que deve ser contratado é calculado a partir da fórmula abaixo.

$$N = \frac{d}{25 \cdot r}$$

Em que:

N = quantidade de pintores;

d = quilometragem mensal de sarjeta a ser pintada (m);

r = produtividade por pintor (m de sarjeta/dia/pintor).

8.6 Coleta de Resíduos Recicláveis

Os resíduos recicláveis, diferente dos RSU, podem voltar a ser matéria-prima, desde que destinados e tratados adequadamente. Existem vários modelos de coleta, alguns deles são apresentados no Quadro abaixo. Recomenda-se que, o município possua ao menos 3 deles, para que haja condições adequadas e suficientes para a coleta, tratamento e destinação dos resíduos recicláveis.

Modelos	Definições
Coleta seletiva com entrega voluntária	O próprio gerador encaminha os resíduos até um posto de entrega voluntária (PEV) e deposita os materiais de forma segregada em contêineres, ou de forma conjunta.
Coleta seletiva porta a porta	No modelo porta-a-porta os geradores devem fazer a segregação desses resíduos recicláveis para que sejam coletados por uma frota especial da coleta no município.
Coleta seletiva realizada por catadores autônomos	Os catadores autônomos ou vinculados a uma associação ou cooperativa fazem a coleta dos materiais recicláveis, percorrendo as vias públicas, recolhendo os materiais com maior valor agregado de mercado para efeito de comercialização.
Coleta seletiva com postos de troca	Este modelo está baseado na troca de resíduos recicláveis por algo que tenha valor monetário, como, por exemplo, hortifrutí.
Coleta seletiva com destinação do resíduo coletado a associações ou cooperativas de catadores	Este modelo consiste na população, ou a própria frota de coleta porta a porta, encaminhar o lixo reciclável para as unidades de triagem, onde os catadores vinculados às associações ou cooperativas realizam a separação por tipo de material e comercializam com os sucateiros ou encaminham diretamente às indústrias reprocessadoras.

QUADRO 49 – MODELOS DE COLETA DE RESÍDUOS REICLÁVEIS

FONTE: ADAPTADO DE COOPERATIVA DE TRABALHO DOS TÉCNICOS INDUSTRIAIS E TECNÓLOGOS DO ESPÍRITO SANTO - COOPTEC, 2017.

8.6.1 Classificação

A separação dos resíduos produzidos pelo homem é uma prática essencial que cada cidadão deve adotar como hábito. A reciclagem além de oferecer benefícios ambientais como a diminuição de resíduos descartados em aterros sanitários, redução da poluição, conservação de recursos naturais, economia de energia, ela também proporciona vantagens sociais como a geração de emprego, melhora na qualidade de vida da população, criação de consciência ambiental, entre outros. A Figura e o Quadro a seguir apresentam de forma clara e simples como fazer a separação adequada dos resíduos a fim de viabilizar as atividades de reciclagem.



FIGURA 17 – CLASSIFICAÇÃO DAS LIXEIRAS
 FONTE: SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SAMAE, 2020.

Classificação	Recicláveis	Não servem para reciclar
Papel	Papéis de escrever, papéis de impressão (jornais e revistas), embalagens, guardanapos, papel toalha, cartolina, papelão e embalagens tetrapak (de suco ou leite).	Papel vegetal, celofane, papéis encerados, papel-carbono, papéis sanitários usados, papéis engordurados, fotografia, fita adesiva ou com alguma superfície colante.
Plástico	Embalagens (xampu, detergente, refrigerantes), tampas de plástico, embalagens de fruta, caneta, escova de dente, balde, sacos, copos, entre outros.	Embalagens metalizadas (salgadinho, por exemplo), sucatas eletrônicas e celofane.
Vidro	Garrafa, frascos (molho, remédio, perfume), potes de alimentos, entre outros.	Espelho, janela, lâmpada, ampola de medicamentos, cristal, vidro temperado.
Metais	Todos os tipos de metais podem ser reciclados.	-
Lixo eletrônico	Os equipamentos podem ser devolvidos ao fabricante ou descartados em pontos instalados por gestoras de	

QUADRO 50 –RESÍDUOS RECICLÁVEIS

FONTE: ADAPTADO DE COOPERATIVA DE TRABALHO DOS TÉCNICOS INDUSTRIAIS E TECNÓLOGOS DO ESPÍRITO SANTO - COOPTEC, 2017.

Vale ressaltar que o óleo de cozinha é um material que pode ser facilmente reciclado e utilizado para outros fins, como a fabricação de sabão, tintas, detergente, ração para animais e biodiesel. Além disso, esse produto é altamente danoso ao meio ambiente, podendo entupir encanamentos, dificultar a permeabilidade do solo, contaminar a água e liberar gás metano em sua decomposição. Devido aos impactos causado por

ele, é altamente recomendado que o despejo de óleo de cozinha seja feito de forma correta, doando-o para organizações que realizam a reciclagem ou entregando-o em pontos de coleta apropriados.

8.7 Coleta de Resíduos Sólidos em Taubaté

Atualmente, a empresa EcoTaubaté é a responsável pela coleta de resíduos sólidos no município de Taubaté. Como já mencionado nos itens anteriores, a empresa atua em vários serviços no âmbito da limpeza pública, dentre os quais podem ser citados a coleta e transporte de resíduos domiciliares e de feiras livres, coleta hospitalar, varrição manual e mecanizada de vias e logradouros, destinação final em aterro sanitário, corte, trituração e coleta de poda, roçagem manual e mecanizada, pintura manual e mecanizada de guias, limpeza de bueiros, entre outras atividades.

De acordo com os dados disponibilizados pela EcoTaubaté, a empresa conta 500 funcionários, 110 equipamentos de pequeno a grande porte e recolhe cerca de 11.300 toneladas de resíduos mensalmente.

O Quadro abaixo apresenta a escala semanal de coleta comum no município.

Frequência e horários	Coleta comum (setores)
Diariamente (das 17:00 às 23:00 h)	Sta. Rita; Jd. Sta. Clara; Jd. Russi (Av. Des. Paulo de Oliveira Costa)
Quarta (a partir das 7:00 h)	Registro (caçambas)
Quarta e sábado (a partir das 7:00 h)	Mato Comprido; Barreiro; Chácara São José; Chácara Ingrid (Est. Mun. José Candido de Oliveira - Lado EM Prof. Ciniro Mathias Bueno)
Quarta e sábado (das 7:00 às 15:20 h)	Estrada da Baracéia (Sentido APAE)
Segunda, quarta e sexta (a partir das 7:00 h)	Chácara Ingrid (Est. Mun. José Candido de Oliveira - Lado EM Prof. Ciniro Mathias Bueno)
Segunda, quarta e sexta (das 7:00 às 15:20 h)	Vila Sta. Isabel; Vila Edmundo; Vila Costa; Vila Bela; Vila Albina; Sta. Tereza; Sta. Helena; Sta. Catarina; Sta. Luzia Rural; Rodrigues Pinheiro; Pq. Piratininga; Pq. Aeroporto; Portal da Mantiqueira; Mantiqueira; Jd. Mesquita; Jd. dos Pássaros; Estrada Florida; Estrada da Baracéia (até a Bica); Est. Floriano Rodrigues Pinheiros; Esplanada Sta. Terezinha; CECAP 1 2 3 e 4.
Segunda, quarta e sexta (a partir das 17:00 h)	Vila São Geraldo; Vila Paulista; Vila Nossa Sra. Das Graças; Vila Nogueira; Vila Marli; Vila Iapi; Vila Helena; Vila Aparecida; Sta. Luzia; Parque São Luiz; Parque Sabará; Parque Arco Íris; Jd. Nações; Jd. Alah; Jd. Resende; Jd. Mourisco; Jd. Morumbi; Jd. Isabel; Jd. Garcez; Jd. Eulalia (Av. Povo - Lado Largo Sta. Luzia); Jd. da Luz; Jd. Califórnia; Jabuticabeira; Independência; Granja Daniel; Conj. Res. Urupês Unidas; Bem Recanto; Areão. Adélia Afonso; Acácio Nogueira
Segunda, quarta e sexta (das 17:00 às 23:00 h)	Vila Paulista; Vila Nogueira; Vila Marli; Vila Iapi; Vila Helena; Vila Aparecida; Pq. Arco Íris; Jd. Resende; Jd. Mourisco; Jd. Morumbi; Jd. Isabel. Jd. de Alah; Jd. da Luz
Segunda e sexta (a partir das 7:00 h)	Sta. Luzia Rural; Rocinha; Registro; Pinhal; Pedra Grande; Paiol; Macuco; Graminha; Caieiras; Água Aparecida; 7 voltas
Segunda e sexta (das 7:00 às 15:20 h)	Sta. Luzia Rural; Rodovia Oswaldo Cruz
Segunda a sábado (a partir das 17:00 h)	Sta. Rita; Praça Sta. Terezinha; Jd. Humaitá; Jd. Sta. Clara; Jd. Russi; Chácara Dr. Hipólito. Centro.
Segunda a sábado (das 17:00 às 23:00 h)	Piracangaguá; Jd. Russi
Terça e quinta (a partir das 7:00 h)	Vila Velha 2; Estrada dos Remédios; Estrada da Baracéia; Chácara Ingrid; Chácara Dallas
Terça e quinta (das 7:00 às 15:20 h)	Vila Velha 2
Terça, quinta e sábado (a partir das 7:00 h)	Terra Nova; São Gonçalo; Res. Helvira; Res. Dalla Rosa; Res. Colinas; Quinta das Frutas; Parquê Três Marias (Sonia; Silvia e Sandra); Morada dos Nobres; Monte Belo; Marlene Miranda; Mãe Preta; Jd. Paulista; Jd. dos Lagos; Jd. América; Hípica Pinheiro; Granjas Reunidas do Brasil; Fonte Imaculada; Estoril; Distrito Industrial do Una II; Continental 1;2 e 3; Cond. Lucchiari e Capelletto; Cidade Jardim; Cidade de Deus; Chácara Silvestre; Chácara Cataguá; Cavéx; Campos Elíseos; Bosque da Saúde; Belém; Baronesa; Asilo; Alto São Pedro; Alto do Cristo; Alto da Figueira.

Frequência e horários	Coleta comum (setores)
Terça, quinta e sábado (das 7:00 às 15:20 h)	Sete Voltas; Res. Helvetia; Res. Dalla Rosa; Res. Colinas; Jd. Paulista; Jd. dos Lagos; Continental 1 2 e 3; Chácara São Judas
Terça, quinta e sábado (a partir das 15:20 h)	Capeleto
Terça, quinta e sábado (a partir das 17:00 h)	Gurilândia
Terça, quinta e sábado (das 17:00 às 23:00 h)	Vila Olímpia; Res. Monteiro Lobato; Res. Clube Imperial; Pq. Urupês; Pq. Paduan; Jd. Sta. Cruz; Jd. Russi; Jd. Maria Augusta; Jd. dos Estados; Jd. do Sol; Jd. Ana Rosa; Jd. Ana Emília; Jd. Morumbi; Conj. Hab. Hercules.
Terça e quinta (a partir das 17:00 h) e sábado (a partir das 16:00 h)	Vila São Carlos; Vila São José; Vila Olímpia; Sítio Santo Antônio; Shalom; San Marino; Res. Clube Imperial; Parque Urupês; Parque Paduan; Jd. Maria Augusta; Jd. Sta. Cruz; Jd. Russi; Jd. dos Estados; Jd. do Sol; Jd. Ana Rosa; Jd. Ana Emília; Jaraguá; Distrito Industrial Una I; Água Quente

QUADRO 51 – ESCALA SEMANAL DE COLETA COMUM EM TAUBATÉ
 FONTE: ADAPTADO DE ECOTAUBATÉ, 2023.

O Quadro abaixo apresenta a escala semanal de coleta seletiva no município.

Frequência e horários	Coleta comum (setores)
Segunda e quinta (das 6:20 às 14:20 h)	Centro; Jd. Sta. Rita; Praça Sta. Terezinha; Jd. Humaitá; Vila Eulália; Sta. Luzia; Adélia Afonso; Chácara Mariana Cursino
Segunda (das 15:00 às 23:00 h)	Taubateguaçu; Itaim; Terra Nova; Parque Três Marias; Chácara Silvestre; Jd. Ana Rosa; Shalom; Jd. dos Estados; Gurilândia; Água Quente; Vila Olímpia; Parque Urupês; Jaraguá; Res. San Marino; Distrito Industrial Una; Parque Paduan; Sítio Santo Antônio.
Terça (das 15:00 às 23:00 h)	Jd. Mourisco; Jd. Sta. Catarina; Areão; Vila Nogueira; Parque Sabará; Granja Daniel; Vila Iapi; Vila Aparecida; Estiva; Monção; Chácara do Visconde; Renato Coqueirais; Parque das Flores; Vila Sta. Isabel; Vila Albina; Jd. Califórnia; Vila Marli; Vila São Geraldo; Parque São José; Jd. São Benedito; São Jorge; Jd. da Luz; Jd. Mesquita.
Terça e sexta (das 6:20 às 14:20 h)	Jd. Sta. Cruz; Vila São Carlos; Jd. Maria Augusta; Ana Emília; Jd. Russi; Alto de São João; Jd. do Sol; Vila São José; Jd. Sta. Clara; Vila das Graças
Quarta e sábado (das 6:20 às 14:20 h)	Vale dos Príncipes; Jd. das Nações; Res. Urupê; Acácio Nogueira; Res. Independência; Bel Recanto; Esplanada Independência; Jd. Primavera; Jd. de Alah
Quarta (das 15:00 às 23:00 h)	Imaculada Conceição; Alto São Pedro; Fonte Imaculada; Campo Elíseos; Belém; Monte Belo; Asilo; Alto da Figueira; Mãe Preta; Res. Dalla Rosa; Jd. Baronesa; São Gonçalo; Estoril; Quinta das Frutas; Cidade Jd.; Cidade de Deus; Jd. Paulista; Chácara Reunidas; Res. Paraíso; Chácara Sta. Terezinha; Bosque da Saúde
Quarta (das 6:20 às 14:20 h)	Independência
Quinta (das 15:00 às 23:00 h)	Jd. Resende; Canuto Borges; Vila dos Comerciantes 2; Parque Ipanema; Parque São Cristóvão; Esplanada Sta. Helena; Parque São Luiz; Jd. Garcez; Vila Bela; Vila dos Comerciantes 1; Parque Piratininga; Parque Aeroporto; Res. Emecal; Res. Sta. Izabel; Parque Arco-Íris; Esplanada Sta. Terezinha; Parque Planalto; Parque Bandeiras.
Sexta (das 15:00 às 23:00 h)	Chácara Dallas; Jd. América; Morada dos Nobres; Continental 1 e 2; Barreiro; Marlene Miranda; Jd. Colinas; Chácara Cataguá; APAE; Hípica Pinheiro; Chácara Ingrid; Chácara São Judas; Cavéx.
Sábado (das 15:00 às 23:00 h)	Vila Edmundo; Sta. Fé; Vila Costa; Chácara Guisard; Bosque Flamboyant; Portal da Mantiqueira; Abaeté; Bonfim; Jd. dos Pássaros; Quiririm; Fabrilar; Sta. Tereza; Granja Bela Vista; Distrito Piracangaguá; CECAP 1 2 3 e 4; Jd. Novo Horizonte; Chácara Flórida; Jd. Oásis

QUADRO 52 – ESCALA SEMANAL DE COLETA SELETIVA EM TAUBATÉ
 FONTE: ADAPTADO DE ECOTAUBATÉ, 2023.

Taubaté também conta com pontos de entrega voluntária (PEVs), distribuídos pelo município. Os PEVs são administrados pela Prefeitura, através da Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SESP), e atendem de segunda a sexta-feira das 7:00 às 17:00 horas e aos sábados das 8:00 às 12:00 horas.

Os PEVs são locais onde é possível despejar até 1 m³ de resíduos, os quais compreendem desde entulhos, resto de podas e mobílias a lixos eletrônicos, pilhas, baterias e lâmpadas. Vale informar que os PEVs não recebem resíduos domiciliares.

A localização destes pontos é apresentada no quadro abaixo.

PEV	Endereço
PEV Jardim Ana Rosa/Jaraguá	Avenida Manoel Antônio de Carvalho, nº 1540
PEV Parque Urupês	Rua Fernandópolis, nº 50
PEV Parque Três Marias	Avenida Vereador Rodson Lima, s/n
PEV Parque Aeroporto	Avenida São Francisco das Chagas, nº 209 (antiga Avenida Timbó)
PEV Jardim Santa Helena	Rua Jaime Domingues da Silva, nº 457
PEV Jardim Mourisco	Avenida José Benedito Penna Guimarães, nº 201
PEV Parque São Luiz	Avenida Ivan da Silva Cunha, nº 605
PEV Piratininga	Avenida José Benedito Miguel de Paula, nº 61
PEV Portal da Mantiqueira	Avenida Bento Nogueira de Moura, 420
PEV CECAP	Rua Paulo Wagner de Barros, nº 201
PEV Imaculada	Avenida Imaculada Conceição, nº 2.033 - Imaculada Conceição
PEV Santa Tereza	Rua Antônio da Silva Lobo, 992 – Piracangaguá
PEV Parque Três Marias II	Avenida Joaquim Ferreira da Silva, 241 – Itaim
PEV Centro	Praça Dr. Euzébio da Câmara Leal, 142 – Centro

QUADRO 53 – PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEVs) LOCALIZADOS EM TAUBATÉ
FONTE: ECO TAUBATÉ, 2023.

A partir da análise dos dados disponibilizados pela empresa responsável pela limpeza pública em Taubaté, verifica-se que os serviços públicos de limpeza e coleta, em média, tem aumentado no município a cada ano. Embora haja uma gestão adequada destes serviços é importante refletir sobre o motivo desse crescimento, o qual pode estar relacionado tanto ao aumento da quantidade de equipamentos, funcionários e áreas de atuação como também ao aumento da produção de resíduos pela população.

O crescimento e adensamento urbano favorece concomitantemente o aumento do volume de resíduo gerado pela população. Diante dessa tendência, somada à cultura de descarte irregular de resíduos, ressalta-se a importância de conscientizar a população sobre o descarte adequado.

A educação ambiental, apresentada no programa 06 do Manual de Implantação das Medidas Não estruturais, presente neste produto, é uma alternativa de conscientização que tem ganhado cada vez mais destaque, pois, embora ofereça resultados a médio e longo prazo, é uma abordagem economicamente viável e pode ser aplicada a todos os públicos. A educação permite-se expor a importância do descarte de resíduos em locais adequados e o resultado positivo que essas ações podem gerar tanto na saúde e segurança da população quanto na preservação ambiental.

9. MANUAL DA POPULAÇÃO

Este item busca auxiliar o poder público sobre as ações a serem tomadas antes, durante e após os eventos de inundação. O Manual da População também proporciona aos moradores informações importantes sobre como se prevenir dos impactos das inundações e como agir durante e depois desses eventos, além de reforçar alguns conceitos básicos como microdrenagem e macrodrenagem, Áreas de Preservação Permanente e a importância de se construir em locais adequados.

9.1 Drenagem Urbana

O Plano Diretor Municipal de Macrodrenagem é um mecanismo de gestão da infraestrutura relacionada com o escoamento das águas pluviais e dos rios em áreas urbanas. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhorar as condições de saneamento da cidade e qualidade do meio ambiente, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais.

Nesse contexto, o sistema de drenagem urbana é o conjunto de infraestruturas que realizam o gerenciamento da água da chuva que escoam no meio urbano. Dessa forma, o objetivo do sistema de drenagem urbana é minimizar os problemas que o excesso de escoamento superficial pode gerar para a cidade, como inundação e deslizamento de encostas.

As inundações em áreas urbanas geralmente são impulsionadas pelos processos de urbanização, obstrução da água pluvial e/ou ocupação de áreas irregulares.

- Urbanização: causado pela impermeabilização do solo, dificultando a infiltração da água;
- Obstrução ao escoamento: é causado por processos como assoreamento, drenagens inadequadas, entupimento da rede devido ao despejo inadequado de resíduos.
- Ocupação em áreas irregulares: os rios geralmente apresentam dois leitos distintos: o leito menor, onde a água flui na maior parte do tempo, e o leito maior, que é periodicamente inundado, em média, a cada 2 anos. O problema com as inundações ocorre quando a população se instala ou ocupa áreas no leito maior do rio, tornando-se vulnerável a enchentes frequentes.

Estruturalmente, a rede da drenagem pluvial urbana é composta por dois subsistemas característicos: a microdrenagem e a macrodrenagem.

9.2 Microdrenagem e Macrodrenagem

A macrodrenagem corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente à urbanização, constituída por rios e córregos localizados nos talvegues dos vales. Estes cursos podem receber obras que modificam suas características originais tais como canalizações, barragens, diques e outras. Por outro lado, a microdrenagem consiste no sistema de condutos construídos com o objetivo a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das construções, lotes, ruas, praças etc. A microdrenagem é constituída por estruturas menores como as bocas de lobo e as sarjetas.

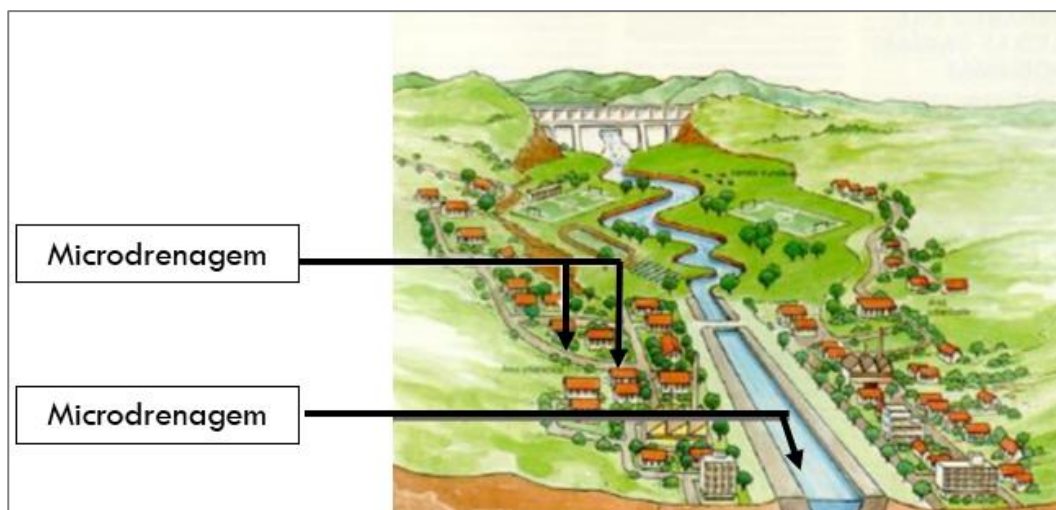


FIGURA 18 – DIFERENÇA DE MICRO E MACRODRENAGEM
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

9.3 Conjunto de Ações

Neste item são recomendadas ações que todo cidadão deveria adotar a fim de contribuir com o aumento da sua segurança tanto a longo prazo como em situações emergenciais.

9.3.1 Como se Proteger das Inundações

Segundo a Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), há alguns cuidados que devem ser realizados antes, durante e após uma inundação, os quais podem minimizar os danos causados.

■ Cuidados antes da inundação

- Possuir um local previsto onde você e sua família possam se alojar em caso de inundação;
- Colocar documentos e objetos de valor em sacos plásticos e em local protegido;
- Fechar portas, janelas e o registro de entrada de água;
- Desconectar aparelhos elétricos da tomada;
- Retirar todo o lixo e levá-lo para áreas não sujeitas a inundação;
- Retirar os animais de estimação de casa.

■ Cuidados durante a inundação

- Evitar contato com as águas de enchentes;
- Evitar voltar para casa até as águas baixarem;
- Caso necessário, entrar na água usando botas de borracha.

■ Cuidados após a inundação

- Avaliar se sua casa não corre risco de desabar;
- Remover a lama e o lixo do chão, paredes, moveis e utensílios;
- Não usar equipamentos elétricos que tenham sido molhados;

- Lavar e desinfetar os objetos que tiveram contato com as águas da enchente;
- Evitar beber ou comer alimentos que tiveram contato com as águas da inundação.

9.3.2 Ações Diárias

Algumas ações simples que os cidadãos podem realizar diariamente que diminuem o risco de inundação são:

- Limpeza das vias: não lavar calçadas e ruas com mangueira e sabão. Ao invés, opte pela varrição de resíduos mais grosseiros.
- Descarte de lixo: evitar jogar lixo, plástico ou outros materiais nas ruas, calçadas, córregos e bueiros. Descartar o lixo corretamente em lixeiras.
- Aumento da permeabilização: minimizar a impermeabilização do solo na sua propriedade, com áreas de grama, hortas e jardins.
- Reuso da água da chuva: captar a água da chuva na sua propriedade e reutilizar ela para fins não potáveis, como lavar roupa, dar descarga, irrigação, entre outros.

9.3.3 Construções

Antes de construir em um terreno, é importante verificar se o projeto está condizente da legislação municipal.

O Plano Diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento do município e sua principal finalidade é orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na ocupação dos espaços urbano e rural na oferta de serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida para a população. O documento traz regras associadas ao uso do solo e ao que pode ser feito nas regiões da cidade. Então, a população deve atentar-se aos fatores descritos abaixo.

A. Taxa de Permeabilidade do Lote

A taxa de permeabilidade do lote é a porcentagem da área que deve ser permeável. Sua importância reside no fato de permitir que a água da chuva infiltre no solo do terreno, mitigando a vazão máxima de água pluvial lançada ao sistema de drenagem.

B. Áreas de Preservação Permanente (APP)

As Áreas de Preservação Permanente são definidas pela Lei Federal nº 12.651/2012. As APPs compreendem áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa e possuem a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade. Além disso, essa área de proteção também busca facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar da população. A delimitação da APP pode variar de acordo com a natureza e características do local, conforme apresentado a seguir.

- Faixas marginais a qualquer curso d'água natural perene e intermitente;
 - a. 30 m para cursos d'água com menos de 10 m de largura.
 - b. 50 m para cursos d'água com largura entre 10 e 50 m.

- c. 100 m para cursos d'água com largura entre 50 e 200 m.
 - d. 200 m para cursos d'água com largura entre 200 e 600 m.
 - e. 500 m para cursos d'água com mais de 600 m de largura.
- Áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais;
 - a. 100 m em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros.
 - b. 30 m em zonas urbanas.
 - Áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
 - Áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 m;
 - Encostas ou partes destas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% m na linha de maior declive;
 - Restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
 - Manguezais, em toda a sua extensão;
 - Bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 m em projeções horizontais;
 - Topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 m e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
 - Áreas em altitude superior a 1.800 m, qualquer que seja a vegetação;
 - Veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 m, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

Nessas áreas, é de extrema importância que não sejam feitas construções, visto que além de ser prejudicial para o meio ambiente, são áreas de risco de inundação e deslizamento. Portanto, são impróprias ao assentamento humano.

9.4 Autoridades

Caso ocorra algum problema relacionado a drenagem urbana ou forem identificadas irregularidades que o cidadão deseja reportar, o quadro abaixo informa quem e como buscar ajuda.

Autoridade	Contato	Quando acionar
Defesa Civil	199 (12) 3629-3975	Sempre que o cidadão se sentir inseguro em relação a desastres naturais, como enchentes, alagamentos, desmoronamentos e escorregamentos de terras.
Secretaria de Serviços Públicos	(12) 3629-4109 (12) 3622-2374	Quando a população detectar alguma estrutura de drenagem urbana danificada ou que precisa de manutenção.
Prefeitura Municipal	(12) 3625-5000	Quando a população identificar residências ou assentamentos irregulares em áreas de encostas ou nas margens de rios e nascentes.

QUADRO 54 – CONTATO DE AUTORIDADES MUNICIPAIS DE TAUBATÉ
FONTE: ELABORADO PELO AUTOR, 2024.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. - Rio de Janeiro, 159p. (IPR. Publ., 744). 2010.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Hidrologia Básica para estruturas de drenagem. 2 ed. Rio de Janeiro, IPR-715. p. 133, 2005.
- CHOW, V. T. Open Channel Hydraulics: International Student Edition. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha LTD, 1959.
- COOPTTEC – Cooperativa de Trabalho dos Técnicos Industriais e Tecnólogos do Estado do Espírito Santo. Coleta Seletiva e recuperação de materiais para a reciclagem. s/d
- DAEE. Guia Prático Para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas. São Paulo. Secretaria do Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. 2005. 116p.
- DAEE. Precipitações Intensas no Estado de São Paulo. São Paulo. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. 2018. 270p.
- DNIT. Manual de Drenagem de Rodovias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). Cartilha de Limpeza Urbana. 1990.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Termo de Referência para Elaboração de Plano Diretor de Águas Pluviais – Diretrizes e Parâmetros. Brasília – DF, 2011.
- MMA. Avaliação Ambiental Estratégica. Brasília. Ministério do Meio Ambiente - MMA. p. 92, 2002.
- MOTTA, L. D. Procedimentos de projeto viário em pavimentos permeáveis com base na ABNT NBR 16.416/2015 – Comparação entre blocos permeáveis e convencionais. Programa de Pós – Graduação em engenharia e desenvolvimento sustentável. Universidade Federal do Espírito Santo. 2019.
- PORTO, R. M. Hidráulica Básica. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, EESC-USP. São Carlos. 4 ed. 2006. 540p.
- SÃO PAULO (cidade). Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos. São Paulo: SMDU, 2012. v. I, II e III. 220p.
- SÃO PAULO (cidade). Prefeitura do Município de São Paulo; FCTH - Fundação Tecnológico de Hidráulica. Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. São Paulo: 1999.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E INFRAESTRUTURA – SMOBI. Instrução Técnica Para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Diretoria de Gestão de Águas Urbanas. 2022.
- TRIBUNAL DE CONTAS DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS. Manual para análise de serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. 2017
- TUCCI (Org.). Hidrologia Ciência Aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, 1993. 943 p. (coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).